

## Mapeamento de Reservatórios no Nordeste Usando Imagens CBERS II

Cláudio Bielenki Júnior<sup>1</sup>  
Regiane Maria Paes Ribeiro Hauschild<sup>1</sup>  
Jeromilto Martins Godinho<sup>1</sup>  
Morris Scherer-Warren<sup>1</sup>  
Wesley da Silva Quirino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agência Nacional de Águas – ANA/SGI  
Caixa Postal 07919 – 70610-200 – Brasília – DF, Brasil  
{claudio;regiane;miltinho;morris;wesley.quirino}@ana.gov.br

**Abstract.** The aim of this work was to analyze the viability of using CBERS II remote sensing imagery to identify reservoirs in the northeast region of Brazil (“Nordeste”). To attach this goal were applied a sort of digital image processing, digital cartography and geoprocessing tools. The period of analyses follow an intense rainfall period occurred in 2004.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, CBERS, geoprocessing, sensoriamento remoto, processamento de imagem, geoprocessamento, CBERS.

### 1. Introdução

O ano de 2004 apresentou acentuada elevação dos índices de pluviosidade na região do nordeste brasileiro. Em algumas regiões o aumento substancial destes índices acarretou rompimentos de barramentos de alguns reservatórios ocasionando tragédias como as verificadas na Barragem de Camará na Paraíba. Vários estados nordestinos apresentaram no início do ano de 2004 problemas com enchentes decorrentes da profusão de chuvas que assolou a região.

A Agência Nacional de Águas (ANA) visando o diagnóstico da situação dos recursos hídricos nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe e Rio Grande do Norte, realizou o levantamento de reservatórios maiores que 10 Hm<sup>3</sup> (dez hectômetros cúbicos) através de imagens do sensor CCD/CBERS 2. Este diagnóstico teve como objetivo subsidiar o planejamento e a prevenção de eventos críticos de origem hidrológica nos grandes reservatórios do Nordeste, notadamente cheias e seus potenciais impactos sobre usos múltiplos .

### 2. Material Utilizado

Este trabalho utilizou a estrutura da Superintendência de Gestão da Informação - SGI da ANA e os dados das imagens CCD / CBERS II disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. As imagens CCD / CBERS II, com resolução espacial nominal de 20 metros, foram utilizadas em virtude de sua compatibilidade com a escala de trabalho desejada para a geração da base cartográfica digital de reservatórios.

Foram utilizadas 157 imagens CCD / CBERS II da região nordestina com datas posteriores ao período de chuvas do ano de 2004, ou o mais próximas destas datas quanto possíveis. Na impossibilidade de utilização de imagens do período de chuvas, seja por presença de nuvens ou por indisponibilidade no acervo do INPE, foram utilizadas imagens de outras datas disponíveis.

Para o georreferenciamento foram utilizadas imagens TM / Landsat disponibilizadas no sítio <http://glcfapp.umiacs.umd.edu/data>.

Para restauração das imagens foi utilizado o algoritmo Restau.exe desenvolvido pelo INPE.

### 3. Metodologia

A proposta metodológica para a execução dos trabalhos de mapeamento das feições foi dividida nas seguintes fases:

- Análise das cenas CBERS II no catálogo de imagens do INPE para verificação de datas e cobertura de nuvens;
- Pedido das imagens, *download*, descompactação e preparação dos arquivos para o tratamento digital;
- Aquisição das cenas TM / Landsat usadas para o registro das imagens CBERS II;
- Pré Processamento das imagens (restauração, correção geométrica, transformação de sistema de referência e mosaicagem);
- Identificação das feições dos reservatórios e vetorização dos contornos;
- Geração da base digital georreferenciada dos reservatórios do nordeste.

Com o propósito de agilizar a execução do mapeamento as tarefas foram divididas em duas equipes, uma responsável pela parte do tratamento digital, que incluiu as fases de aquisição e preparação dos dados, e outra pelo mapeamento propriamente dito, que incluiu as fases da identificação e extração das feições e a geração da base digital georreferenciada dos reservatórios do nordeste.

A proposta foi de identificar reservatórios com capacidade acima de 10 Hm<sup>3</sup> (dez hectômetros cúbicos), característica esta previamente conhecida.

### 4. Tratamento Digital

Inicialmente foi executado um procedimento de aquisição das imagens junto ao INPE, onde foram realizadas consultas no catálogo de imagens diretamente na Internet, em que eram analisadas as datas das imagens e a quantidade de nuvens existentes nas cenas. Após a realização do pedido e o *download* das imagens, as mesmas foram descompactadas e cada banda foi restaurada individualmente com o algoritmo Restau.exe fornecido pelo INPE. Após estes procedimentos, as bandas foram unificadas em um arquivo único para cada cena.

A partir daí foi realizada a correção geométrica das cenas a fim de minimizar os efeitos de distorção a que estão submetidas as imagens e adequá-las a um sistema geodésico de referência (georreferenciamento). Segundo Crosta (1992), existem dois métodos para a transformação entre os sistemas de coordenadas: o modelo de geometria orbital e o modelo baseado em pontos de controle.

Bielenki et al (2005) analisou as imagens CBERS I e verificou problemas no modelo orbital disponibilizado pelo INPE; após verificações das cenas CBERS II também se constatou o mesmo problema. Assim optou-se em adotar a solução baseada em pontos de controle sugerida por Bielenki et al (2005), usando uma transformação afim, com o maior número de pontos possíveis com distribuição homogênea por toda a cena e uma amostragem pelo algoritmo vizinho mais próximo.

Os pontos de controle foram selecionados a partir de imagens TM / Landsat disponibilizadas com georreferenciamento atrelado ao sistema de referência WGS 84, onde foi possível estabelecer a correlação dos pontos em ambas as imagens. Procurou-se trabalhar sempre com um mínimo de dez pontos de controle por cena.

Após o registro das cenas foi realizada uma transformação de sistema de referência do WGS 84 para o SAD 69 para compatibilizar os resultados com a legislação nacional. Em seguida, foram confeccionados vários mosaicos, que posteriormente foram equalizados, para facilitar a extração das informações.

A **Figura 1** mostra as cenas CBERS II que recobrem a área de estudo após os procedimentos de tratamento digital.

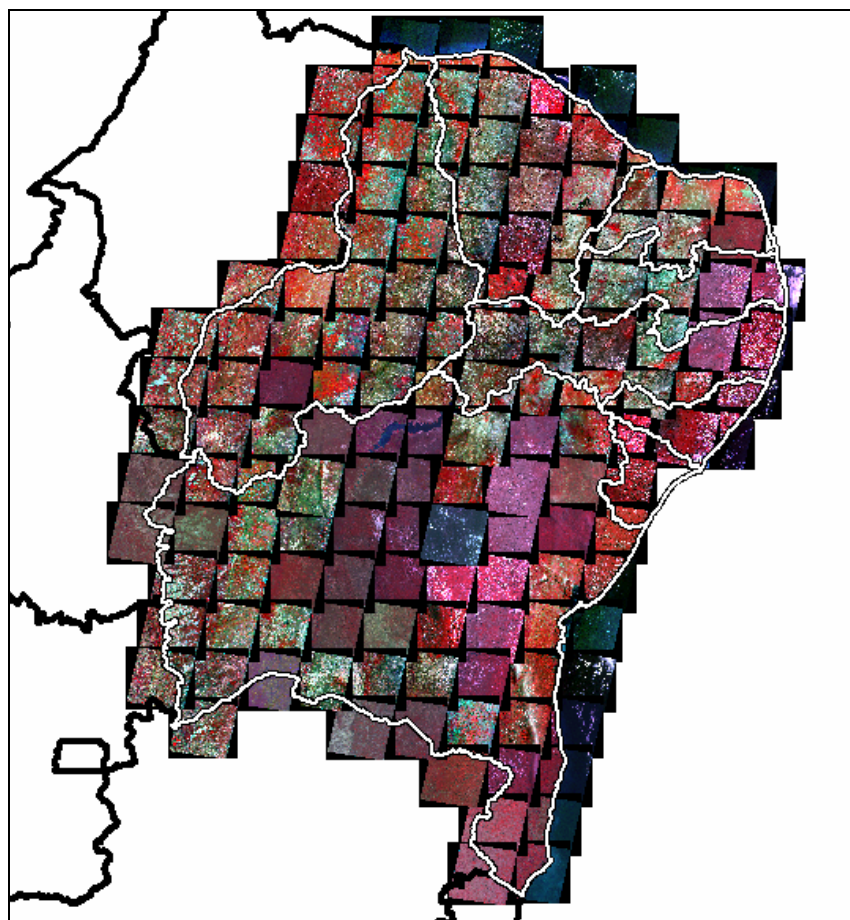


Figura 1 – Cenas CBERS II que recobrem a área de estudo.

Adicionalmente, tentou-se averiguar a viabilidade de um procedimento de extração automática das feições dos reservatórios. Para isso testou-se uma metodologia apresentada por Polidorio et al (2005) baseada em um índice discriminante para corpos d'água (NDWI). Porém, devido ao tempo para a execução do trabalho, não foi possível implementá-la em sua totalidade, mas ela se mostrou útil para o auxílio na pré-identificação das feições a serem mapeadas.

## 5. Mapeamento

Após as fases iniciais de análise, *download*, restauração, correção geométrica e georreferenciamento das cenas CBERS II, seguiu-se à fase de identificação das feições dos reservatórios e vetorização dos contornos dos mesmos.

Foi criado um novo arquivo vetorial de feições poligonais no formato *shapefile* (.shp), no qual foram vetorizados os reservatórios.

De posse da informação de quais reservatórios deveriam ser mapeados repassada pela Superintendência de Usos Múltiplos desta Agência, para cada um deles foi realizado os seguintes procedimentos:

- identificada a cena ou o mosaico que continha o reservatório;
- identificação do reservatório na imagem;
- vetorização das feições do reservatório, segundo Rocha (2000) a vetorização consiste na individualização das entidades que sofreram um processo de escandimento (neste presente estudo as imagens de satélites usadas como *background* na tela do computador) e pode ser realizada manualmente (*heads-up*), automaticamente ou semi-automaticamente. Optou-se pela vetorização *heads-up* que segundo Rocha (2000) é realizada por um operador que persegue cada feição *raster* com o cursor, escolhendo-se as primitivas geométricas que a modelem melhor na estrutura vetorial, neste caso a qualidade da vetorização depende muito do operador;
- inserção das informações características do reservatório na tabela do *shape*, tais como: nome, cidade, estado, capacidade e bacia à qual pertence.

Após a vetorização de todos os reservatórios foi feita uma revisão para identificação de possíveis erros e/ou inconsistências, os quais foram prontamente corrigidos, assim minimizou-se o efeito da dependência da qualidade do trabalho a apenas um operador.

A **Figura 2** mostra o detalhe de um reservatório vetorizado a partir de imagens CCD / CBERS II.

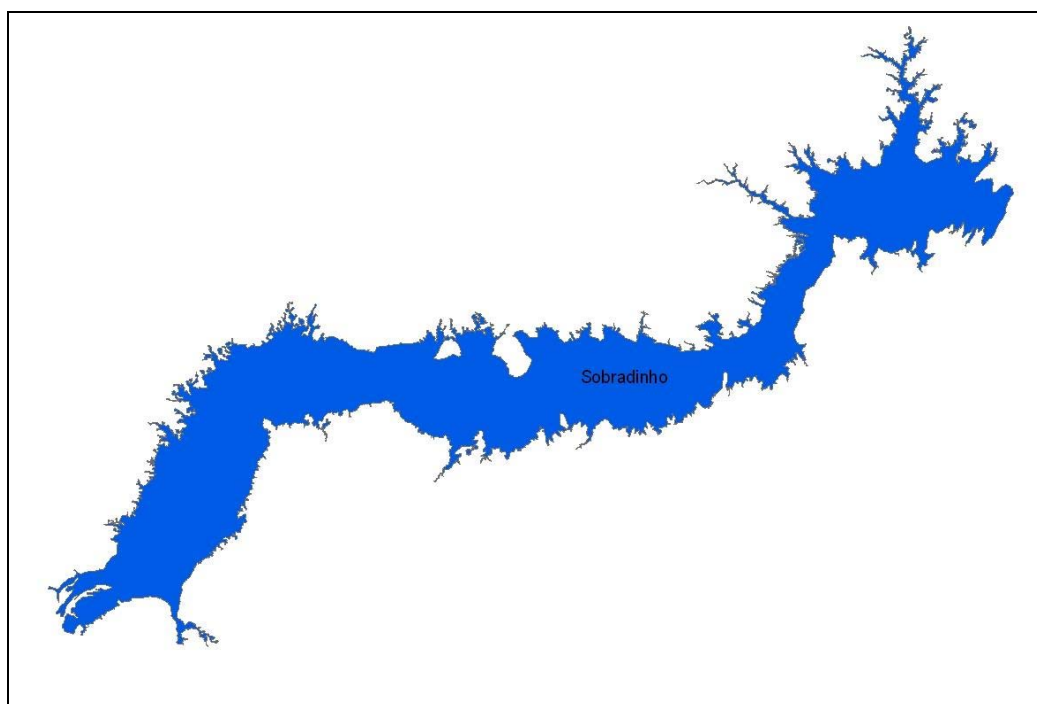


Figura 2 – Detalhe: reservatório de Sobradinho.

## 6. Resultados e discussões

Os trabalhos direcionaram-se para a confecção de uma base digital georreferenciada dos reservatórios com capacidade acima de 10 Hm<sup>3</sup> (dez hectômetros cúbicos) dos seguintes estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe e Rio Grande do Norte.

Houve uma dificuldade muito grande para mapear os reservatórios do litoral devido à constante presença de nuvens nesta região. Uma solução encontrada foi a de utilizar datas diferentes da mesma cena com o intuito de mapear o máximo possível de reservatórios, tomando-se o cuidado de utilizar datas da época das chuvas. Por fim, não sendo possível mapear algum reservatório na época das chuvas, optou-se por mapeá-lo a partir de cena de qualquer data disponível no acervo do INPE.

Foram corrigidas geometricamente e georreferenciadas 157 imagens CCD / CBERS II, e mapeados 236 reservatórios, que são mostrados na **Figura 3**.

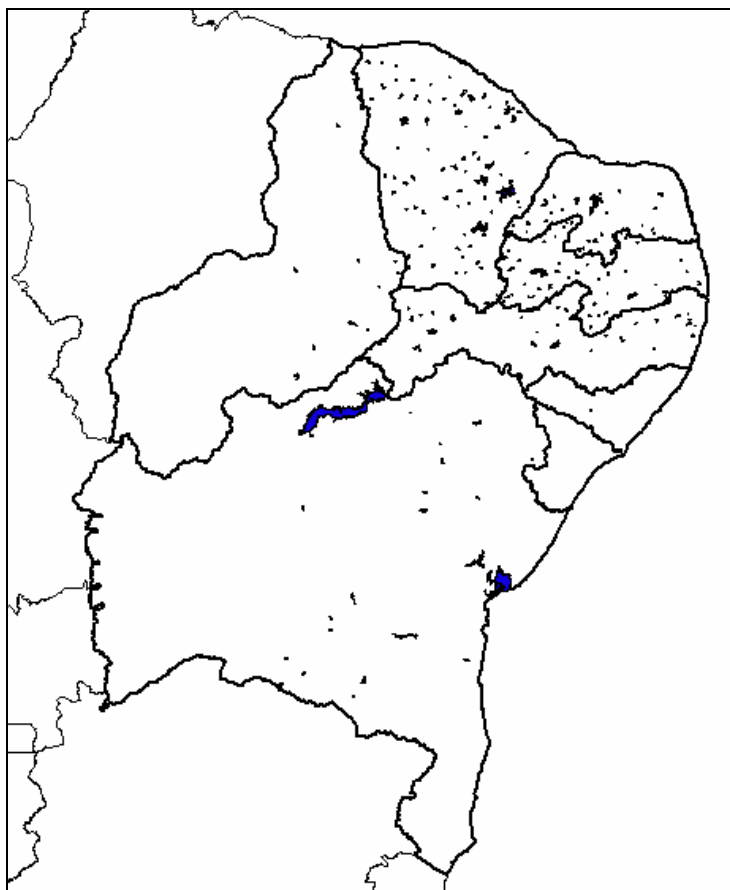


Figura 3 – Reservatórios mapeados em Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe e Rio Grande do Norte.

## 7. Conclusões e recomendações

A partir dos resultados obtidos, vinculados diretamente à metodologia empregada, pôde-se concluir que as imagens CCD / CBERS II são adequadas para mapeamento de reservatórios.

Sua resolução espacial média foi adequada para identificação dos reservatórios. Sua periodicidade possibilitou que cenas de datas diferentes fossem utilizadas dentro do mesmo

período de chuvas. Sua disponibilidade na *Internet* agilizou a aquisição e sua gratuidade tornou possível o mapeamento de reservatórios compreendidos em uma área extensa.

A estratégia de dividir a equipe e utilizar a digitalização manual foi adequada devido ao número de pessoas envolvidas no trabalho e dos diferentes graus de conhecimento de técnicas de sensoriamento remoto das mesmas.

A experiência acumulada neste trabalho, principalmente quanto a aplicabilidade do sensor CCD / CBERS II para o mapeamento de reservatórios, foi fundamental para a decisão de executar o mapeamento de espelhos d'água maiores que 25 hectares em todo o território brasileiro. Este último projeto realizado pela Fundação Cearense de Recursos Hídricos e Meteorologia - FUNCEME, com orientação técnica e acompanhamento da ANA e do Ministério da Integração - MI.

## **Referências**

ROCHA, C H B. Geoprocessamento Tecnologia Taansdisciplinar. Ed autor. Juiz de Fora MG. 2000. 220 p.

BIELENKI, C JR et al. Análise do Georreferenciamento das Imagens CBERS I Anais SBSR 2005

CROSTA, A P. Processamento Digital de Imagens SR. IG Unicamp Ed Ver. Campinas SP. 1992. 170 p.

POLIDORIO, A M. Segmentação de corpos d'água em imagens multiespectrais e temporais usando watershed com marcadores automaticamente definidos. Anais SBSR 2005.