

Utilização de imagens do satélite CBERS-2 na atualização do sistema de informação de recursos hídricos do estado do Ceará, Brasil.

Guilherme Marques e Souza¹
Marcus Vinícius Chagas da Silva²

¹ Serviço Geológico do Brasil - CPRM
Av. Antônio Sales, 1418 - 60135-101 - Fortaleza - CE, Brasil
gsouza@fo.cprm.gov.br

² Universidade Federal do Ceará - UFC
Av. Mister Hull, s/n, bl. 807 - 60021-970 - Fortaleza - CE, Brasil
marcus.silva@ufc.br

Abstract. Nowadays, there is a substantial deficit in the Brazilian cartography, in terms of updating and generation of new maps and charts. Twenty-five percent of the Brazilian territory, including Amazon, still do not have charts in the 1:100.000 scale. The coverage is considerably less if the scale raises, for example to 1:25.000 scale, absent in 99 % of the country (INPE, 2004). Besides, it is necessary the substitution of the rudimentary cartographic surveys techniques by methods and new devices that could prevent waste of time and optimize funding resources. Considering the technological advances of computers and artificial satellites, this work involved the use of geoprocessing techniques to update the hydrographic chart of the State of Ceará, at the 1:100.000 scale. Other activities included topological rules of the themes and their organization in to a georeferenced database Geo-OMT. The main objective is to facilitate the planning of water resources management in the State and to diffuse Program CBERS for cartographic updating. The use of such high-technologies aimed to time-spatial analysis and image interpretation become more frequent in academic and corporative institutions. They are of relatively easy acquisition, low-cost and handy so that they play an important role to the success of the products.

Palavras-chave: cartographic updating, geoprocessing techniques, artificial satellites, atualização cartográfica, técnicas de geoprocessamento, satélites artificiais.

1. Introdução

1.1 Geoprocessamento como ferramenta auxiliar

O geoprocessamento tornou-se uma importante técnica de apoio à análise do ambiente, tendo como principal objetivo “fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos” (Assad e Sano, 1998). A partir de sua utilização, é permitida a espacialização da informação e a manipulação dos dados, criando cenários diversos para uma mesma área conforme a necessidade.

Com esse propósito, no início dos anos 80, marco do avanço da Cartografia Digital e do Sensoriamento Remoto, começava também a popularização do uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG's), consistindo em um conjunto de ferramentas para capturar, reter, cruzar e visualizar dados (Burrough, 1986), ou ainda, um sistema que direcione a decisão a ser tomada em um determinado ambiente (Cowen, 1988).

No início dos anos 90, a modelagem de dados surgia como um novo conceito, se fazendo necessária em projetos de análises ambientais dentro de um sistema de informações geográficas. Este sistema visa informatizar, esquematizar, estruturar e principalmente localizar as informações contidas dentro de um modelo pré-estabelecido, com a intenção de traduzir e implementar matematicamente o mundo real para o computador.

1.2 Modelo de dados

As múltiplas aplicações de um sistema de informações geográficas precedem técnicas específicas de modelagem espacial. A modelagem espacial consiste em representar o cenário real em uma série de dados simplificados o bastante para alcançar as características de um certo domínio (Soares Filho, 2000).

Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que são utilizados para evidenciar as estruturas e as operações de um banco de dados (Elmasri, 1994). Para essa estrutura ser criada é necessário a abstração dos conceitos do mundo real para a linguagem computacional dentro de um sistema de gerenciamento de banco de dados, possuir níveis distintos de acordo com a modelagem a ser concebida e possibilitar que uma entidade geográfica seja associada a diversos níveis de informação, entre outros (Borges et al., 2000).

1.3 A energia eletromagnética da água

Para fins de mapeamento de corpos d'água, deve-se levar em consideração o comportamento espectral da água nos diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético constituintes das bandas espectrais disponíveis nos produtos de sensores remotos. Pela sua estrutura molecular, a água no seu estado líquido, absorve toda a radiação eletromagnética abaixo de 380 nm e acima de 700 nm, não possuindo reflectância nessas faixas do espectro (Bienleki Júnior e Faria, 2005). De uma forma geral, o corpo d'água puro é composto por *pixels* escuros ou a menor reflectância dentro de uma imagem orbital.

O principal objetivo deste trabalho foi, através da interpretação da energia eletromagnética refletida sobre os alvos de drenagem e espelhos d'água encontrados na superfície terrestre, de forma visual, a atualização da representação cartográfica dos recursos hídricos do estado do Ceará.

Para alcançar tais resultados, foi necessário que se conhecesse sobre o tipo de sensor utilizado, os tipos de resolução, identificação do alvo interpretado, topologia e regras de integridade espacial da representação cartográfica referente ao alvo, além dos parâmetros de cartografia básica, como tamanho mínimo de objeto mapeável dentro de uma determinada escala.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Escolha do modelo de dados

O modelo de dados Geo-OMT foi criado por Borges (1997), percebendo a dificuldade em se modelar o dado geográfico com as representações de orientação. Elaborou-se uma adaptação do modelo OMT (*Object Modelling Technique*), criando outro tipo de classe que pudesse suportar a informação georreferenciada das características ambientais da área. Este modelo tornou-se, com efeito, o Geo-OMT.

Os dados da drenagem desenvolvidos neste trabalho foram adequados a um modelo de dados Geo-OMT, formando uma rede hidrográfica, obedecendo as restrições de integridade espacial, os relacionamentos entre os objetos e a forma das classes de acordo com os critérios estabelecidos por Borges (op. cit.).

2.2 Aquisição das imagens de satélite

De acordo com as características do sensor CCD e do comportamento espectral da água, a composição das imagens procedeu de acordo com a forma descrita a seguir.

Realizou-se o *download* de diversas imagens dos anos de 2004, 2005 e 2006, a fim de analisar a qualidade das mesmas, selecionando-as por datas recentes e percentual de nebulosidade. Para se trabalhar com recursos hídricos, foi necessário utilizar somente as bandas 2, 3 e 4, com o intuito de realçar os alvos de drenagem e espelhos d'águas.

As imagens dos anos 2004 e 2005 foram substituídas por imagens do ano de 2006 e 2007 respeitando os parâmetros de cobertura de nuvens e qualidade da aquisição da cena.

Estas imagens do sensor CBERS-2/CCD foram adquiridas com as bandas separadas em formato *GeoTIFF*, a partir do site do INPE, no qual estão disponíveis gratuitamente para *downloads* no endereço eletrônico <http://www.obt.inpe.br/catalogo/>.

A cobertura das cenas para o estado do Ceará compreendeu as seguintes órbita/ponto: 149/105 a 149/107; 150/104 a 150/109; 151/104 a 151/109; 152/103 a 152/108 e finalmente da 153/103 a 153/106.

Há uma diferença posicional significativo acentuada no arquivo original disponibilizado pelo INPE, requerendo a realização de georreferenciamento através do emprego de pontos de controle. Para tanto, foi realizado um processo de retificação desta diferença posicional.

2.3 Registro das imagens CBERS-2 sobre o mosaico *Geocover*

Algumas observações na prática demonstraram que a localização das cenas do satélite CBERS-2 possuem deslocamentos de aproximadamente 10 quilômetros de distância entre um ponto conhecido na imagem e o mesmo ponto verificado em campo, referenciados a um mesmo sistema de coordenadas e projeção cartográfica.

De acordo com o INPE (2006), tal deslocamento é ocasionado pelo decaimento da órbita, acentuado pela degradação natural da trajetória orbital do sensor. As diferenças de altura causam um deslocamento na posição do satélite, que prejudica, por exemplo, a montagem de mosaicos das imagens geradas.

Para a correção do deslocamento das imagens CBERS-2 foi preciso realizar um processo conhecido por georreferenciamento ou registro. O registro de imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. Para este trabalho foram utilizadas como referência as imagens *Geocover*, disponíveis no endereço eletrônico <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>.

Estas imagens foram criadas a partir do mosaico ortorretificado de imagens do satélite LANDSAT-7 sensor ETM+ resultante da fusão das bandas 7, 4, 2 e 8, com resolução espacial de 14,25 metros, coletadas no período de 1999/2000. Também apresentam controle horizontal a partir de 6 a 12 pontos identificados por cena, com precisão posicional absoluta de 15 metros (erro quadrático médio), fornecendo uma ótima precisão cartográfica para trabalhos desenvolvidos na escala de 1:100.000.

Inicialmente foi feita a aquisição (*download*) das cenas *Geocover* necessárias para a realização do registro das imagens CBERS-2/CCD em ambiente SIG. As cenas adquiridas foram as S-24-00_2000 e S-24-05_2000. Tais cenas se encontram na projeção UTM e com o *datum* horizontal SAD-69.

2.4 Identificação dos alvos

A identificação foi realizada exclusivamente de forma visual. Esse procedimento apresentou uma melhor resposta quando comparado à interpretação digital.

A interpretação digital apresentou uma confusão média dos *pixels* maior do que a interpretação visual. As classes identificadas como água na interpretação digital, foram confundidas com sombras tanto de vertentes íngremes quanto de eventuais nuvens.

Na interpretação visual esses erros foram minimizados em virtude de ser agregada a interpretação vários fatores. Os fatores levados em consideração em uma interpretação visual de imagens de acordo com Soares Filho (2000) são: a tonalidade, cor, textura, forma, sombra e os aspectos associados e relação do contexto.

Cor: Os alvos mapeados possuem uma alta absorção da energia eletromagnética, com isso os objetos interpretados apresentam uma baixa reflexão, fazendo com que as curvas dentro do

histograma tornem-se muito pequenas. Essas curvas ocasionam uma combinação próxima ao extremo da ausência de cores, assim os alvos configuram-se de cor preta.

Textura: Os corpos hídricos em geral possuem uma textura fina com seus elementos variando de 400m² até várias de dezenas de km² dentro da escala do presente trabalho.

Forma: A hidrografia apresenta forma irregular. Cada ocorrência mapeada possui uma forma diferente de outra, não configurando-se como um polígono regular. O melhor exemplo para esta forma são os açudes, lagoas, rios de margem dupla, rios de margem simples e riachos.

Sombra: Causaram grande confusão média na interpretação digital, pois tiveram seus aspectos praticamente anulados em virtude da associação de outra característica para corroborar na interpretação das imagens que é a relação do contexto.

Contexto geográfico: Na interpretação dos corpos d'água a relação do contexto é de uma importância muito significativa. As sombras tanto de nuvens como das vertentes íngremes possuem a reflectância dos tons de cinza muito próxima a água.

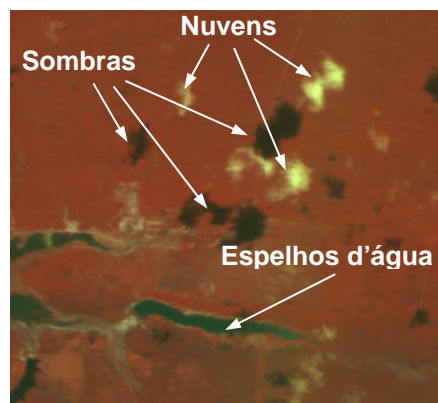


Figura 1. Notam-se as formas de sombra sendo similares as nuvens.

O que diferenciou as sombras das nuvens dos corpos d'água, foi a relação do contexto. Nos corpos d'água existem matas ciliares refletindo em vermelho nos arredores dos rios, ou ainda, nos reservatórios artificiais uma linha reta representando uma barragem. Esses elementos não existiam associados às sombras das nuvens (figura 1).

2.5 Topologia dos alvos

Dentro do modelo de dados tipo Geo-OMT as feições foram representadas por geo-objetos. Os geo-objetos com geometria foram os açudes, lagoas e os rios de margem dupla conforme as figuras a seguir (figuras 2 e 3).

A topologia desses geo-objetos são do tipo polígono. A entidade computacional do tipo polígono simula objetos geográficos individualizáveis com elementos do mundo real. Ou seja, um açude só terá um polígono para representá-lo no modelo computacional e um polígono só pertencerá a um açude (figura 2). O mesmo ocorre com os rios de margem dupla (figura 03).

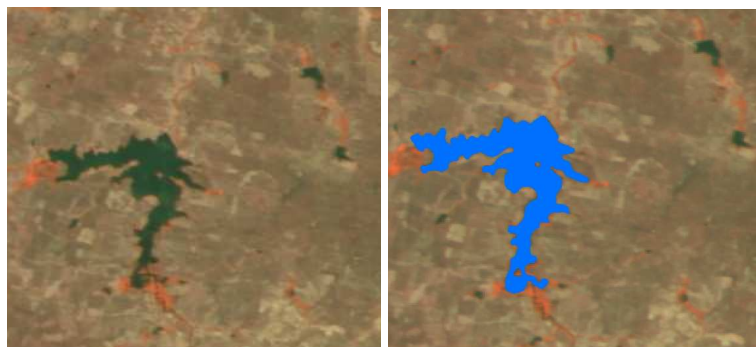


Figura 2. Representação topológica do geo-objeto açude.



Figura 3. Representação topológica do geo-objeto rio margem dupla.

Os geo-objetos com geometria e topologia na forma de linha foram os rios, riachos e os eixos da drenagem. Esses geo-objetos pertencem à subclasse linha uni-direcionadas que são objetos lineares começando e terminando em um nó ou em outra linha unidirecionada possuindo uma direção de fluxo. Serão representados cartograficamente por polilinhas. As figuras seguintes (figuras 4 e 5) simulam as feições cartográficas que foram modeladas.



Figura 4. Vetorização dos riachos e linhas de centro da drenagem.

Os nós dos rios foram representados por geo-objeto, sendo uma subclasse georreferenciada, está representado cartograficamente na figura 5. De acordo com Borges et al. (2000) possui as seguintes regras de integridade espacial:

- Todo nó deve estar conectado a pelo menos um segmento orientado;
- Todo segmento orientado intermediário estará conectado a dois nós;
- O segmento orientado inicial e final começa e termina em um nó.



Figura 5. Representação cartográfica do nó.

3. Resultados e Discussão

A escala de trabalho determinada em 1 para 100.000 foi alcançada, com isso o número de açudes, lagoas e lagos mapeados no estado do Ceará foi de 26.997 ocorrências.

Sendo estas ocorrências subdivididas pelas bacias hidrográficas (figuras 6 e 7), as bacias do interior apresentam uma maior quantidade de massas d'água (16.646) e, as bacias do litoral uma menor quantidade de massas d'água (10.351), uma diferença de 63,26% refletindo assim as intempéries climáticas nordestinas e a necessidade de reter a água no interior do estado.

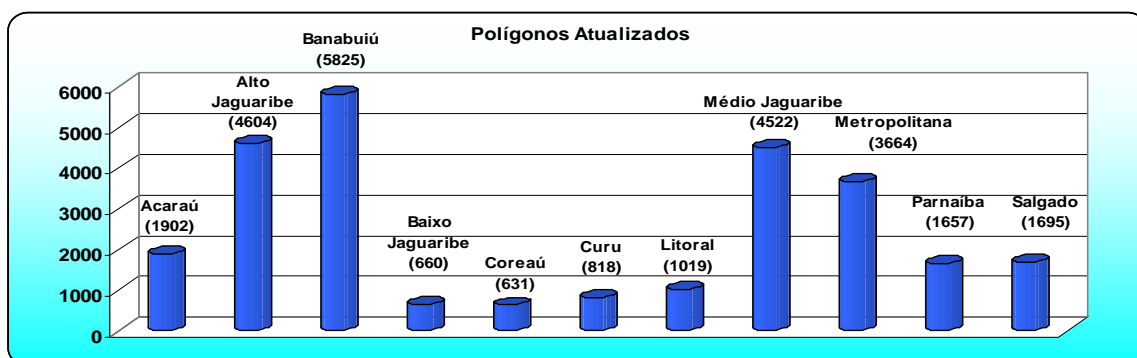


Figura 6. Número de massas d'água por bacia hidrográfica do estado do Ceará.

Os rios e riachos espelham a impermeabilidade do substrato cristalino do interior do estado em relação ao litoral de formação sedimentar. As bacias do interior do estado possuem 77.818 segmentos de drenagem enquanto as bacias do litoral possuem 38.580 segmentos de drenagem, uma diferença de 50,42%.

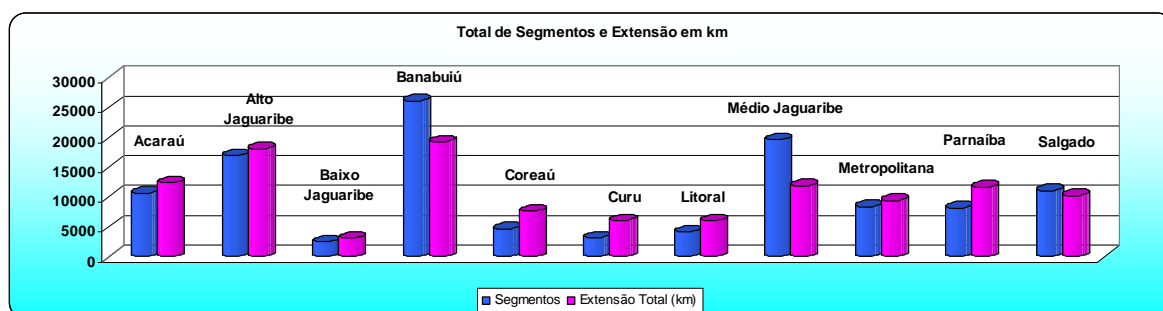


Figura 7. Número de segmentos de drenagem e extensão por bacia hidrográfica do estado do Ceará.

O mapa final da drenagem do estado está representado pela figura 8, a seguir.

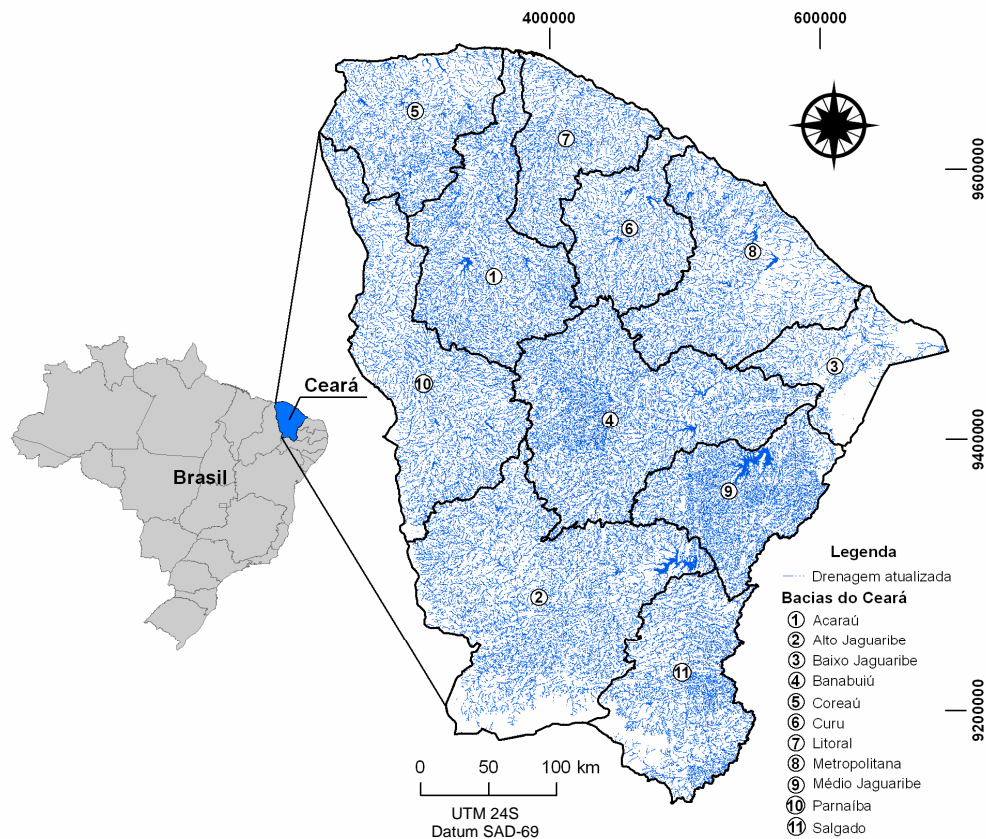


Figura 8. Localização do estado do Ceará e mapa da atualização da hidrografia.

4. Conclusões

Com as imagens CBERS-2 foi possível a anulação do erro temporal. A vetorização da hidrografia pôde ser executada com imagens geradas com poucos dias da passagem do satélite.

O banco de dados Geo-OMT foi importante para estruturar a drenagem para aplicações em geoprocessamento, com isso pode-se utilizar estes dados para outras finalidades como o sistema de Outorgas e Licenças, monitoramento das águas, dentre outras.

Referências Bibliográficas

Assad, E. D.; Sano, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2 ed. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 434 p.

Bienleki Júnior, C.; Faria, D. S. Estudo e Análise do Uso de Imagens do Satélite CBERS-2 - Sensor WFI para Atualização da Rede Hidrográfica - Escala 1:1.000.000. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 843-848. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.17.27>>. Acesso em: 07 dez. 2006.

Borges, Karla A. V. **Modelagem de dados geográficos – uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas**. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, MG: Escola de Governo de Minas Gerais, Fundação João Pinheiro, 1997.

Borges, Karla; Davis, Clodoveu & Laender, Alberto. **Modelagem Conceitual de Dados Geográficos**. INPE, São José dos Campos: São Paulo, 2000. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap3.pdf> Acesso em: 05 mar. 2006.

Burrough, P.A. **Principles of Geographical Information System for Land Resource Assissement**. Claderon Press, Oxford, 1998. 194 p.

Cowen, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. v. 54, p. 1551-1554, 1988.

Elmasri, R., Navathe, S. **Fundamental of database systems**. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1994.

INPE. **Produtos e Serviços de Observação da Terra**. São José dos Campos: São Paulo, 2004. Disponível em: <http://planejamento.sir.inpe.br/documentos/arquivos/referenciais/CPA-011-2006_v2_13-09-06.pdf> Acesso em: 10 dez. 2006.

INPE. **Programa CBERS**. Disponível em:

<http://www.cbbers.inpe.br/pt/index_pt.htm> Acesso em dez. 2006.

Soares Filho, Britaldo Silveira. **Interpretação de Imagens da Terra**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. (Apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento). Disponível em:

< <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/centrorecursos/apostilas>> Acesso em: 10 dez. 2006.