

Fotointerpretação Assistida por Computador para Atualização de Cartas Topográficas na Escala 1:50.000

Oscar Ricardo Vergara¹
Maria de Lourdes N. de Oliveira Kurkdjian²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12227-010 São José, dos Campos, SP, Brasil
Tel.: +55 12 345-6446; Fax: +55 12 345-6488
ricardo@ltid.inpe.br

²IP&D da UNIVAP

Abstract: As a part of an ongoing study about the contribution of remote sensing data for topographic map revision purposes, this work presents an assessment of the overall suitability of digital HRV-SPOT data, level 1B, after being submitted to different image processing technics. A set of procedures is posed, which makes use of computer-assisted photointerpretation for map revision at 1:50,000 scale. The results show that the use of Geographic Information Systems resources and digital image processing techniques eased the identification and digitizing of different targets and enhanced the amount of information which could be extracted from the images. These procedures, however, rely on the use of complementary data sources such as aerial photographs and field survey.

Keywords: Image Processing, GIS, Remote Sensing, Cartography.

1 Introdução

Há anos, as imagens analógicas de satélite têm revelado sua utilidade para a atualização de cartas topográficas, apesar de algumas limitações, crescentes com a escala da representação, quanto aos requisitos de exatidão geométrica e conteúdo informativo exigidos pelas normas cartográficas.

No INPE, avaliações do desempenho de dados analógicos (transparências positivas) HRV-SPOT de nível 1B demonstraram, de modo preliminar, que eles não fornecem a exatidão geométrica exigida para cartas topográficas na escala 1:50.000, se o mapeamento for realizado sobre uma base cartográfica nessa escala, mas que existiria a possibilidade de utilizá-los, sob certas condições, para trabalhos de atualização cartográfica atingindo a exatidão estabelecida para cartas topográficas classe A na escala 1:100.000 (Vergara, 1994). Quanto ao conteúdo informativo, uma grande quantidade da informação temática que deve ser incluída nas cartas 1:50.000 pode ser encontrada nos produtos mencionados, embora existam limitações que fazem necessário contar com outras fontes de informação complementar (Vergara et al., 1993).

Continuando nessa linha de pesquisa, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho desses dados no seu formato digital, quando usados para fins de atualização de cartas topográficas na escala 1:50.000, utilizando a fotointerpretação assistida por computador. Cabe mencionar que o nível 1B é o nível de processamento aplicado no INPE às imagens SPOT fornecidas aos

usuários. Nesse nível, as imagens têm tratamento radiométrico completo e correções geométricas para efeitos tais como rotação da Terra e ângulo de visada, sendo o nível básico para trabalhos de fotointerpretação e análise temática; nele, as imagens não estão vinculadas a qualquer sistema de projeção. É nos níveis 2A e 2B de processamento que são realizadas correções geométricas de sistema que permitem gerar as imagens SPOT num sistema de projeção cartográfica.

Aqui é apresentado o conjunto de procedimentos que foram sistematizados para a atualização cartográfica na escala 1:50.000, bem como os resultados conseguidos com sua aplicação. De modo geral, estes procedimentos envolvem técnicas de processamento de imagens e uma metodologia de atualização usando um Sistema de Informações Geográficas. Mais especificamente, envolvem a utilização de diferentes técnicas de processamento digital de imagens para o realce das feições extraídas através da interpretação na unidade visualizadora, bem como o uso do cursor para o mapeamento dessas feições, também na tela. O processamento de imagens foi aplicado tanto para melhorar a qualidade geométrica dos dados originais quanto para otimizar a extração de informação temática. Idealmente, a fotointerpretação interativa permite que distintas feições, presentes em diferentes partes da imagem, sejam examinadas e realçadas através de diversas técnicas. Este procedimento, aplicado sucessivamente a diferentes imagens, permite que gradativamente se vá completando o mapeamento. Por sua vez, as avaliações da exatidão geométrica e da classificação temática também foram realizadas com assistência de computador.

Os dados originais utilizados neste trabalho foram imagens digitais HRV-SPOT nos modos pancromático e multiespectral (BGR 1,2,3) de nível 1B. Estes produtos foram integrados com os sistemas desenvolvidos no INPE: SITIM (Sistema Integrado de Tratamento de Imagens) e SGI (Sistema de Informações Geográficas).

A área de estudo foi um módulo da carta topográfica "São José dos Campos", escala 1:50.000, editada pelo IBGE em 1973. As coordenadas limites dessa área são S23°07'35", S23°14'06" e O45°52'07", O45°59'06". O tamanho do módulo foi de aproximadamente 1000 por 1000 "pixels" na imagem SPOT pancromática, para impedir que as imagens fossem reamostradas ao serem carregadas na tela do SITIM, evitando assim a perda de resolução espacial na etapa de processamento digital.

2 Metodologia

Os passos prévios à atualização cartográfica constituíram-se na aplicação de diferentes técnicas de processamento digital às imagens originais, gerando os produtos a serem utilizados na atualização cartográfica da área do trabalho. Nesta etapa, no SITIM, a imagem SPOT pancromática foi primeiro filtrada para realçar feições lineares; a imagem pancromática filtrada foi depois integrada com a imagem SPOT multiespectral original através da transformação IHS para obter uma imagem sintética de alta resolução espacial e com informação espectral, destinada a facilitar a fotointerpretação das áreas intra-urbanas (Vergara et al., 1996). Cabe destacar que, na fase de processamento digital e dependendo da finalidade de cada trabalho, vale aplicar qualquer técnica destinada a realçar espectral e/ou espacialmente as imagens antes do seu ingresso no SGI, para otimizar os resultados a serem obtidos na posterior etapa de fotointerpretação. O último processamento aplicado às imagens foi o seu registro com a carta; esta operação teve a finalidade de melhorar a qualidade geométrica própria das imagens SPOT de nível 1B, visando conseguir

que o produto atualizado atingisse a exatidão exigida para cartas topográficas classe A na escala 1:50.000 (Vergara et al., 1995). Por outro lado, o registro também foi necessário para georreferenciar as imagens antes de sua integração no SGI.

Na etapa seguinte, através da fotointerpretação na unidade visualizadora, foi realizada a extração da informação temática atualizada. Os dados digitais utilizados para a atualização cartográfica foram: imagens HRV-SPOT pancromática filtrada e multiespectral original e imagem sintética obtida mediante a fusão das duas anteriores.

A metodologia seguida para a atualização cartográfica consistiu em interpretar as imagens na tela para estudar as mudanças ocorridas em cada classe de feições, tomando como referência a informação desatualizada, previamente digitalizada da carta antiga, que foi sobreposta às imagens. A partir dessa análise comparativa, num primeiro passo foram eliminadas aquelas feições atualmente inexistentes, e depois foram incorporadas as novas informações mediante digitalização na unidade visualizadora do sistema. Este procedimento foi facilitado pela possibilidade que fornece o SGI para se trabalhar com imagem ampliada em diferentes "janelas", o que permite visualizar melhor, de modo sucessivo, as diversas partes da área de trabalho, sem esquecer a vantagem representada pela facilidade de se integrar informação extraída das diversas fontes utilizadas (carta desatualizada, diferentes imagens).

O critério que guiou a etapa da atualização cartográfica foi o de aproveitar a possibilidade fornecida pelo SGI de escolher, para a interpretação temática, aquele produto onde cada grupo de feições, ou mesmo cada feição em forma individual, pudesse ser melhor identificado. Isto teve a finalidade de se conseguir um produto cartográfico com o melhor conteúdo informativo possível, usufruindo ao máximo o realce das imagens obtido mediante o seu processamento digital no SITIM, bem como a vantagem derivada da possibilidade de se utilizar recursos do sistema SGI para facilitar o processo de fotointerpretação e digitalização na tela: carregar sucessivamente diferentes imagens na tela, ampliar a imagem, deslocar o setor da imagem mostrado em tela.

Assim, predominantemente, a imagem SPOT pancromática filtrada foi utilizada para interpretar e digitalizar as diferentes categorias de estradas de rodagem, estradas de ferro, pontes e viadutos, linhas de alta tensão e áreas de construções rurais isoladas. Em geral, o realce da imagem, obtido através da filtragem passa-alta, e o auxílio da ampliação da imagem na tela, facilitaram a identificação e o desenho dessas feições, em maior quantidade e com maior segurança do que o conseguido quando da utilização da imagem original no seu formato analógico no trabalho referenciado por Vergara et al. (1993).

Por sua vez, a imagem SPOT multiespectral foi predominantemente utilizada para a interpretação e o traçado das áreas de mineração, áreas com vegetação densa, culturas e campo. No caso das classes e feições interpretadas nesta imagem, a ampliação da imagem facilitou a digitalização de áreas de tamanho reduzido.

A imagem sintética obtida mediante a integração das duas mencionadas anteriormente foi predominantemente usada para a extração da informação correspondente àquelas classes de feições onde os seus componentes apresentaram maiores limitações, caso das áreas intra-urbanas. Estas áreas aparecem muito melhoradas nessa imagem devido ao fato de reunirem a resolução espacial da imagem pancromática filtrada junto com informação espectral semelhante à fornecida

pela imagem multiespectral e também pela vantagem derivada da possibilidade de ampliar a imagem na tela.

Esse recurso, e também o de "janela escala", foi utilizado com frequência para recuperar o tamanho do "pixel" com plena resolução que, tendo sido preservado na etapa de processamento das imagens no SITIM, foi reamostrado durante a posterior incorporação dos dados ao SGI. Conseqüentemente, a delimitação das grandes áreas urbanas pôde ser feita de modo muito mais exato do que nas imagens originais em formato analógico. Também foi possível identificar e desenhar com maior segurança algumas feições intra-urbanas tais como parques, colégios, hospitais e alguns prédios.

Também como conseqüência do realce linear e da informação espectral da imagem sintética, além da ampliação da imagem na tela, as pequenas áreas urbanas foram mais fáceis de identificar e os seus limites foram desenhados com maior exatidão, por serem visíveis algumas ruas marginais. Pelos mesmos motivos, o padrão que caracteriza as grandes áreas industriais apareceu muito melhor definido no produto sintético, no qual foram visíveis grande parte das construções e ruas internas e pequenos corpos d'água. A digitalização dessas feições pôde ser feita trabalhando com a imagem ampliada. Quanto aos rios, eles foram também digitalizados predominantemente a partir do produto sintético, no qual se teve a vantagem da melhor resolução espacial que permitiu digitalizar as margens com maior exatidão do que na imagem multiespectral original, apesar de não ter sido possível evitar uma certa alteração nas características espectrais da imagem sintética. Esta limitação, que ocasionou mudanças tanto de forma quanto de tamanho em algumas classes de feições, motivou a utilização predominante da imagem multiespectral original para o mapeamento de áreas de vegetação densa, áreas de mineração, culturas e campo.

Todavia, apesar dos resultados obtidos, para algumas classes (áreas intra-urbanas, vegetação, culturas) o conteúdo informativo fornecido pelas imagens mostrou-se ainda insuficiente para atingir o nível de detalhamento das cartas topográficas na escala deste trabalho. Embora tenha sido possível distinguir e digitalizar uma considerável quantidade das feições que devem ser representadas nessas cartas, na maior parte dos casos fez-se necessário conferir e completar a classificação com informação de outras fontes complementares. Por causa destas limitações, no padrão seguido para a classificação temática da informação extraída das imagens digitais foi necessário unificar classes, alterando em alguma medida o padrão de conteúdo informativo estabelecido pelas normas cartográficas (Brasil, 1975).

3 Resultados

Para avaliar a exatidão da classificação temática da carta obtida dentro do padrão adotado foi aplicado o teste estatístico de Ginevan (1979), utilizando-se um programa que permitiu realizar a escolha aleatória de 150 amostras. Como dados de verdade terrestre foram usadas fotografias aéreas na escala 1:25.000; não foi necessário efetuar o trabalho de campo que também tinha sido planejado para o caso de ser insuficiente a informação fornecida pelas aerofotos. Esta avaliação revelou 5 erros de classificação frente a uma tolerância de 15 erros permitida pelo teste para o número de amostras mencionado, demonstrando que, do ponto de vista da exatidão da classificação temática, se pode aceitar o mapa como sendo bom (exatidão > 85%) com um risco $\beta = 0,05$ desta não ser uma decisão correta.

Por sua vez, a avaliação da exatidão geométrica do produto atualizado realizou-se através de uma transformação de similaridade, aplicando um programa que permitiu calcular os resíduos das coordenadas em cada ponto de controle, bem como o erro global (erro médio quadrático). As coordenadas dos nove pontos de controle utilizados para esta avaliação foram medidas por GPS. Os resultados mostraram erros inferiores a 25 m em oito dos pontos e erro de 25,61 m no ponto restante, indicando que a correção geométrica conseguida através da operação de registro permitiu atingir o grau de exatidão exigido para cartas topográficas na escala 1:50.000.

4 Conclusões

Através da análise dos resultados é possível concluir que o refinamento da qualidade visual das imagens conseguido mediante a aplicação de diversas técnicas de processamento digital, bem como a utilização dos recursos próprios de um Sistema de Informações Geográficas, facilitaram a identificação e a digitalização exata de grande parte das classes de feições e aumentaram a quantidade de informação extraída das imagens, se comparada com a fornecida pelos dados originais. Entretanto, não dispensa as fontes de dados complementares, que de qualquer modo são, mesmo, inerentes ao processo de fotointerpretação de imagens. Cabe mencionar que a metodologia descrita ainda poderia ser otimizada se fosse utilizado um sistema que permitisse realçar as imagens na unidade visualizadora quando da sua interpretação e também carregar simultaneamente várias imagens na tela, como no caso do SPRING (Sistema de Informações Geográficas de segunda geração desenvolvido no INPE). O realce na tela, sem afetar as características da correspondente imagem armazenada no disco, permitiria maior flexibilidade na escolha do realce mais adequado para identificar e mapear as diferentes feições de interesse, enquanto a análise simultânea de duas ou mais imagens viabilizaria estudar as características dos alvos em diferentes faixas do espectro.

Quanto ao aspecto geométrico, os resultados da avaliação realizada indicam que o uso de imagens HRV-SPOT com nível 1B de processamento permite atingir o nível de exatidão exigido para atualizar cartas topográficas na escala 1:50.000, desde que a geometria dessas imagens seja melhorada através de um bom registro com a carta (Vergara et al., 1995).

Referências

- Brasil. Ministério do Exército. Estado Maior do Exército. *Convenções Cartográficas - Manual Técnico 1 e 2 Parte*. Brasília, 1975.
- Ginevan, M.E. Testing land use accuracy; another look. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45(10):1371-1377, 1979.
- Vergara, O.R.; Kurkdjian, M.L.N.O.; Niero Pereira, M. Contribuição dos dados SPOT analógicos para a atualização de cartas topográficas na escala 1:50.000. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 7., Curitiba, 10-14 maio 1993. *Anais*, v. 4, p. 390-399. São José dos Campos, INPE, 1993. (INPE-5509-PRE/1788).
- Vergara, O.R. *Avaliação de produtos de Sensoriamento Remoto para fins de atualização cartográfica*. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, INPE, 1994. 155 p. (INPE-5584-TDI/546).

- Vergara, O.R.; d'Alge, J.C.L.; Fitzgibbon, K.T.; Erthal, G.J. Geometric accuracy of a cartographic product at 1:50,000 scale updated by digital HRV-SPOT images at level 1B. In: *International Cartographic Conference, 17.*, Barcelona, Espanha, 03-09 sept 1995. *Proceedings*, v. 1, pp. 610-614. São José dos Campos, INPE, 1995. (INPE-5653-PRE/1828).
- Vergara, O.R.; Candeias, A.L.B.; Kurkdjian, M.L.N.O. Data fusion in urban cartography. In: *ISPRS Congress, Commission VII, Working Group 9, 18.*, Vienna, Austria, 09-19 july 1996. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vienna, Austria, ASPRS, v.31, pt. B7, p. 734-737.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro concedido.