

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-5652-PRE/1827

**METODOLOGIA PARA A ATUALIZAÇÃO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS COM
PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SGI**

Oscar Ricardo Vergara
Júlio César Lima d'Alge

Aceito para apresentação no Congresso Brasileiro de
Cartografia, 17., Salvador, 30 jul. - 04 ago. 1995

INPE
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
1995

METODOLOGIA PARA A ATUALIZAÇÃO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS COM PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SIG

Oscar Ricardo Vergara
Júlio César Lima D'Alge

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Av. dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja - Cx. Postal 515
12227-010 São José dos Campos, SP
Fax: +55 123 21 8743 E-mail:richard@dpi.inpe.br

RESUMO

A falta de cartas topográficas atualizadas indica a necessidade de implementar métodos que viabilizem realizar a atualização de modo rápido e eficiente. Levando em conta a utilidade dos produtos de Sensoriamento Remoto para fins cartográficos, o objetivo deste trabalho é avaliar uma metodologia para a atualização de cartas topográficas em escala 1:50.000, utilizando imagens digitais HRV-SPOT, técnicas de processamento de imagens e SIG. Os resultados indicam que, embora com algumas limitações, esta metodologia é adequada para atualizar cartas topográficas na escala proposta.

ABSTRACT

The lack of updated topographic maps points out to the need of developments in quick and efficient methodologies for cartographic updating. Taking into account the usefulness of Remote Sensing data for cartographic purposes, the aim of this work is to assess a methodology to update topographic maps at 1:50,000 scale, using digital HRV-SPOT data, image processing and GIS techniques. Although there are limitations, the results show that this methodology is suitable for updating topographic maps at the proposed scale.

1. INTRODUÇÃO

Em 1980, o Censo das Nações Unidas sobre o estado da Cartografia Mundial revelou que só 42% do território do planeta possuíam cartas topográficas em escala maior que 1:125.000, e que somente 2% desses documentos eram revisados anualmente (Gugan, 1987). Esta situação não se modificou através dos anos e faz necessária a implementação de procedimentos sistematizados, que possam contribuir no processo de atualizar documentos cartográficos de um modo cada vez mais rápido e eficiente. Nesse sentido, os produtos de Sensoriamento Remoto orbital são uma ferramenta útil para aplicações cartográficas, por fornecerem rapidez na obtenção de dados atualizados, diversos níveis de correção geométrica e baixo custo, se comparados com os levantamentos aerofotogramétricos (Gewandsznajder, 1988).

Segundo Vergara et al. (1993), as imagens analógicas HRV-SPOT, pela sua alta resolução espacial, permitem obter uma considerável quantidade da informação temática que deve ser incluída em cartas topográficas na escala de 1:50.000, embora não seja possível dispensar totalmente os levantamentos de campo. Quanto à exatidão geométrica, a literatura mostra que a qualidade destes produtos, mesmo no nível de processamento 1B, pode ser compatível com as exigências estabelecidas para cartas topográficas na escala de 1:50.000 (Andrade, 1988).

Por sua vez, o desenvolvimento dos sistemas de processamento de imagens e a interação entre as áreas de Sensoriamento Remoto, Cartografia e Sistemas de Informações

Geográficas possibilitam a aplicação de metodologias de atualização cartográfica usando imagens em formato digital (Ferreira, 1988; Vergara et al., 1992).

Levando em consideração os antecedentes mencionados, o objetivo deste trabalho é avaliar a utilidade de uma metodologia para a atualização de cartas topográficas em escala 1:50.000, usando imagens orbitais integradas com um sistema de processamento de imagens e um Sistema de Informações Geográficas.

Para tanto foram utilizados produtos de Sensoriamento Remoto no formato digital, gerados pelo INPE (imagens HRV-SPOT nos modos pancromático e multiespectral BGR 1,2,3 processadas no nível 1B) integrados com os sistemas SITIM/SIGI (Sistemas de Tratamento de Imagens e de Informações Geográficas desenvolvidos no mesmo Instituto). As imagens originais, identificadas na Tabela 1, também foram usadas para gerar um produto híbrido.

TABELA 1
IDENTIFICAÇÃO DAS IMAGENS ORIGINAIS
UTILIZADAS

K/J	MODO	DATA	INCLINAÇÃO
717/396	P	14.03.90	+2.0º
717/396	XS	18.08.89	+2.0º

Como área de estudo foi escolhido um módulo da carta topográfica São José dos Campos (Estado de São Paulo) em escala 1:50.000 (Folha SF-23-Y-D-II-1), editada pelo IBGE em 1973. Os limites geográficos da carta mencionada são os paralelos de latitude S 23º00'00" e S 23º15'00" e os meridianos de longitude O 45º45'00" e O 46º00'00". O módulo de estudo está compreendido entre os 23º07'35" e 23º14'06" de latitude Sul e os 45º52'07" e 45º50'06" de longitude Oeste de Greenwich.

2. METODOLOGIA

A atualização de uma carta topográfica pode ser definida como a tarefa de sobrepor a nova informação obtida de determinadas fontes, sobre os dados antigos contidos na carta, representando as mudanças enquanto se conserva o que não foi alterado. Neste trabalho esse processo foi efetuado utilizando o SIGI, que permitiu integrar as imagens digitais (informação atualizada) com os planos de informação digitalizados da carta desatualizada (informação

antiga). A metodologia aplicada está descrita na Figura 1 (Vergara et al., 1995), e consiste das seguintes etapas:

a. Aquisição da informação antiga

Como passo inicial é necessário incorporar a informação desatualizada ao Sistema de Informações Geográficas, sendo conveniente utilizar cartas em escala maior que a do trabalho, com a finalidade de aumentar a exatidão da digitalização. Porém, neste caso tomou-se a carta antiga como base de dados, por ser impossível preencher aquele requisito. A sequência do trabalho foi a seguinte:

- Criação dos planos de informação antiga: No SIGI foi criado um projeto de trabalho, sendo definidas a escala, a projeção cartográfica e as coordenadas limites da área de estudo. Posteriormente foram criados os planos de informação destinados a armazenar os dados desatualizados. Para cada grupo de dados (p.ex.: rede viária, hidrografia) foi criado um plano de informação, criando-se classes nos planos em que deviam ser diferenciados distintos tipos de feições.
- Calibração carta-mesa digitalizadora: Esta operação é necessária para estabelecer uma relação entre as coordenadas da carta e as da mesa digitalizadora. Com esta finalidade foram digitalizados os quatro cantos da carta.
- Armazenamento da informação antiga: Nesta etapa, as feições representadas na carta desatualizada foram digitalizadas na mesa do sistema. Mediante este procedimento, os dados antigos foram incorporados aos planos de informação previamente gerados.

b. Processamento dos dados digitais

De um modo geral, as técnicas de processamento de dados digitais são as operações que permitem manipular as imagens em formato digital para obter uma nova imagem, com a finalidade de facilitar a sua análise e a obtenção de informação.

Neste trabalho, através do SITIM foram aplicadas as seguintes técnicas de processamento às imagens a serem utilizadas: Filtragem espacial (imagem SPOT pancromática); transformação IHS (fusão das imagens SPOT pancromática e SPOT multiespectral); registro imagem/imagem (SPOT-XS com respeito à SPOT-P, na geração do produto

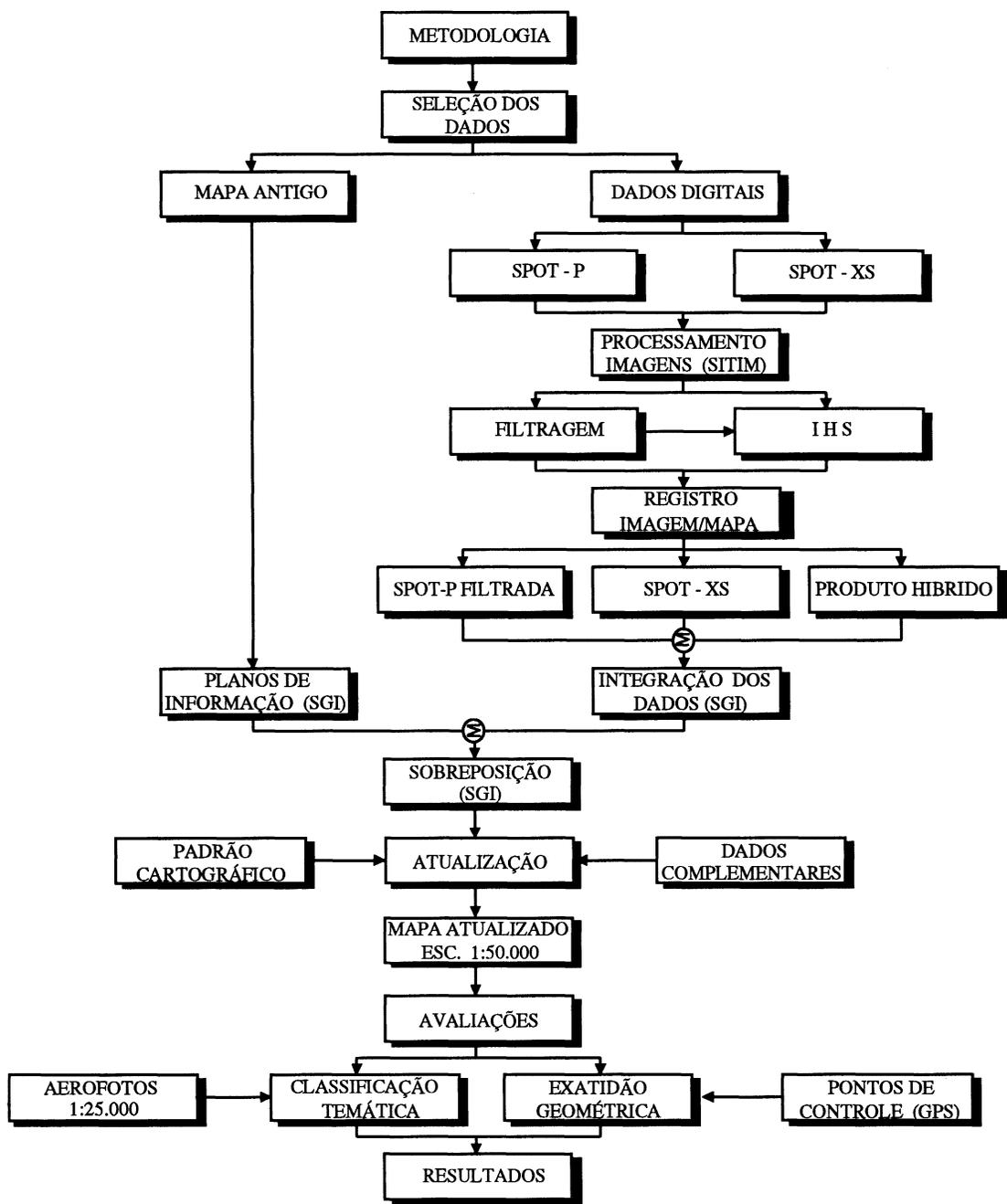


Fig. 1 - Metodologia de Atualização.

híbrido); registro imagem/carta (imagens SPOT pancromática e multiespectral, produto híbrido).

A imagem SPOT multiespectral original apresentava um bom contraste, e portanto não foi necessário efetuar o seu realce. Como já foi explicado, a imagem gerada por fusão dos dados SPOT pancromáticos e multiespectrais foi também usada no processo de atualização.

Deve ser destacado que nesta metodologia, o registro das imagens é de especial importância para conseguir que o produto atualizado atinja o nível necessário de exatidão geométrica. As três imagens digitais utilizadas neste trabalho foram registradas com a carta da área de estudo, na projeção UTM, escala 1:50.000. Também foi realizado o registro da imagem SPOT multiespectral com a SPOT pancromática, na geração do produto híbrido já mencionado. Todas estas correções geométricas foram completadas com valores de erro inferiores a um "pixel".

c. Armazenamento das imagens geocodificadas

Após ser completada a etapa anterior, as imagens geocodificadas foram transferidas para o SGI.

d. Obtenção da informação atualizada

Esta metodologia prevê a sucessiva sobreposição entre a informação antiga previamente armazenada nos respectivos planos de informação, e as imagens que contém a informação atual. Deste modo é possível a identificação e posterior supressão da informação desatualizada, bem como a digitalização das novas feições. A integração desses dados com aqueles que não sofreram alterações permite obter a totalidade da informação atualizada.

A utilização de diferentes fontes de dados teve o objetivo de conseguir, no documento cartográfico atualizado, um conteúdo de informação temática que fosse o mais completo possível. Por isso, cada grupo de feições foi digitalizado na imagem que possibilitou sua melhor identificação no processo de fotointerpretação na tela.

Posteriormente foi realizado um levantamento de campo para eliminar dúvidas ocorridas na classificação de algumas feições. Os dados assim obtidos complementaram os

extraídos das imagens e também da carta usada como base de dados, com o que considerou-se terminado o processo de atualização. Uma vez finalizada a digitalização na unidade visualizadora foi realizada a edição dos planos de informação.

Em todo este processo foram utilizadas as seguintes operações do SGI: Separação de Linhas, Supressão de Linhas, Ajuste de Linhas (manual e automático), Poligonalização.

e. Geração da carta atualizada

Depois de terminada a edição dos planos de informação atualizados, utilizou-se o módulo "Geração de Carta" do SGI para criar o título, a representação da escala, das coordenadas geográficas e da projeção cartográfica, e as diferentes legendas incluídas numa carta topográfica.

f. Impressão dos dados atualizados

Uma vez completada a etapa anterior, os dados digitais foram plotados para se obter a carta topográfica atualizada na escala proposta (1:50.000).

g. Avaliação do conteúdo informativo classificado

Para conferir se a carta gerada satisfaz os requisitos das normas cartográficas referentes ao conteúdo informativo, é necessário avaliar o grau de exatidão atingido na classificação temática realizada mediante a fotointerpretação. No caso da carta atualizada neste trabalho, esta avaliação realizou-se aplicando o teste estatístico estabelecido por Ginevan (1979). Como dados de verdade terrestre foram utilizadas fotografias aéreas em escala 1:25.000 de um levantamento realizado pelo INPE em 1985, não sendo necessário realizar o trabalho de campo planejado para o caso de resultar insuficiente a informação fornecida pelas aerofotos. Na aplicação do teste mencionado foram assumidos os seguintes valores: $Q_2 = 0,85$; $\beta = 0,05$; $Q_1 = 0,90$; $\alpha = 0,45$; encontrando-se a quantidade de amostras necessárias (150) e o número de erros de classificação aceitáveis ($X = 15$), como é mostrado na Tabela 2.

h. Avaliação da exatidão geométrica

Esta avaliação é necessária para controlar a exatidão geométrica do produto

atualizado. Uma transformação de similaridade, isogonal ou conforme é o modelo matemático indicado para efetuar a comparação entre os dois sistemas (no caso, o produto cartográfico gerado sendo avaliado com referencia aos pontos de controle).

Os 9 pontos de controle utilizados para esta avaliação foram obtidos por GPS com equipamento do projeto PNUD/ICAO BRA-92/006. Com medição diferencial, o erro na obtenção das coordenadas dos pontos foi diminuído a menos de 10 m (Vergara et al., 1995).

TABELA 2
VALORES ÓTIMOS DE N COM SEUS VALORES DE X ASSOCIADOS QUANDO $Q_2=0,85$, $\beta=0,05$ E $Q_1=0,90; 0,95; 0,99$

N	X	$\beta = 0,05$		
		VALORES DE α		
		Q1=0,90	Q1=0,95	Q1=0,99
.
.
.
134	13	0,4731	0,0074	0,0000
142	14	0,4518	0,0052	0,0000
150	15	0,4318	0,0036	0,0000
158	16	0,4130	0,0025	0,0000
166	17	0,3954	0,0018	0,0000
.
.
.

FONTE: Adaptado de Ginevan (1979), p. 1373.

3. RESULTADOS

Antes de começar o processo de atualização propriamente dito no SGI, foi realizada uma revisão de cartas topográficas em escala 1:50.000 de diferentes regiões do Brasil e também foi consultado o Manual Técnico de Convenções Cartográficas (Brasil, 1975). Isto possibilitou estabelecer um padrão de conteúdo informativo para as cartas na escala mencionada (Vergara, 1994), ao qual tentou-se ajustar a classificação temática realizada mediante a fotointerpretação. Entretanto, deve ser destacado que por causa de limitações encontradas nas imagens utilizadas, não foi possível seguir rigorosamente aquele padrão. De todo modo, no conjunto das três imagens utilizadas foram distinguidas as seguintes classes, com diferentes graus de dificuldade e, em alguns casos, com o complemento de informação adicional obtida de outras fontes; os elementos

hipsográficos e limites não foram considerados neste estudo:

- **Elementos planimétricos:** Estradas de rodagem, ruas intra-urbanas, estradas de ferro, pontes e viadutos, linhas de alta tensão, pistas de pouso, áreas de construções rurais isoladas, áreas de mineração (extração de areia), áreas urbanas, fábricas, áreas institucionais, solo exposto;
- **Cobertura vegetal:** Áreas com vegetação densa, campo, culturas de inverno, culturas de verão (arroz);
- **Elementos hidrográficos:** Rios, corpos d'água.

A exatidão desta classificação foi avaliada aplicando o teste de Ginevan (1979) com 150 amostras de verdade terrestre escolhidas aleatoriamente. Esta avaliação revelou 5 erros de classificação, valor muito inferior à quantidade máxima de erros permitida pelo teste (Tabela 2).

Como já foi explicado na seção correspondente à Metodologia, a avaliação da exatidão geométrica do produto atualizado realizou-se através de uma transformação de similaridade. Os resultados mostrados na Tabela 3 (Vergara et al., 1995) indicam que tanto o erro global (representado pelo erro medio quadrático) como o erro individual em 8 dos 9 pontos utilizados, estão abaixo dos 25 m impostos como tolerancia pela legislação brasileira para cartas topográficas na escala 1:50.000 (Brasil, 1986). Quanto ao ponto restante, ele apresenta um erro que supera à tolerância em apenas alguns centímetros.

4. CONCLUSÕES

Os resultados da avaliação estatística indicam que as imagens digitais HRV-SPOT processadas no SITIM permitem realizar um mapeamento temático de considerável riqueza de detalhes e, conseqüentemente, são uma boa fonte de informação para mapear as classes definidas no desenvolvimento desta pesquisa. Porém, não dispensam as fontes de dados complementares e apresentam maiores restrições no referente ao padrão estabelecido pelas convenções cartográficas (Brasil, 1975).

Quanto aos resultados da avaliação da exatidão geométrica, eles mostram que as imagens HRV-SPOT com nível 1B de processamento podem ser usadas para atualizar cartas topográficas na escala 1:50.000, desde que

TABELA 3
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO GEOMÉTRICA
DO PRODUTO CARTOGRÁFICO ATUALIZADO

PC	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔP (m)	18.17	22.14	25.61	17.85	11.86	12.89	21.15	6.36	5.1
EMQ(m) = 18.083									

FONTE: Vergara et al. (1995).

a geometria desses dados seja refinada através de um bom registro imagem/carta. Entretanto, deve-se levar em conta que tais resultados foram conseguidos para um módulo de 10 km x 10 km e que eles também dependem de fatores tais como as características da área de estudo e das imagens utilizadas, bem como da quantidade, qualidade e distribuição espacial dos pontos de controle utilizados para o registro e para a avaliação da exatidão geométrica do produto atualizado. Portanto, deve-se alertar sobre a conveniência de conferir estes resultados com novos estudos (Vergara et al. 1995).

Com base na anterior análise dos resultados obtidos cabe, portanto, concluir que a metodologia aplicada mostra-se, em si mesma, idónea para a atualização de cartas topográficas na escala de 1:50.000 e menores, ainda que com algumas restrições como consequência das limitações que em diferentes medidas apresentam as imagens utilizadas. Portanto, considera-se conveniente sugerir a elaboração de metodologias de atualização que permitam o aproveitamento dos produtos de Sensoriamento Remoto orbital e também o uso de fotografias aéreas, que estariam destinadas a servir de fonte de informação complementar naquelas áreas onde o conteúdo informativo das imagens orbitais resultasse insuficiente.

Nesse sentido, uma alternativa seria a digitalização de aerofotos por meio de um "scanner", sua correção geométrica e seu posterior ingresso num Sistema de Informações Geográficas com vistas à sua integração com os dados orbitais (li et al., 1989). Assim, a combinação de dados de diferentes fontes teria o objetivo de obter a totalidade do conteúdo informativo a ser incluído no documento cartográfico. Numa última etapa seria avaliada a exatidão da classificação temática representada na carta atualizada e também seria realizada uma avaliação da sua exatidão geométrica. Tais avaliações seriam mais rígidas numa primeira fase de sistematização dos procedimentos de

atualização, e tornar-se-iam gradativamente mais flexíveis à medida que se consolidasse o emprego eficiente da nova metodologia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, L.A. de. Possibilidades de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens do satélite SPOT. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, 11-15 out. 1988. Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER, 1988, v. 1, p. 245-252.
- Brasil. Ministério do Exército. Estado Maior do Exército. Convenções Cartográficas - Manual Técnico 1 e 2 Parte. Brasília, 1975.
- Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão de Cartografia. Cartografia e Aerolevantamento Legislação. Brasília, 1986. Cap. II, p. 26-27.
- Ferreira, N.A. Um sistema para atualização de documentos cartográficos em ambientes de microcomputadores. (Dissertação de Mestrado em Sistemas de Computação). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1988. 63 p.
- Gewandszajder, F. Aplicações da cartografia temática em Sensoriamento Remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, 11-15 out. 1988. Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER, 1988. v. 1, p. 258-266.
- Ginevan, M.E. Testing land use accuracy; another look. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 45(10):1371-1377, 1979.
- Gugan, D.J. Practical aspects of topographic mapping from SPOT imagery. Photogrammetric Record, 12(69):349-355, apr. 1987.
- li, F.A.M.; d'Alge J.C.L.; li, S.S.; Castellari.S.P.; Moraes Correia, V.R. de. Geocodificação de

imagens orbitais para utilização em sistemas de informações geográficas. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 14., Gramado, 21-26 maio 1989. Anais. v.2, p. 285-288.

Vergara, O.R.; Contreras Frau, A.; d'Alge, J.C.L. Actualización de cartas topográficas usando imágenes orbitales en un ambiente de microcomputadoras. In: Jornadas Internacionales sobre uso de computadoras en investigaciones científicas y técnicas, 2., Mendoza, 22-26 abril 1991. Memorias, v. 2, p. 211-217. Mendoza, EDIUM, 1991. São José dos Campos, INPE, 1992. (INPE-5409-PRE/1756).

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. Aceito para apresentação na Conferência Internacional de Cartografia, 17. Barcelona, 4-8 ago 1995.

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.