

# ATUALIZAÇÃO CARTOGRAFICA A PARTIR DE IMAGENS ORBITAIS: METODOLOGIA E ALGUNS RESULTADOS

Arlete Aparecida Correia Meneguette, Ph.D.  
Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT)  
UNESP - Campus de P. Prudente  
Departamento de Cartografia  
Rua Roberto Simonsen, 305  
19060 Pres. Prudente, SP

## RESUMO

O propósito deste artigo é o de apresentar resultados relativos ao potencial de imagens orbitais e fotografias espaciais para atualização cartográfica.

A metodologia utilizada aplica técnicas fotogramétricas aos dados obtidos por sensoriamento remoto, possibilitando, assim, a compilação e atualização de mapas topográficos e temáticos em escalas médias.

Imagens Landsat-TM e fotografias digitalizadas obtidas pela câmara métrica ZEISS foram corrigidas geometricamente, bem como utilizadas para a compilação de mapas convencionais em forma digital. Técnicas de processamento digital de imagens foram aplicadas sobre as imagens cobrindo áreas localizadas na França, Líbia e Brasil.

A exatidão cartográfica dos mapas digitais foi checada e o conteúdo informativo averiguado qualitativa e quantitativamente. Os resultados obtidos são apresentados para cada uma das áreas-teste e a análise de tais resultados é também realizada.

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to present some results concerned with the potential of satellite imagery and space photography for map revision. Firstly, the methodology adopted is described.

Landsat-TM imagery and Metric Camera photography have been used for the generation of image-maps as well as line-graph maps of test areas located in France, Libya and Brazil.

Enhancement techniques have been applied to the imagery, which was kept in digital form. Accuracy of such digital maps has been checked out and the amount and quality of information content assessed.

Results are presented for each of the test areas and analysis of such results is performed.

### 1. Introdução

A metodologia adotada quando da avaliação desenvolvida sobre imagens orbitais e fotografias espaciais, no tocante à potencialidade das mesmas para mapeamento topográfico e temático, é apresentada por Meneguette (1988b).

A restituição fotogramétrica de fotos espaciais analógicas foi realizada no restituidor analítico Kern DSR1.

As imagens orbitais e fotos digitalizadas foram avaliadas usando o monocomparador-plotter digital, desenvolvido por esta autora, que compreende uma série de programas instalados no processador de imagens I<sup>2</sup>S modelo 75 ligado a um VAX 11/750.

A plotagem foi executada no periférico gráfico Kern GPI usando software MAPS 200.

Os mapas gerados a partir de fotografias espaciais e imagens digitais, plotados nas escalas de 1:200.000, 1:100.000 e alguns na escala 1:50.000 foram comparados com os mapas existentes para as áreas-teste, com o objetivo de avaliar a quantidade e qualidade de feições culturais tanto para mapeamento quanto para atualização cartográfica.

Resultados já publicados provam que, apesar da exatidão geométrica e cartográfica estar dentro dos padrões requeridos, o conteúdo informativo das imagens é o fator predominante, o qual limita a aplicação de tais imagens para mapeamento em escalas médias.

Sendo assim, dando continuidade à apresentação de resultados, o presente artigo tem por finalidade detalhar a avaliação do conteúdo informativo presente nas imagens e nos mapas compilados a partir destas.

Este trabalho foi realizado no University College London (UCL), na Inglaterra e o apoio financeiro foi dado pelo CNPq (Meneguette (1988a)).

A implantação da metodologia e realização de testes estão sendo efetuadas na UNESP, Campus de P. Prudente, por Meneguette e Ferreira (1989). Este projeto é atualmente financiado pelo CNPq, Fundunesp e Fundap.

### 1.1 Mapas existentes

Vários mapas estiveram disponíveis para este estudo, cobrindo as áreas de interesse na França, Líbia e Brasil.

A França tem uma ampla seleção de mapas, embora nem todos eles cubram a área de estudo, que está localizada ao Norte de Marselha. Foram utilizados mapas nas escalas de 1:25.000, 1:100.000, 1:200.000 e 1:250.000.

Para a área-teste na Líbia, inicialmente somente mapas compilados em 1962 na escala de 1:50.000 estavam disponíveis, alguns dos quais cobrem as áreas de estudo de Zawiyat Al Majhub e Misratak. Posteriormente, neste estudo, obteve-se um mapa mais recente, produzido em 1979 para a região de Misratak.

A área-teste no Brasil está localizada em uma das regiões melhor servidas de mapas no Brasil, portanto, uma série de mapas puderam ser acessados. Mapas usados nesta avaliação foram produzidos em 1971, 1979 e 1984, nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000.

Entretanto, todos estes mapas são apresentados na forma gráfica convencional. Com a finalidade de obter uma versão digital dos mapas, foi necessário digitalizá-los na forma vetorial e então mostrá-los no monitor gráfico colorido de alta resolução.

### 1.2 Mapas recém-plotados

Os mapas nas formas gráfica e digital foram gerados para as áreas na França, Líbia e Brasil. Todos os mapas recentemente gerados a partir das imagens espaciais foram mantidos na forma digital, em se criando arquivos em disquete, disco rígido e fita magnética.

O conteúdo de tais mapas pode ser visto através de sua exibição em um monitor colorido, como imagens cartográficas, ou alternativamente eles podem ser traçados ponto-a-ponto nos planos gráficos.

Estes mapas podem ser sobrepostos com a imagem, precisamente registrados, ou simplesmente mostrados na tela, juntamente com um reticulado ou quaisquer anotações.

Os mapas digitais expostos no monitor colorido podem também ser fotografados ou mapas de traço ser plotados.

Os mapas gerados para a área da França foram derivados a partir de fotografias da câmara métrica (MC) instalada a bordo do Spacelab/Space Shuttle, assim como de imagens do Landsat, sensor Thematic Mapper (TM).

A área libanesa coberta pelas fotografias da câmara métrica foi plotada na escala de

1:50.000, com a finalidade de permitir a comparação direta com o mapa existente. Uma outra região foi plotada em 1:100.000 e as comparações foram feitas entre o mapa recentemente produzido e os mapas existentes datados de 1962 e 1979.

Para a área brasileira, mapas em escalas de 1:50.000 e 1:100.000 foram plotados a partir de imagens Landsat-TM, de forma a permitir uma comparação com os mapas existentes em tais escalas.

Originalmente, os mapas na forma gráfica foram traçados em cor, em uma tentativa de produzir uma versão similar àquela dos mapas existentes. Por conseguinte, a diferenciação nos mapas recentemente produzidos entre feições de classes distintas (tais como estradas, ferrovias e rios) podia ser feita pela associação do esquema de cores àquele mostrado nos mapas existente.

Para os mapas plotados no estereoplotter analítico, várias camadas (ou planos) de informação foram consideradas, cada uma delas mantendo informações específicas, tais como rede viária, drenagem, vegetação, etc.

A plotagem foi feita em plástico Ozatex, assim como em scribe coat, este último sendo um material mais estável.

## 2. Exatidão cartográfica dos mapas

Coordenadas de pontos de controle e pontos-teste foram medidos nos mapas existentes e nos compilados recentemente usando um digitalizador eletrônico. Averiguações posteriores foram feitas pelo emprego de um escalímetro.

Séries de coordenadas (X,Y) foram comparadas e o erro médio quadrático dos resíduos computados.

Os resultados apresentados para cada uma das áreas-teste indicaram que o apoio de campo tem um papel muito importante nos valores finais de exatidão.

De acordo com os padrões de exatidão cartográfica, os resultados obtidos para os pontos de controle, na maioria dos casos, se enquadram na precisão exigida para a escala 1:100.000, quando os mapas obtidos a partir de fotos da Câmara Métrica são considerados.

Para os mapas gerados a partir de imagens Landsat-TM, os padrões são atingidos para escalas variando de 1:50.000 a 1:100.000.

Para os pontos-teste, entretanto, os padrões de exatidão para escalas menores que 1:100.000 e em alguns casos 1:200.000 são alcançados por mapas gerados a partir de fotografias da Câmara Métrica, enquanto que para os mapas obtidos de imagens Landsat-TM cobrindo a área brasileira, encontramos padrões referentes às escalas de 1:130.000 até 1:300.000.

Outra forma de produto cartográfico gerado neste estudo é a de mapas-imagem. Imagens Landsat-TM e fotos digitalizadas cobrindo a área francesa foram utilizadas para a geração de mapas-imagem, em se

corrigindo geometricamente as mesmas com respeito ao mapa digitalizado.

Mapas-imagem em forma digital foram posteriormente complementados pela adição de informações gráficas extraídas de mapas já existentes e de mapas digitais recentemente produzidos. Técnicas de realçamento foram também efetuadas nas imagens.

Os resultados da aplicação da correção geométrica demonstraram que o erro médio quadrático entre 0.30 e 0.24 pixel, que correspondem a  $\pm 11.7$  e  $\pm 7.2$  metros, respectivamente, podem ser obtidos a partir de imagens do Landsat-TM.

Isto seria o suficiente para atingir os padrões de exatidão dos mapas nas escalas de 1:25.000 e 1:50.000.

Para a fotografia obtida pela Câmara Métrica, a qual foi digitalizada, entretanto, os resultados obtidos foram de 0.52 pixel ou  $\pm 10.4$  metros, devido à imagem ter sido sub-amostrada previamente à correção geométrica. Apesar disto, os critérios de precisão para o mapeamento na escala de 1:50.000 deveriam ser atingidos.

Embora os erros médios pudessem indicar uma admissível escala cartográfica um tanto otimista para aplicação ao mapeamento topográfico, isto seria ilusório, uma vez que somente pequenas áreas de um imagem completa foram consideradas e poucos pontos foram utilizados.

### 3. Conteúdo informativo dos mapas

Resultados similares aos de outros pesquisadores foram encontrados no presente estudo, seguindo uma certa tendência em direção a um aumento na detectabilidade como uma função da resolução espacial, mas principalmente devido à capacidade multiespectral do sensor empregado.

#### 3.1 Área francesa

Foram utilizadas fotografias da câmara métrica para a geração de mapas na escala 1:100.000, cobrindo a área-teste européia em estudo, próxima de Marselha.

Um destes mapas foi reduzido para a escala de 1:200.000, de forma que servisse como uma ilustração com referência a um mapa já existente.

Os mapas resultantes mostram feições culturais e de drenagem, tais como estradas, ferrovias, reservatórios, aeroportos, rios, represas, lagoas, estádios e pistas de corrida automobilística, canais, lagos e parques industriais, com seus tanques e grandes edificações.

As trilhas podem ser representadas na imagem dependendo das circunvizinhanças. Deste modo, se o contraste é pobre, até mesmo as estradas podem parcialmente desaparecer. As auto-estradas se sobressaíram muito bem na imagem, permitindo que a plotagem fosse feita em quase toda a extensão, embora, como já demonstrado, no mapa em 1:200.000, estejam faltando algumas partes.

Isto também foi notado para outras feições, principalmente nas áreas onde há alto relevo e portanto a presença de sombras. É também muito difícil estabelecer as fronteiras das áreas urbanas, mas algumas estradas da malha viária urbana podem ser representadas. Também puderam ser vistas e extraídas da imagem as edificações.

Um grande número de feições relevantes pode ser detectado nas fotos, mas estão faltando proporções muito significativas das informações ou estas não aparecem claramente, indicando que a especificação presente não é adequada para uma confiável atualização cartográfica em 1:100.000.

Mapas nas escalas de 1:200.000 e 1:250.000 poderiam ser gerados, mas ainda assim não conteriam todas as informações exigidas em tais escalas.

Com respeito à imagem digital, quando olhada no monitor colorido em resolução total, a imagem do Landsat-TM parece ter muito mais detalhes do que as fotografias da câmara métrica. Aliado a isto, as capacidades multiespectrais do Landsat-TM somam uma maior vantagem sobre as fotos espaciais.

A primeira impressão é confirmada em se comparando os trechos plotados gerados de ambas as fontes de informação, utilizando os recursos de aquisição de dados digitais do restituidor analítico e de monocomparador-plotter digital, respectivamente.

Os dados obtidos pelo emprego do monocomparador-plotter digital podem ser mostrados sobre a imagem por meio da facilidade de sobreposição gráfica de informações, de modo a permitir que a checagem seja executada e que haja correção de omissões ou erros.

Estes mapas gerados recentemente foram comparados com os mapas existentes do IGM - França, datados de 1979 e 1983.

Técnicas de realçamento aplicadas a várias combinações de bandas das imagens espaciais permitiram que fossem visualizadas mais facilmente certas feições.

O realçamento, entretanto, não acrescenta nenhuma informação adicional além da que já existe na imagem, simplesmente faz o trabalho de interpretação tornar-se mais fácil para o operador.

É válido mencionar que a avaliação visual da qualidade da imagem é um processo muito subjetivo e geralmente requer alguma tentativa-e-erro, antes que se considere uma abordagem particular de processamento de imagens.

Em resumo, as combinações coloridas do Landsat-TM, que produziram os melhores resultados foram: bandas 7, 4 e 3 e bandas 4, 3 e 2. As técnicas de realçamento bastante simples mas efetivas foram um contrast-stretch linear e um variante espacial. Outro método que se mostrou muito útil principalmente em áreas densamente cobertas por vegetação, foi a técnica que emprega índices de vegetação (Downman et al, 1985).

### 3.2 Área libanesa

Quando os mapas existentes da área libanesa na escala 1:50.000 são comparados com os recentemente produzidos a partir de fotos espaciais, a quantidade de informações que é mostrada é excepcional e sua importância é ainda maior quando é considerado que, inicialmente, os únicos mapas disponíveis para aquela área datam de 1962.

Ocorreram muitas modificações nesta região desde então, assim os detalhes plotados mostram novas feições não incluídas nos mapas já existentes, tais como as marinas no porto, grandes edificações, estradas e trilhas, alguns dos quais aparecem no mapa mais recente de 1971.

Parcelas de terra correspondem muito bem aos limites existentes das fazendas dos mapas desatualizados, o mesmo se aplicando à algumas estradas, que já existiam. Novas estradas, entretanto, foram construídas adjacentes às existentes e foram plotadas com dificuldade. O único problema, com respeito à interpretação, está na diferenciação entre algumas das cercas e ruas ou trilhas, que parecem muito similares.

A resolução espacial das fotos espaciais é suficiente para permitir a detecção de um grande número de feições relevantes para quem desejar monitorar ou registrar as alterações no meio rural.

Por outro lado, a ausência de certeza sobre proporções significantes do conjunto de informações sugere novamente que a especificação presente não é completamente adequada para a atualização cartográfica.

### 3.3 Área brasileira

Os mapas derivados a partir das imagens do Landsat-TM para a área-teste brasileira (Fig. 1), que foram plotados em 1:50.000 e 1:100.000 mostram muitas mudanças que ocorreram durante o intervalo entre estes e os existentes datados de 1971.

Os mapas plotados recentemente foram comparados com mapas mais atuais datados de 1979 e 1984, mostrando que a maioria das feições nos mapas de escala 1:100.000 podem ser identificadas e plotadas com precisão.

Entretanto, nem todas as informações presentes nos mapas 1:50.000 de 1971 e 1984 podem ser extraídas das imagens.

Maiores mudanças são percebidas nas imagens tais quais retificações de cursos de rios, novas estradas, ampliação de áreas construídas, presença de novos locais industriais e residenciais, assim como clareiras nas áreas com vegetação para a implantação de rede de eletrificação.

### 4. Completitude dos mapas

Testes qualitativos foram realizados nos mapas em várias escalas, selecionando algumas amostras de feições culturais normalmente

encontradas em todas as escalas e comparando a extensão destas nos mapas recém-gerados com a quantidade encontrada nos mapas existentes.

As comparações foram efetuadas usando mapas em ambas as formas gráfica e digital para a área francesa e somente forma gráfica para as demais regiões.

No caso da comparação do produto gráfico, o método adotado foi o de sobrepor os mapas plotados em material transparente tal como papel vegetal e plástico Ozatex (de 0.005 polegadas de espessura) aos mapas existentes. O procedimento inverso, isto é, plotar o mapa digitalizado em papel transparente e sobrepor aos novos mapas, também foi adotado de forma a permitir a dupla checagem.

O comprimento das estradas foi extraído dos mapas diretamente, quando disponíveis; caso contrário utilizou-se um instrumento de medida de mapas e as leituras (em cm) eram transformadas numa escala particular do mapa que estava sendo medido.

Os mapas digitais também foram comparados por vários métodos. Um deles envolve a exposição das imagens cartográficas através de planos gráficos, que permitem diferentes combinações de cores. Empregando este método no qual cada tipo de feição é considerada por vez, podem ser vistos simultaneamente ambos os mapas, a saber os dados do mapa existente digitalizado vetorialmente e o mapa recentemente digitalizado a partir das imagens.

Uma vez que para cada um dos dados sendo mostrados são designadas cores diferentes, torna-se fácil saber que feição linear pertence a cada conjunto de dados (plano de informação).

Quando linhas correspondentes presentes em ambos os mapas estiverem mostradas na mesma localização, há uma mudança de cor que não necessariamente indica um registro.

Deve-se tomar cuidado ao selecionar as amostras de forma que as linhas circunvizinhas não interfiram com as que estão sendo consideradas.

Tabelas separadas foram produzidas para cada uma das áreas e dos sensores considerados; tais tabelas contêm os comprimentos das feições lineares, dadas em Km, para medidas feitas em mapas existentes e nos recentemente compilados.

Estes foram subdivididos em feições que foram classificadas correta e incorretamente. A diferença entre o comprimento das feições classificadas corretamente, que foram medidas nos mapas recém-plotados e nos existentes foi considerada o montante de informação não detectada.

Os resultados são apresentados em porcentagem ao comparar os comprimentos de feições presentes nos mapas existentes e nos plotados a partir de imagens espaciais.

Finalmente, uma tabela mais geral foi elaborada, na qual os números percentuais são dados com respeito a cada uma das classes das feições consideradas.

#### 4.1 Área francesa

Os métodos mencionados previamente foram usados com a finalidade de obter o comprimento (Km) das feições lineares de cinco classes principais:

- auto-estradas;
- rodovias principais;
- outras estradas, que foram subdivididas em: mantidas regularmente e não-mantidas regularmente, sendo que entre as mantidas regularmente fez-se uma distinção entre as com duas pistas ou mais e as com duas pistas estreitas ou menos;
- ferrovias, com duas subclasses: bitola simples e bitola dupla;
- corpos d'água: que foram subdivididos em: rios principais, rios secundários, sistemas de irrigação, limites dos lagos, costa marítima e canais;

É válido mencionar que existem duas situações envolvendo a plotagem com as fotos espaciais. Uma delas é que um mapa foi gerado em 1:100.000 (sigla "MC 100") e gravado digitalmente, portanto, a plotagem pode ser executada em qualquer escala, tal como a de 1:200.000 (sem realizar generalização cartográfica). Por outro lado, uma outra plotagem realizada a partir das fotos espaciais em 1:100.000 foi reduzida para 1:200.000 ("MC 200").

Deste modo, há pelo menos duas possibilidades de apresentação com relação às escalas dos mapas. Este é o motivo pelo qual serão apresentados dois resultados separados nesta seção.

Na Tabela 3, o tipo de feição referido como "estradas secundárias" inclui as mantidas regular e não-regularmente, enquanto que a categoria "ferrovias" inclui as subclasses bitola dupla e simples. "Corpos d'água" incluem todas as feições listadas como rios principais, rios secundários, sistemas de irrigação, limites de lagos, costa marítima e canais.

Tomando os comprimentos das feições medidas nos mapas IGH - França, como sendo de 100%, os valores percentuais foram computados (Tabelas 1 e 2) para o comprimento das feições nos mapas gerados a partir das fotos espaciais ("MC 100" e "MC 200") e imagens orbitais ("TH 100").

Os resultados de Completitude, das plotagens (em %) na escala de 1:100.000 obtidas a partir da imagem orbital cobrindo a área francesa, quando comparadas aos mapas existentes em escalas de 1:100.000 (IGH) e 1:200.000 (Michelin), são apresentados na Tabela 3. Somente as feições corretamente classificadas foram consideradas e os resultados individuais de cada uma das plotagens considerados.

Tabela 1  
Completitude (%) da plotagem em 1:100 000 usando fotos espaciais (MC)  
e imagens orbitais (TH), sobre a Área-teste francesa com  
respeito ao mapa do IGH em 1:100 000 compilado em 1963.

Tipo de feição	mapa a partir de fotos espaciais (MC 100 / MC 200)			mapa a partir de imagens (TH 100)		
	classificado			classificado		
	correto	incorreto	ausente	correto	incorreto	ausente
auto-estradas	88.4/88.4	0.0/0.0	11.6/11.6	100.0	0.0	0.0
rodovias principais	65.6/49.2	9.8/8.2	34.4/50.8	88.5	3.3	11.5
outras estradas						
<b>mantidas regularmente</b>						
2 ou > pistas	36.1/38.9	0.0/0.0	63.9/61.1	97.2	0.0	2.8
2 pistas estreitas	10.8/11.5	0.0/0.0	89.2/88.5	51.8	0.7	48.2
não-regularm. mantidas	47.4/52.6	0.0/0.0	52.6/47.4	68.4	0.0	31.6
<b>ferrovias</b>						
bitola dupla	31.2/25.0	0.0/0.0	68.7/75.0	84.4	0.0	15.6
bitola simples	30.0/30.0	0.0/0.0	70.0/70.0	0.0	0.0	100.0
<b>corpos d'água</b>						
rios principais	54.2/25.0	0.0/0.0	48.8/75.0	79.2	0.0	20.8
rios secundários						
& sist. de irrigação	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0/100.0	0.0	0.0	100.0
limites de lagos	95.8/95.8	0.0/0.0	41.7/41.7	95.8	0.0	41.7
costa marítima	100.0/100.0	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0	0.0	0.0
canais	100.0/100.0	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0	0.0	0.0

Portanto, para a área francesa, resultados de completamento de plotagem em escala 1:100.000 a partir das imagens espaciais, quando comparadas aos mapas existentes em escalas 1:100.000 (IGN) e 1:200.000 (Michelin), indicaram que o mapeamento confiável não poderia ser executado em escala de 1:100.000. Isto se deve à baixa percentagem de feições presentes nos mapas recentemente plotados.

Se forem considerados os valores dados nas tabelas apresentadas, nem mesmo o

mapeamento na escala de 1:250.000 poderia ser feito adequadamente. Foram obtidos melhores resultados com o Landsat-TM do que com as fotos da Câmara Métrica.

Entretanto, se forem feitas algumas restrições com relação aos tipos de feições para serem consideradas na avaliação, o mapeamento poderia ser realizado a partir de imagens orbitais em ambas as escalas de 1:100.000 e 1:200.000, enquanto que para a plotagem a partir das fotos espaciais, ainda seria mais adequada a escala de 1:250.000.

**Tabela 2**  
**Completitude (%) da plotagem em 1:100 000 usando fotos espaciais (MC)**  
**e imagens orbitais (TM) sobre a área-teste francesa com**  
**respeito ao mapa da Michelin em 1:200 000 compilado em 1983.**

Tipo de feição	mapa a partir de fotos espaciais (MC 100 / MC 200)			mapa a partir de imagens TM (TM 100)		
	classificado			classificado		
	correto	incorreto	ausente	correto	incorreto	ausente
auto-estradas	95.0/95.0	0.0/0.0	5.0/5.0	100.0	0.0	0.0
rodovias principais	72.7/54.5	10.9/9.1	27.3/45.4	98.2	3.6	1.8
outras estradas						
manutidas regularmente						
2 ou > pistas	65.0/70.0	0.0/0.0	35.0/30.0	100.0	0.0	0.0
2 pistas estreitas	18.7/20.0	0.0/0.0	81.2/80.0	90.0	1.2	10.0
não-regularm. mantidas	100.0/100.0	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0	0.0	0.0
ferrovias						
bitola dupla	31.2/25.0	9.4/0.0	68.7/75.0	84.4	0.0	15.6
bitola simples	30.0/30.0	0.0/0.0	70.0/70.0	0.0	0.0	100.0
corpos d'água						
rios principais	72.2/33.3	0.0/0.0	27.8/66.7	100.0	0.0	0.0
rios secundários						
& sist. de irrigação	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0/100.0	0.0	0.0	100.0
limites de lagos	100.0/100.0	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0	0.0	0.0
costa marítima	100.0/100.0	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0	0.0	0.0
canais	100.0/100.0	0.0/0.0	0.0/0.0	100.0	0.0	0.0

**Tabela 3**  
**Completitude (%) da plotagem em 1:100 000 ao se comparar mapas**  
**da área francesa (mapa do IGN em 1:100.000**  
**e mapa da Michelin em 1:200 000)**

tipos de feições	(Completitude, %)		
	MC 100	MC 200	TM 100
auto-estradas	88.4/95.0	88.4/95.0	100.0/100.0
estradas principais	65.6/72.7	49.2/54.5	88.5/98.2
estradas secundárias	35.4/70.9	38.9/72.5	71.5/97.5
ferrovias	30.6/30.6	27.5/27.5	42.2/42.2
corpos d'água	70.0/74.4	64.2/66.7	75.0/80.0

#### 4.2 Área libanesa

A plotagem recém realizada da área de Zawiyat Al Mahjub, na Líbia, na escala de 1:50.000 foi selecionada para este teste quantitativo, cujos resultados são mostrados na Tabela 4.

Foram adotadas as mesmas técnicas aplicadas para a área-teste francesa. Aqui quatro classes principais foram consideradas, uma vez que elas são mais adequadas à região em questão. Estas classes são:

- estradas asfaltadas ou estradas para todos os climas, as quais foram subdivididas em: estradas com duas ou mais pistas (com 5 metros de largura) e as com pista única (de 3 metros de largura);
- estradas de terra para todos os climas, as quais foram subdivididas em: estradas com duas ou mais pistas (com 5 metros de largura) e as com pista única (de 3 metros de largura);
- estradas de terra, para clima moderado ou seco;
- costa marítima

Uma quinta classe foi considerada, a qual inclui caminhos e trilhas, mas a dificuldade de diferenciação destas com os limites de campo e das cercas, impediu um teste quantitativo seguro e confiável.

Uma opção teria sido sobrepor o mapa recém-plotado ao existente e comparar as feições lineares, de forma que se considerassem aqueles que se registrassem. Contudo, foram detectadas e plotadas a partir de fotos espaciais uma grande quantidade de feições lineares, que não são apresentadas no mapa de 1962.

Portanto, para considerar somente as linhas que verdadeiramente correspondem àquelas plotadas no mapa existente poderia não ser representativo do potencial das fotos espaciais para este tipo de feição linear.

Chega-se a conclusões similares da área francesa com a área libanesa, para as quais plotagens com as fotos espaciais foram preparadas em escalas de 1:50.000 e 1:100.000. O mapeamento em escalas médias, entretanto, não deveria ser executado a partir desta fonte de dados, visto que a quantidade de informações ausentes estariam além dos limites aceitáveis, mesmo para países em desenvolvimento, tão carentes de mapas.

Fotografias espaciais poderiam ser usadas ao se estabelecer áreas de prioridade para a atualização cartográfica, mas não para um mapeamento topográfico confiável.

#### 4.3 Área brasileira

Similarmente às regiões já discutidas anteriormente à esta seção, realizou-se uma análise quantitativa para a área brasileira.

Aqui, usou-se uma plotagem a partir de imagens do Landsat-TM, na escala de 1:100.000 ("TM 100"), a fim de medir a extensão das feições em Km, pertencentes às seguintes classes:

- estradas asfaltadas para todos os climas, com duas ou mais pistas;
- estradas de terra, subdividida em rodovias para todos os climas e as para climas moderados ou secos;
- ferrovias de bitola simples;
- corpos d'água, subclassificados como: rios principais, rios secundários, afluentes e reservatórios e finalmente áreas sujeitas à inundação;
- linhas de transmissão, as quais poderiam ser prognosticadas por clareiras nas áreas cobertas por vegetação.

Tabela 4  
completitude (%) da plotagem a partir de fotos espaciais da área libanesa em escala 1:50.000 comparada ao mapa de 1962 na mesma escala

tipo de feição	classificado		
	correto	incorreto	ausente
-----			
<u>estradas asfaltadas (all weather)</u>			
2 ou > pistas	100.0	0.0	0.0
1 pista	0.0	0.0	100.0
<u>estrada de terra (todo clima)</u>			
2 ou > pistas	0.0	0.0	100.0
1 pista	90.5	4.8	9.5
<u>estrada de terra</u> (tempo moderado ou seco)	15.4	0.0	84.6
<u>costa marítima</u>	100.0	0.0	0.0
-----			

Tabela 5  
**Completitude (%) da plotagem a partir de imagens orbitais da área brasileira em escala 1:100.000 comparada aos mapas de 1984 e 1979 nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000**

tipo de feição	classificado		
	correto	incorreto	ausente
<u>estrada asfaltada</u>			
2 ou > pistas	92.3/100.0	0.0/0.0	7.7/0.0
<u>estrada de terra</u>			
(todos os climas)	42.9/73.0	0.0/0.0	57.1/26.9
<u>estrada de terra</u>			
(tempo moderado ou seco)	11.0/ -	0.0/ -	89.0/ -
<u>ferrovias</u> (bitola simples)	36.4/44.4	0.0/0.0	63.6/55.6
<u>corpos d'água</u>			
rios principais	81.5/100.0	0.0/0.0	18.5/0.0
rios secundário, afluentes & reservatórios	66.8/50.9	3.3/5.4	33.2/49.1
várzeas	30.8/ -	0.0/ -	69.2/ -
<u>linhas de transmissão</u>	30.0/ -	0.00/ -	70.00/ -

Como foi afirmado anteriormente, mapas na escala 1:50.000 estiveram disponíveis para a região-teste, a qual está localizada nas proximidades de Santana de Parnaíba, SP. O mais recente de tais mapas, compilado em 1984 foi selecionado ("1984 50"). Somado a este também foi usado nesta avaliação um mapa na escala 1:100.000, datado de 1979 ("1979 100"). A Figura 2 mostra mapas na escala de 1:100.000, enquanto a Figura 3 apresenta mapas em 1:50.000.

Resultados de completitude para a plotagem com uso de imagens orbitais comparados aos mapas existentes são apresentados na Tabela 5, para feições que foram classificadas correta e incorretamente, assim como para as informações ausentes.

Para a área-teste brasileira, que foi coberta unicamente pelas imagens do Landsat-TM, o teste quantitativo mostrou que apesar dos excelentes resultados de exatidão geométrica obtidos previamente, não se deveria executar nem o mapeamento na escala 1:50.000 nem na escala de 1:100.000.

A identificação parcial, senão a ausência total de feições culturais importantes para o mapeamento topográfico e atualização cartográfica podem fazer este conjunto de dados não adequado para tal aplicação em escalas médias.

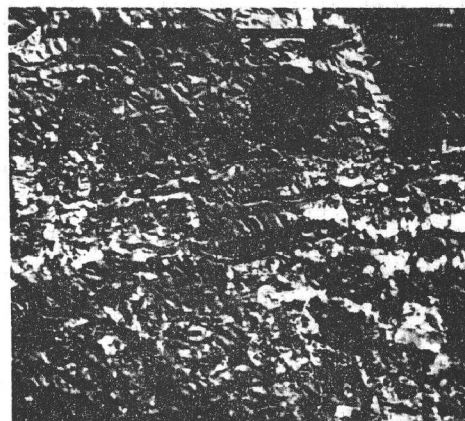
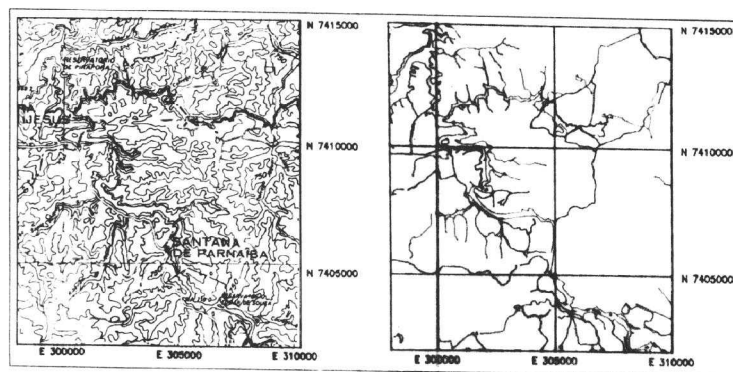


Fig. 1 - Imagem do Landsat-TM sobre a área-teste brasileira

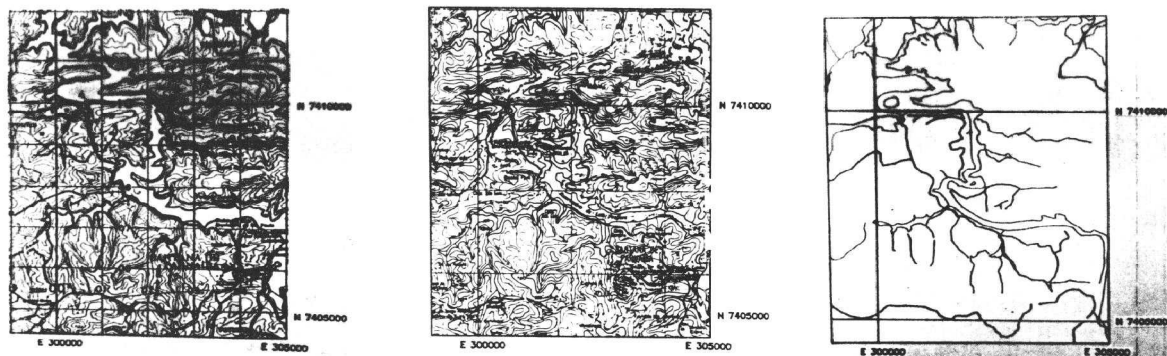




Mapa existente (1979)

Novo mapa (1987)

Fig. 2 - Mapas em 1:100.000 da área-teste brasileira



Mapa existente (1971)

Mapa existente (1984)

Novo mapa (1987)

Fig. 3 - Mapas em 1:50.000 da área-teste brasileira

## 5. Conclusões

Foram apresentados neste estudo a exatidão cartográfica, o conteúdo informativo e os resultados de completude ("completeness") dos mapas produzidos a partir de imagens orbitais e fotografias espaciais, comparados aos mapas existentes em escalas 1:200.000, 1:100.000 e 1:50.000.

Os resultados foram dados para cada uma das áreas-teste, na França, Líbia e Brasil e um ponto em comum tornou-se evidente: embora a exatidão cartográfica e geométrica estejam dentro dos padrões exigidos, o conteúdo informativo das imagens provou ser o fator limitante e dominante.

De acordo com o ponto de vista desta autora, deveriam ser realizadas cada vez mais pesquisas sobre a exatidão cartográfica e o conteúdo informativo, visto que poucos trabalhos se acham disponíveis na literatura.

A implantação da metodologia aqui descrita e a realização de testes qualitativos e quantitativos tem sido efetuada por Meneguette e Ferreira (1989) na UNESP - Campus de P. Prudente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Cartografia.

Pesquisas prosseguem atualmente quanto às Aplicações Cartográficas de Imagens Orbitais (Meneguette, 1990) no bojo do convênio INPE/UNESP.

## Agradecimentos

A autora é grata à Sra. Arlene M. S. Correia Santos. Este trabalho foi financiado pelo CNPq e conta ainda com apoio da FUNDAP e FUNDUNESP.

## Referências bibliográficas

Downen, I. J.; Gagan, D. J.; Meneguette, A. A. C. Techniques for mapping and map revision using digital imagery from space. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 26(4):529-537, 1986.

Meneguette, A. A. C. Cartographic accuracy and information content of space imagery for digital map compilation and map revision. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 27(B4):246-255, 1988a.

Meneguette, A. A. C. Exatidão cartográfica e conteúdo informativo de imagens de satélite para compilação e revisão de mapas digitais. In: V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, 11-15/10/1988. Anais, INPE, S. J. dos Campos, v. 1, p. 232-235, 1988b.

Meneguette, A. A. C. e Ferreira, E. C. Implantação de um sistema de cartografia digital automatizada. In: I Congresso de Bolsistas de Iniciação Científica, Araraquara, SP, 29-31/10/1989. Anais (resumo) p. 65. 1989.

Meneguette, A. A. C. Aplicações cartográficas de imagens SPOT. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, S. Paulo, SP, 23-25/06/1990. Anais (no prelo). 1990.