

## CONFECÇÃO DE CARTA AERONÁUTICA VISUAL A PARTIR DE IMAGENS LANDSAT - TM

Carlos Alberto Gonçalves de Araújo  
Instituto de Cartografia Aeronáutica  
Av. General Justo, 160  
20.021-010 - Rio de Janeiro - RJ

### RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma metodologia utilizada no Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) para a confecção das Cartas Aeronáuticas Visuais a partir de imagens do satélite LANDSAT-TM, visando cumprir com o seu programa de mapeamento sistemático, principalmente, na Região Amazônica. Para tanto, apresentamos todo o envolvimento do ICA com relação à utilização das imagens de satélites no processo de confecção das Cartas VFR, desde os primeiros trabalhos de atualização cartográfica até o desenvolvimento de uma metodologia de elaboração da carta-imagem em todas as suas fases - da aquisição até a impressão final da carta-, empregando um sistema gráfico interativo da Intergraph.

### ABSTRACT

The aim of this work is to present a methodology which has been used at the Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) to make Aeronautical Visual Charts from satellite images in order to accomplish its systematic mapping program mainly in Amazonian Region.

We present all the ICA involvement related to utilization of the satellite images in the process of making VFR Charts. The ICA operations related to the use of satellite imagery to product VFR Charts are presented, from the first cartographic updating works to the development of a methodology of elaboration of a space map in all its steps - from the acquisition phase to the final chart printing - utilizing an Intergraph interactive graphic system.

### 1. HISTÓRICO

A primeira tentativa de utilização de imagens de satélite para confecção de Cartas Aeronáuticas Visuais (VFR) aconteceu em 1980, através da Carta Aeronáutica de Pilotagem, escala 1:250.000, de Volta Redonda, onde se utilizaram os produtos do sensor **Multispectral Scanner** (MSS) do Satélite LANDSAT.

Este trabalho foi realizado a partir de uma ação conjunta entre a então Divisão de Cartografia e Informações Aeronáuticas (D-CIA), da Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo (DEPV), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Entretanto, na época, adotou-se uma política de confecção de Cartas VFR pelo método convencional de compilação e a idéia de utilização de imagens foi temporariamente abandonada, principalmente por falta de recursos humanos e materiais, muito embora, com o resultado do trabalho, ficou marcante que a Cartografia Aeronáutica não poderia abrir mão das imagens de satélites para cumprir o seu programa de mapeamento sistemático do País com Cartas VFR.

Sendo assim, em 1985, o ICA passou a utilizar, de maneira efetiva, as imagens LANDSAT-TM para fins de atualização das Cartas VFR, situação que permanece até os nossos dias.

Entretanto, apenas em 1990, visando mapear, principalmente, a Região Amazônica, onde existem muitas áreas ainda não mapeadas pela dificuldade da realização do vôo fotogramétrico, o ICA partiu para a confecção de carta-imagem utilizada para apoio à navegação aérea.

Como o Instituto não possuía os meios necessários para executar todas as fases da carta-imagem, inicialmente contrataram-se os serviços de mosaicagem e correção da imagem com a iniciativa privada e, em 1993, foi impressa a Carta-Imagem de Vila Bittencourt, na escala de 1:250.000.

Mais tarde, com a aquisição de equipamento e formação de pessoal, o ICA passou a elaborar a carta-imagem em todas as fases, desde o seu processamento, envolvendo operações de georreferenciamento, contraste, mosaicagem, até a geração dos fotolitos para impressão.

## 2. SITUAÇÃO ATUAL

O ICA é o órgão do Ministério da Aeronáutica responsável, entre outras atividades, pela produção de Cartas VFR.

As Cartas Aeronáuticas Visuais são produzidas pelo processo de compilação, com a utilização das cartas topográficas do mapeamento sistemático, produzidas pelo IBGE e pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), dando origem a um mosaico da região a ser mapeada. Este produto é atualizado através de documentos cartográficos disponíveis, tais como as imagens oriundas de satélites de recursos naturais, como o LANDSAT, pois são atualizadas e acessíveis.

Entretanto, em determinadas regiões no País, não existe o mapeamento em escalas compatíveis, inviabilizando a confecção das Cartas VFR pelo método da compilação. Nessa situação, temos a Região Amazônica, onde se adotou o processo de confecção de cartas VFR a partir de imagens do sensor **Thematic Mapper** (TM) do Satélite LANDSAT.

## 3. METODOLOGIA

A carta-imagem consiste, basicamente, na utilização de várias imagens de satélites combinadas em composição colorida, corrigidas geométrica e radiometricamente, mosaicadas, submetidas a realces das feições de maior interesse e complementadas com informações aeronáuticas. Tendo em vista as cartas-imagem serem confeccionadas nas escalas 1:250.000 e 1:500.000, o ICA utiliza as imagens do sensor LANDSAT-TM que atende perfeitamente às necessidades de precisão cartográfica (ARAUJO, 1986).

Na metodologia de confecção, o primeiro passo é fazer uma boa seleção de imagens. Após a aquisição das imagens, dois caminhos podem ser seguidos, de modo paralelo: confecção do tema aeronáutico e geração do mosaico de imagens. Posteriormente, é feita a junção do arquivo raster (mosaico) com o arquivo vetorial (tema aeronáutico) e gerados os quatro arquivos correspondentes às cores de impressão CMYK para serem gravados em filme no **photoplotter**.

Finalmente, os fotolitos são encaminhados à imprensa técnica do Parque de Material de Eletrônica - PAME, para fins de impressão.

A seguir, será apresentada uma descrição detalhada das fases necessárias para a confecção da carta-imagem, conforme podemos verificar na figura 1.

### 3.1 - AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

Após a definição da área de trabalho, o ICA solicita junto ao INPE uma relação de imagens. As imagens são escolhidas obedecendo a determinados

parâmetros, tais como: cobertura de nuvens, data de aquisição da imagem, visibilidade, entre outros. Para a confecção da carta-imagem, o ICA vem adquirindo as imagens digitais em CD-ROM, e o tempo de espera é, aproximadamente, de 40 dias.

### 3.2 - ARQUIVO VETORIAL

O procedimento de geração do arquivo vetorial é independente da obtenção das imagens, pois é uma tarefa que pode ser iniciada a partir da definição da área de trabalho.

Cabe ressaltar que o trabalho foi desenvolvido em ambiente **Intergraph** e utilizaram-se os **software da família MGE**, tais como: **Imager**, **Projection Manager**, **Microstation**, entre outros e o **Map Publisher** para a geração dos arquivos de impressão.

#### 3.2.1 - DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS CARTOGRÁFICOS

Para a confecção da carta-imagem é necessário que sejam definidos os parâmetros cartográficos que serão utilizados no trabalho.

Para tanto foi utilizado o aplicativo **MGE (Coordinate System Operations)**, para a definição do sistema de projeção, datum, elipsóide de referência, unidades de medida, resolução, escala da carta, entre outros necessários para a geração da rede cartográfica.

#### 3.2.2 - REDE CARTOGRÁFICA

Esta etapa é formada pela elaboração das redes geográfica e **Universal Transversa de Mercator (UTM)**. Para a criação da rede é necessário definir os limites da carta através das coordenadas dos cantos superior direito e inferior esquerdo, espaçamentos das cruzetas, tamanho das quadriculas, estilo e peso das linhas, entre outros. No caso da Projeção UTM, definir o hemisfério e a zona; se a Projeção for de Lambert, determinar os paralelos padrões, as coordenadas de origem da carta, preferencialmente a sua metade.

A partir desta fase já possuímos um documento cartográfico georreferenciado.

#### 3.2.3 - TEMA AERONÁUTICO

Inicialmente, para a confecção do tema aeronáutico é feito uma consulta em um banco de dados com a finalidade de obter-se um relatório com todas as informações aeronáuticas da área de interesse. Através das coordenadas e com o auxílio da biblioteca de células, as informações aeronáuticas são inseridas, uma a uma, na rede cartográfica. Cabe ressaltar, que, para a obtenção das linhas isogônicas, o ICA possui um arquivo vetorial dessas linhas (mapa de isogônicas). Através do **Projection Manager** é feito uma conversão do mapa de isogônicas com a rede cartográfica, isto é,

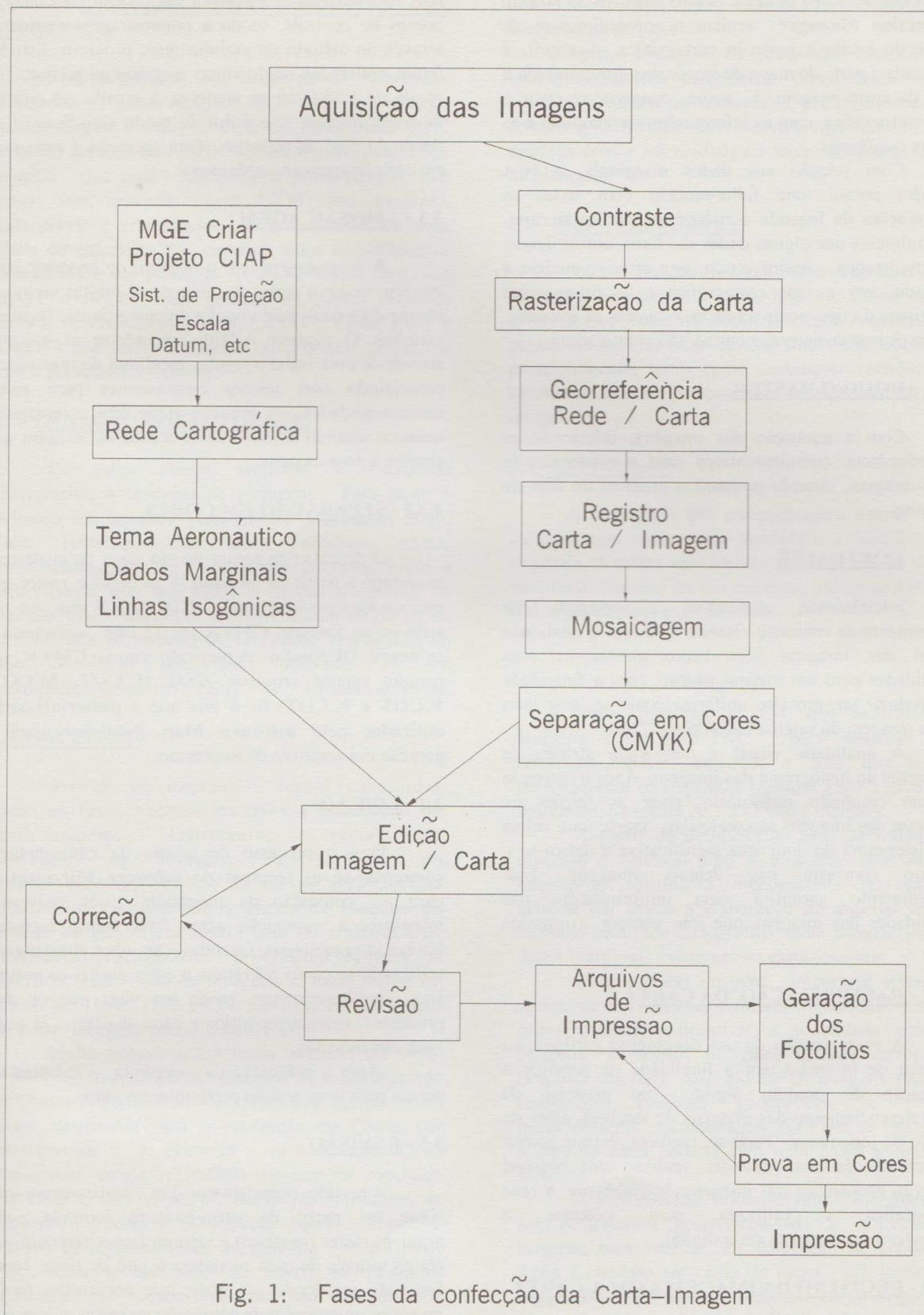


Fig. 1: Fases da confecção da Carta-Imagem

uma espécie de merge entre os dois arquivos. O próprio **Projection Manager** realiza os procedimentos de ajuste de escala e projeção cartográfica. A seguir, é recortada a parte do mapa de isogônicas que extrapola a área da carta-imagem. E, assim, consegue-se obter a rede cartográfica, com as informações aeronáuticas e as linhas isogônicas.

Com relação aos dados marginais, o ICA também possui uma folha-modelo com todas as informações da legenda e rodapé na escala da carta. Naturalmente que alguns dados são fixos, outros devem ser atualizados. Assim sendo, este arquivo-modelo é ajustado com a rede cartográfica e as informações marginais do tipo nome da carta, esquema de imagens, índice de nomenclatura, e outras, são atualizadas.

### **3.3 - ARQUIVO RASTER**

Com a aquisição das imagens, iniciam-se os procedimentos complementares para a confecção da carta-imagem, visando preparar o mosaico da área de trabalho.

#### **3.3.1 - CONTRASTE**

Inicialmente, executa-se a operação de realçamento de contraste visando melhorar a qualidade visual das imagens bem como ajustar as suas tonalidades para um mesmo padrão, com a finalidade de produzir um mosaico uniforme como se fosse uma única imagem do satélite LANDSAT-TM.

A qualidade visual é melhorada através de operações no histograma das imagens. Após a obtenção de um resultado satisfatório, onde as feições de interesse das imagens são realçadas, faz-se uma coleta do histograma de uma área significativa e aplica-se o mesmo contraste nas demais imagens. Este procedimento garantirá uma uniformização nas tonalidades das imagens que irão compôr o mosaico final.

#### **3.3.2 - RASTERIZAÇÃO DA CARTA**

A rasterização de um documento cartográfico da área de interesse tem a finalidade de permitir a utilização do produto digital no processo de georreferenciamento das imagens de satélites, além da edição da toponímia. Pode-se, também, extrair pontos de controle da carta visando realizar uma possível correção geométrica das imagens. Inicialmente, a rede cartográfica é utilizada para executar o georreferenciamento da carta digital.

#### **3.3.3 - REGISTRO DA IMAGEM COM A CARTA**

A operação de registro é executada a partir da extração de pontos identificáveis tanto na imagem quanto na carta digital. O modelo matemático que o

ICA tem utilizado é a transformação afim com quatro pontos de controle, sendo a reamostragem executada através do método do vizinho mais próximo. Estudos foram realizados no Instituto e constatou-se que, na escala de 1:250.000 ou menores, a escolha do método de reamostragem não influi de modo significativo no resultado final do trabalho. Esta operação é executada em cada imagem separadamente.

#### **3.3.4 - MOSAICAGEM**

A mosaicagem tem o objetivo de produzir uma imagem maior a partir de imagens de órbitas vizinhas, mantendo a qualidade visual e a geometria das imagens vizinhas. O mosaico é feito juntando-se as imagens através de uma linha irregular escolhida de preferência coincidindo com feições contrastantes para evitar descontinuidades. A próxima etapa será o recorte do mosaico visando obter somente a área da imagem que contém a área da carta.

#### **3.3.5 - SEPARAÇÃO EM CORES**

O processo de separação em cores do mosaico é executado a partir da preparação do arquivo raster que está no formato Intergraph .RGB de 24 bits, em um arquivo no formato CMYK de 32 bits utilizando o software **DP Studio**. A partir do arquivo CMYK, são gerados quatro arquivos .COT (C.COT, M.COT, Y.COT e K.COT) de 8 bits que a posteriori serão utilizados pelo software **Map Publisher** para a geração dos arquivos de impressão.

#### **3.4 - EDIÇÃO**

Para o processo de edição da carta-imagem empregam-se os recursos do software **Microstation** para a colocação da toponímia dos elementos relevantes à navegação aérea, tais como: estradas, limites internacionais, fazendas, caminhos entre outros, utilizando-se como referência a carta digital da mesma área, simultaneamente, tendo em vista que os dois produtos - tema aeronáutico e carta digital - já estão georreferenciados.

Após a colocação da toponímia, a carta estará pronta para uma revisão preliminar no vídeo.

#### **3.5 - REVISÃO**

A revisão propriamente dita é realizada em uma cópia em papel da carta-imagem formada pelos arquivos raster (mosaico) e vetorial (tema aeronáutico), obtida através de uma plotadora à jato de tinta. Nesta fase, são verificados os erros que porventura foram inseridos no processo de confecção da carta, tais como: nome incorreto ou tipo fora do padrão, entre outros.

Após as correções necessárias, preparam-se os arquivos de impressão.

### 3.6 - GERAÇÃO DOS ARQUIVOS DE IMPRESSÃO

Para a geração dos arquivos de impressão, utilizam-se os quatro arquivos .COT (tom contínuo) do mosaico digital e todos os arquivos no formato .RLE (binário) gerados através do software *Interplot*. Cabe ressaltar que cada feição do arquivo vetorial, tais como: rios, estradas, grid UTM, por exemplo, corresponde a um arquivo .RLE e através de uma tabela de especificações, contém todos os parâmetros necessários à sua plotagem. A partir destes arquivos (.COT e .RLE) são gerados os quatro arquivos CMYK (CYAN.COT, MAGE.COT, YELL.COT e K.COT) que serão utilizados no processo litográfico para a geração dos fotolitos.

### 3.7 - GERAÇÃO DOS FOTOLITOS

De posse desses arquivos, é executado efetivamente o processo de plotagem. Para tanto é utilizado, um scanner photoplotter *Optronics 5040*. Cabe ressaltar, que cada arquivo ocupa, aproximadamente, 250 Mb de espaço em disco rígido, e naturalmente que este valor é função da escala do produto final. Através de um gerenciador de plotagem são definidos os parâmetros, tais como: resolução - no caso do ICA tem sido utilizado 25 µm (aproximadamente 1016 DPI) - formato de filme,

## 4. CONCLUSÃO

Através da impressão, foram concluídas todas as fases necessárias para a confecção da carta-imagem. Entretanto, o recurso da utilização de imagens de satélites no mapeamento sistemático de cartas aeronáuticas visuais foi vislumbrado a partir de meados da década de 80, inicialmente com os trabalhos de atualização cartográfica, utilizando técnicas de interpretação visual de imagens e, mais tarde, no início de 1990, com os estudos para confecção da carta-imagem propriamente dita.

Muito embora o ICA tenha iniciado, em 1990, o desenvolvimento de um processo de automatização de Cartas Aeronáuticas - os primeiros equipamentos foram destinados para a confecção de Cartas por Instrumentos - a primeira carta-imagem (Vila Bittencourt, escala 1:250.000) somente foi concluída em 1993 e mesmo assim, devido às limitações de equipamento, com a contratação junto à iniciativa privada de algumas fases do trabalho. A partir de 1995, com a aquisição de novos equipamentos destinados ao desenvolvimento do Sistema de Automatização das Cartas Visuais, o ICA passou a criar uma metodologia para a confecção da carta-imagem desde a aquisição das imagens até a sua impressão.

nome do arquivo, entre outros necessários para a execução do serviço.

Após a plotagem, os filmes são revelados em uma processadora automática. Nesta etapa alguns cuidados precisam ser observados, principalmente com relação à velocidade de revelação, que precisa estar ajustada com a intensidade do laser utilizado na fase de plotagem.

### 3.8 - PROVA EM CORES

Após a geração dos fotolitos é feita uma prova em cores em cromalin. Esta fase é necessária, pois obtém-se um produto semelhante à carta impressa, que possibilita realizar uma revisão final nos fotolitos e, principalmente, servir como documento referência na tonalidade de cores, no processo de impressão da carta-imagem.

### 3.9 - IMPRESSÃO

A impressão das cartas-imagem requer muito cuidado, para conservar a precisão e a fidelidade dos originais, devendo ser efetuada em impressoras de alta qualidade. No caso da Aeronáutica, utiliza-se a Roland 800, e por pessoal especializado.

Nesse trabalho, o ICA vem utilizando as imagens *LANDSAT-TM*, pois possuem uma resolução espacial de 30m x 30m que satisfaz perfeitamente os requisitos técnicos para a confecção das cartas, na escala de 1:250.000 e menores.

A partir da definição da área de trabalho, o processo é iniciado com a aquisição das imagens necessárias. Entretanto, independente das imagens, pode-se dar início a elaboração do arquivo vetorial formado pela rede cartográfica, tema aeronáutico e os dados marginais existentes na carta-imagem.

De posse das imagens, procura-se através de operações de contraste, melhorar a qualidade visual e, principalmente uniformizar a tonalidade entre as imagens. A seguir, utiliza-se a rede cartográfica (arquivo vetorial), para ajustar as imagens nas suas respectivas posições geográficas, e realizar posteriormente a mosaicagem para que se tenha toda a área da carta coberta com uma única imagem de satélite.

A próxima fase utiliza-se uma carta digital da área de trabalho georreferenciada e o mosaico de imagens para realizar a colocação da toponímia. Após a revisão em cópia de papel, são gerados os arquivos CMYK de impressão que darão origem aos fotolitos. Antes da impressão final, é feita uma prova em cores que serve tanto para verificar a qualidade dos fotolitos quanto para referência na tonalidade das cores na impressão.

E assim são executadas todas as fases necessárias para a confecção de uma carta-imagem utilizada em voo visual. Este produto foi desenvolvido visando cobrir a área da Região Amazônica, carente de mapeamento em cartas nas escalas 1:100.000 e maiores, utilizadas na elaboração das Carta VFR convencionais.

## 5. BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, C. A. G. ; ALGE, J. C. L. Correção Geométrica de Imagens : Uma abordagem para o registro de imagens digitais LANDSAT-TM apoiado em cartas topográficas de grande e média escalas In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 4. REUNION PLENÁRIA SELPER, 6., Gramado, 10-15,ago.,1986. Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER/SBC, 1986.p. 526-530.

HESSDORFER, R. A Computer Augmented Mapping System for the Production of Thematic Maps. In : ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES \_ SIGGRAPH 75,2. , Bowling Green, OH, jun. 25-27, 1975.

INSTITUTO DE CARTOGRAFIA AERONÁUTICA, Carta Aeronáutica de Pilotagem, folha Volta Redonda, escala 1: 250.000. Rio de Janeiro, 1980.

INSTITUTO DE CARTOGRAFIA AERONÁUTICA, Carta-imagem Aeronáutica de Pilotagem, folha Vila Bittencourt, escala 1: 250.000. Rio de Janeiro, 1993.

INTERGRAPH CORPORATION. InterPlot: user's guide. Huntsville, AL, 1992.

INTERGRAPH CORPORATION. MicroStation: user's guide. Huntsville, AL, 1994.

INTERGRAPH CORPORATION. MGE: user's guide. Huntsville, AL, 1995.

INTERGRAPH CORPORATION. MGE Base Imager: user's guide. Huntsville, AL, 1994.

INTERGRAPH CORPORATION. MGE Map Publisher: user's guide. Huntsville, AL, 1991.

ROSENFELD A. ; KAK, A. C. Digital Picture Processing. New York, N Y, Academic, 1976333-403.

