

A Introdução da Fotogrametria Digital no Instituto Militar de Engenharia (IME) o Sistema DVP (Digital Video Plotter)

*Camilo José Martins Gomes**

*Walter da Silva Prado***

*Andréia Aparecida de Oliveira Mariano****

RESUMO

Com a recente aquisição do sistema DVP (Digital Video Plotter) pelo Departamento de Engenharia Cartográfica do IME (DE/6) iniciou-se a era da Fotogrametria Digital nesta organização de ensino.

Fiel aos seus princípios de pesquisa e desenvolvimento o IME não poderia ficar alheio às novas técnicas cartográficas automatizadas que surgem.

Este trabalho pretende apresentar basicamente a configuração do sistema adquirido e sua utilização futura nos projetos de graduação e de pós-graduação do Departamento de Engenharia Cartográfica.

ABSTRACT

The recent acquisition of DVP system (Digital Video Plotter) by the Department of Cartography of IME (DE/6) gave birth to a new era of Digital Photogrammetry in these educational organization. In addition, IME can't be away from new automatic cartography techniques because of its sources of research and developemment.

This paper intends to show the basic configuration of the system acquired and its future use in graduation and master courses of the Cartographic Engeneering Department.

* Engenheiro Cartográfico e professor do IME/ UERJ.

** Engenheiro Cartográfico MC e professor do IME.

*** Estagiária Dept Cart UERJ.

INTRODUÇÃO

O sistema de fotogrametria digital DVP foi adquirido durante o ano de 1994 após uma série de gestões internas no IME, na Secretaria de Ciência e Tecnologia do Ministério do Exército e na Comissão Militar Brasileira em Washington. Este novo equipamento representa um antigo anseio do Departamento de Engenharia Cartográfica do IME no sentido de modernizar seu laboratório de fotogrametria, face a grande evolução tecnológica alcançada nos últimos anos por esta técnica.

Sua concepção científica foi desenvolvida por professores da Universidade de Laval — Quebec — Canadá e a comercialização é feita, mundialmente, pela Leica.

Este é o primeiro equipamento DVP comprado em nosso País, motivo de justo orgulho de todos os integrantes do DE/6.

Pretende-se com este trabalho mostrar aspectos de sua configuração, o *hardware* e *softwares* envolvidos além das perspectivas de utilização a nível de graduação e pós-graduação.

Na fase atual, o equipamento e seus periféricos encontram-se totalmente montados; tendo sido ministrado pela Leica um curso teórico-prático visando a sua completa familiarização.

O DVP é um estereoplotter digital que permite obter as medidas em X, Y, Z de pares estereoscópicos, particularmente fotografias aéreas verticais. Os princípios de operação são muito similares àqueles de um estereoplotter analítico, com uma importante característica: as imagens são digitais e são obtidas em um *scanner*, preferencialmente de filmes como diapositivos, negativos ou ainda de cópias em papel fotográfico. A precisão do DVP está evidentemente limitada pelo tamanho dos *pixels* das imagens digitalizadas, pela resolução das pequenas mesas digitalizadoras e pelo sistema de observação simples, sem *zoom*.

As imagens devem ser obtidas através de captura em um *scanner* de até 600 dpi. O visor funciona como um estereoscópio de espelhos. A visão em 3D é obtida por uma unidade ótica

montada em braço metálico móvel, ajustável sobre a tela do monitor,

O sistema DVP é capaz de realizar tarefas de cartografia como aerofotogrametria, atualizações para projetos de SIG de municípios, companhias de serviço (telefone, eletricidade, TV a cabo etc), estudos ambientais e também aplicações de fotogrametria terrestre.

Toda tecnologia de ponta causa impactos para sua implantação; porém, o IME sendo uma casa de ensino e pesquisa não poderia de forma alguma ficar à margem das novas técnicas que surgem; portanto, essa aquisição representa uma nova era em termos fotogramétricos para o Departamento de Engenharia Cartográfica (DE/6).

A partir de agora surge a necessidade de otimizar o sistema a nível de ensino, procurando-se transmitir os conceitos adquiridos nesta área do conhecimento.

COMPONENTES BÁSICOS DE HARDWARE

Os requisitos básicos de *hardware* para operar o DVP são:

- computador PC-AT compatível ou PS-2;
- disco rígido com no mínimo 200 Mb;
- coprocessador aritmético;
- 8 a 16 Mb de RAM dependendo da placa gráfica utilizada;
- sistema operativo MS-DOS 5.0 ou superior;
- mesa digitalizadora *Summasketch Plus* ou compatível;
- *mouse* estacionário (*trackball*) que facilita principalmente a movimentação em elevação da marca de medida;
- sistema ótico de visão, especialmente construído para observação estereoscópica do modelo fotogramétrico;
- pode-se usar qualquer impressora, não sendo, porém, imprescindível para as operações;
- *scanner* para captar as fotografias no formato TIFF (*Tag Image File Format*) não comprimido.

Como cada arquivo de fotografia 23x23 cm ocupa em média 30 Mb, o disco rígido mencionado terá capacidade para apenas 3 a 5 imagens, sendo aconselhável, portanto, a utilização de discos com maior capacidade.

Aconselha-se também o armazenamento das fotos em fitas de 5 Gb que servem também para *backups* dos arquivos produzidos.

É possível utilizar-se um segundo monitor que mostra uma das duas imagens digitais com a vetorização superposta. Para este monitor existe a função *zoom* o que proporciona ao operador uma visão completa do trabalho realizado e a ampliação de qualquer área até a dimensão de um *pixel*. Outra aplicação com o uso do segundo monitor é que, durante a orientação absoluta, um mapa digital pode ser exibido e o modelo pode ser orientado por este mapa. Isto é de muita utilidade para atualização de cartas quando não existe pontos de controle disponíveis ou quando a nova carta deve ser editada no mesmo sistema de referência da carta digital existente. O segundo monitor deve ter dimensões maiores e a placa gráfica deve ser de 2 Mb VRAM (*Video Random Access Memory*)

COMPONENTES BÁSICOS DE SOFTWARE

O *software* DVP consiste em três módulos principais relacionados da seguinte maneira (figura 1):

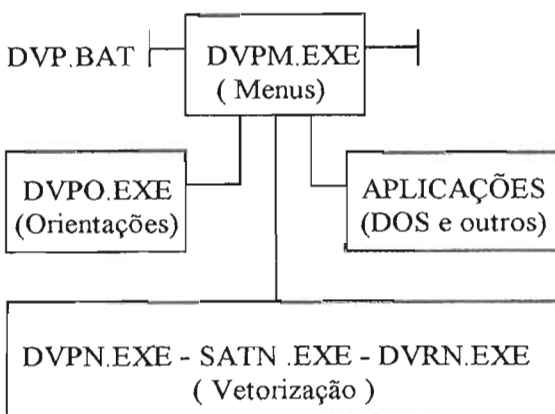


FIGURA 1

• DVP.BAT é o módulo de inicialização e o seu propósito é inicializar o programa principal das placas gráficas.

• DVPM.EXE módulo que contém o menu principal e é usado para gerir os outros módulos.

• DVPO.EXE módulo que contém o *menu* e as rotinas das orientações (interior, relativa e absoluta).

• DVPN.EXE, SATN.EXE, DVRN.EXE são as diferentes rotinas e *menus* para registro de dados.

CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA ADQUIRIDO

O sistema DVP (*Digital Video Plotter*) adquirido pelo Departamento de Cartografia do IME consta dos seguintes componentes:

- unidade central de processamento COMPAC-PROSIGNIA 486/66 Mhz 16 Mb RAM;
- disco rígido *Fujitsu* 1.2 GB;
- monitor COMPAC SVGA/1024;
- drive de fita 5 GB;
- placa gráfica SVGA 1 Mb VRAM;
- *mouse* estacionário PA/2 (*Trackball*);
- base para monitor e sistema ótico de visão estereoscópica DVP-LEICA;
- impressora HP DESKJET 520;
- mesa digitalizadora SUMMAS-KETCH III de 12" x 12" com cursor de 4 botões;
- *scanner* Sharp JX610 colorido;
- lâmpada especial para originais transparentes JX610;
- programa principal DVP com chave de *hardware* numerada;
- programa tradutor DVP-AUTO-CAD;
- programa tradutor DVP-MICRO-STATION;
- programa retificador de imagem digital DVR-2.

FUNÇÕES, MENUS E PRECISÕES

O *menu* principal está no módulo DVPM.EXE e leva para diferentes módulos. É por meio do *menu* principal que os parâmetros são transferidos para os outros módulos. Ele está composto da seguinte forma:

- Vect — para chamar o *menu* de vetorização.
- Util — para chamar o *menu* de programas utilitários.
- Model — para mudar o modelo sem deixar o *software*.
- Ref — para escolher uma imagem de referência colocada na mesa digitalizadora.
- Orient — para chamar os *menus* de orientação.
- Param — para chamar os arquivos de parâmetros.
- Install — para instalar outros módulos exceto o módulo principal (DVPM.EXE)
- DOS — para abrir temporariamente as janelas do DOS.
- Quit — para sair do *software* e fechar todos os arquivos abertos.

Existem vários outros tipos de submenus tais como: filtragem nas linhas e polilinhas, texto, modificação de códigos, modelos digitais de elevação, seleção de cores e elementos gráficos,

critérios de autocorrelação e outros que fogem ao escopo deste trabalho .

Precisões

A precisão do trabalho está diretamente relacionada com a resolução da imagem digital obtida no *scanner* que pode variar de 300 a 800 dpi (pontos por polegada). Na tabela 1 são correlacionadas as precisões obtidas considerando as principais escalas de trabalho, a dimensão dos arquivos em *megabytes* para uma fotografia aérea no formato 23 x 23 cm e a dimensão do *pixel* expressa em microns.

As precisões planimétricas e altimétricas esperadas podem ser calculadas pelas seguintes fórmulas empíricas:

$$\tau_z \tau_{XY} = PS * P * 0.7 * 10^{-6}$$

$$\tau_z = PS * F/B * 0.5 * 10^{-6}$$

onde:

- PS — escala da foto
- P — dimensão do *pixel* em microns
- F — distância focal da câmara em mm
- B — foto base em mm

		ESCALA DAS FOTOS AÉREAS				ARQUIV	PIXEL
dpi	dpm	1/5.000	1/10.000	1/15.000	1/20.000	MB	MÍCRONS
300	11.8	0.30	0.60	0.90	1.20	7.3	85
400	15.7	0.22	0.45	0.67	0.90	13.0	64
450	17.7	0.20	0.40	0.60	0.80	16.4	56
500	19.7	0.18	0.36	0.54	0.72	20.3	51
600	23.6	0.15	0.30	0.45	0.60	29.2	42
800	31.5	0.11	0.22	0.34	0.45	51.8	32

TABELA 1

Por exemplo, tendo-se uma escala da foto de 1/15000, com um recobrimento de 60% e fotos de 23 x 23 cm, escaneadas com 600 dpi as precisões seriam:

a) Tamanho do pixel
 $P = 25.4 \text{ mm} / 600 = 0.0423 \text{ mm}$
 $= 42.3 \text{ } \mu\text{m}$

b) Precisões computacionais

Planimétrica

$$\tau_{XY} = 15000 * 42.3 * 0.7 * 10^{-6} =$$

$$= 0.44 \text{ m}$$

Altimétrica

$$\tau_Z = 15000 * 42.3 * 0.5 * 10^{-6} * 152/92 =$$

$$= 0.52 \text{ m}$$

ORIENTAÇÕES

Utilizando uma solução fotogramétrica usando estereocomparadores analógicos, a reconstrução do modelo estereoscópico seria feita por métodos óticos e mecânicos, nas etapas de orientação interior, exterior e absoluta. O *software* DVP segue as mesmas etapas, utilizando uma solução matemática.

A orientação é o conjunto de operações que permitem a reconstituição das condições geométricas, no instante da tomada das fotografias aéreas, formando assim o modelo tridimensional do terreno. O nivelamento e escala segue no DVP as mesmas etapas convencionais que são:

Orientação interior

A primeira etapa da reconstrução do modelo consiste em determinar os parâmetros, que permitem transformar as coordenadas obtidas no *scanner* em coordenadas de foto.

As marcas fiduciais localizadas nas fotografias permitem que se faça isto. As coordenadas destas marcas em relação ao ponto principal da foto são conhecidas, pois constam do certificado de calibração da câmara. Não se dispondo destes dados podem ser usados valores nominais medidos em coordenatógrafos.

Esta primeira etapa pode utilizar um arquivo que contenha os valores de calibração da câmara utilizada, ou seja, a distância focal e as coordenadas das marcas fiduciais. Estes valores são dados em milímetros. Na prática, nomeia-se este arquivo como ARQ.CAM.

Não sendo utilizado o arquivo de câmara, o operador, ao percorrer cada marca fiducial, pode introduzir suas coordenadas via teclado.

O *software* fica em condições de calcular então as coordenadas de foto, realizando uma transformação ortogonal e também uma transformação afim, se mais de três marcas fiduciais estão disponíveis, calculando os resíduos pelo método dos mínimos quadrados.

A orientação no DVP necessita ser feita somente uma vez, já que estando completa cada uma das três etapas da orientação, para um dado modelo estereoscópico, o arquivo de orientação obtido é arquivado na memória. Desta forma evita-se a repetição dos procedimentos de orientação ao se reiniciar o trabalho. Pode-se chamar os arquivos de orientação e os arquivos das imagens diretamente para a fase seguinte. Isto simplifica consideravelmente as tarefas fotogramétricas, pela facilidade de acesso às informações arquivadas.

Se o modelo já foi orientado e se deseja passar diretamente para a fase de vetorização, então o nome do modelo é simplesmente teclado de forma que o mesmo seja exibido no monitor.

Orientação relativa

No momento em que as fotografias são tiradas, a posição das fotos A e B é tal que, para cada ponto P do objeto fotografado, os feixes perspectivos se interceptam no ponto P.

Nos restituidores convencionais esta situação é matematicamente reproduzida posicionando o par de fotografias em uma situação similar ao momento da tomada da foto. Desta maneira os feixes perspectivos se interceptam no espaço, no ponto.

Conseqüentemente, o observador tem uma imagem estereoscópica perfeita em todos os pontos do modelo. Quando esta situação é alcançada, o modelo estereoscópico é reconstruído e a orientação relativa está completada.

Enquanto a orientação relativa não estiver completada, os feixes perspectivos não se interceptam. São observados dois pontos (P1, P2) em vez de apenas um (figura 2).

A paralaxe px não indica um mau alinhamento entre as linhas retas O1P1 e O2P2 mas somente representa o fato de que a referência XY não está na elevação correta. Uma vez realizada a orientação relativa o modelo fica livre da paralaxe py .

Com o *software* DVP, o cálculo da orientação relativa é feito através de observações executadas sobre pontos estratégicos no modelo, podendo se utilizar os 6 pontos em distribuição normal de acordo com Von Gruber. Embora a solução requeira um mínimo de 5 pontos, na prática o operador efetuará observações em mais de 6 pontos de forma a melhorar a solução e estimar a sua precisão.

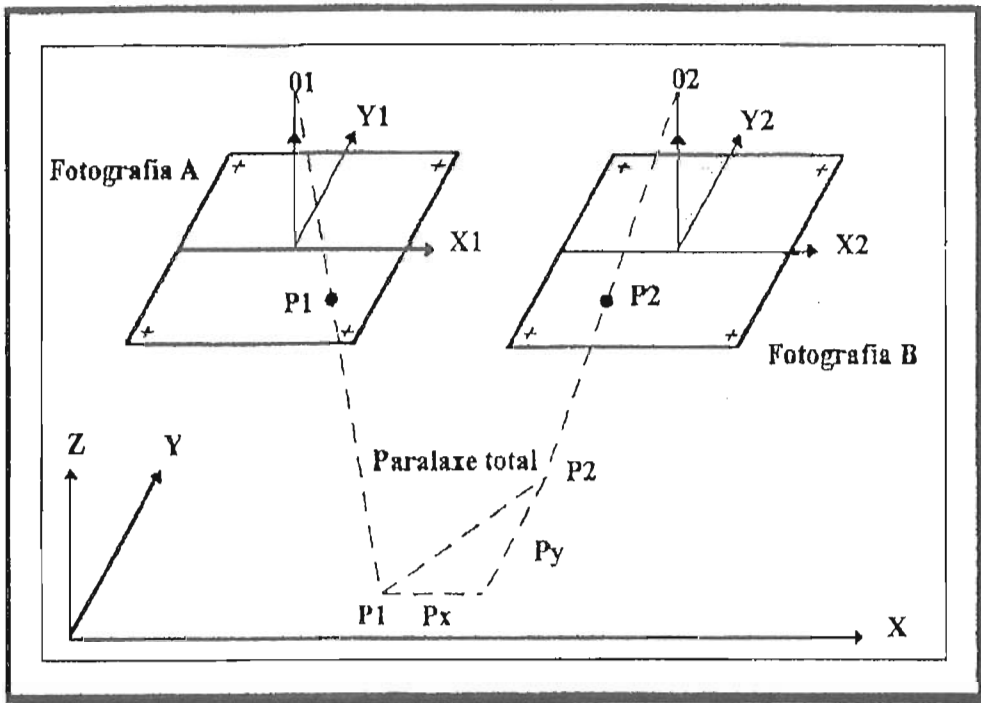


FIGURA 2

Fotogrametricamente falando, chamamos de paralaxe a distância entre os pontos P1 e P2. Esta paralaxe pode ser dividida em duas componentes: px e py , respectivamente, paralelas aos dois eixos.

A relação dos pontos com suas coordenadas-modelo, os resíduos das paralaxes py e o desvio padrão de py aparecem no monitor, como também os elementos de orientação bx, by, bz, Ω, ϕ e K .

Da fotografia direita em relação a fotografia esquerda.

Orientação absoluta

Com a orientação relativa completada, o DVP fica em condições de dar início à orientação absoluta.

A orientação relativa nos dá uma redução não orientada do terreno. Para fazer as medições correspondentes às medidas de terreno, a escala do modelo tem que ser conhecida ou calculada. A posição do modelo no espaço tem que ser idêntica à do terreno .

As medições altimétricas correspondem exatamente às condições altimétricas reais, desde que se aplique o fator de escala.

Para a orientação do modelo no que se refere à escala horizontal, são necessários no mínimo, dois pontos com coordenadas X e Y conhecidas e para o nivelamento do modelo são necessários três pontos com coordenadas X , Y e Z. Quando se tem as coordenadas dos pontos do modelo, oriundas de uma aerotriangulação, a densidade facilita, pela abundância de pontos, as orientações.

Para medir-se as coordenadas de modelo dos pontos de controle, é conveniente criar-se um arquivo dos pontos com os seus números e respectivas coordenadas. Este arquivo é nomeado ARQ.GND. Não existindo este arquivo pode-se introduzir os dados via teclado ao se realizar esta orientação.

Para que se obtenha os resíduos do cálculo da orientação absoluta, há necessidade de conhecer pelo menos 3 pontos de coordenadas planimétricas e 4 pontos de coordenadas altimétricas .

VETORIZAÇÃO

Com a orientação absoluta completada o DVP permite agora que se crie um ou mais arquivos de elementos gráficos armazenados como linhas ou vetores . A extensão (.XYZ) é automaticamente

adicionada ao nome do arquivo. As coordenadas dos elementos vetorizados são guardadas em unidades de terreno ou unidades de objeto. É possível importar qualquer arquivo de vetores que tenha a mesma referência espacial .

Os arquivos de elementos gráficos gerados podem ser modificados para outros formatos (.DGN, DXF, \$\$\$, \$\$O, \$\$\$R etc) de forma a serem compatíveis com outros *softwares* de edição gráfica (MicroStation , Auto-Cad, Arclnfo etc) oferecendo mais flexibilidade para completar a apresentação cartográfica. Uma função interna do DVP permite produzir um arquivo ASCII do arquivo de elementos gráficos legível pelo operador.

São disponíveis muitos modos de vetorização que produzem diferentes tipos de elementos, pontos, linhas, polígonos, polilinhas, arcos e círculos. A natureza destes elementos (ruas, edifícios, cursos de água etc) é especificada por um código (**Pcode**) determinado pelo operador. Cada elemento recebe automaticamente os atributos ativos como o código, a cor, o peso (espessura) e o tipo de linha , no momento da sua vetorização. Estes atributos podem ser atualizados a qualquer momento .

Quando se trabalha com um arquivo já existente, os elementos gráficos contidos são automaticamente exibidos e todos os novos elementos vetorizados são adicionados a este arquivo. Isto é muito útil para atualizar mapas antigos. Novos elementos podem ser facilmente conectados (*Snap*) a um já existente, utilizando diferentes maneiras para assegurar uma ligação perfeita no ponto de conexão .

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O DVP é de utilização muito fácil, já que o operador é guiado por *menus* acessíveis com o cursor, necessitando de conhecimentos de

fotogrametria e de microcomputadores. O programa é bem documentado e possui um módulo para treinamento ajudando o principiante a desenvolver sua acuidade visual. A formação do pessoal resulta, portanto, rápida e econômica.

Inúmeras são as aplicações da Fotogrametria Digital, podendo-se destacar: agricultura, geologia, engenharia civil, arquitetura e como não poderia deixar de ser, na fotogrametria aérea e terrestre. Também são vastas suas potencialidades operacionais tais como: a não-necessidade de calibrações regulares do instrumento, ausência de mecanismos óticos de alta precisão, manipulação de imagens sem contato manual e várias outras.

O Departamento de Ensino de Cartografia do IME (DE/6) optou por este tipo de equipamento por diversas razões, entre as quais: seu baixo custo em relação a sistemas semelhantes, a não-necessidade de operadores altamente qualificados devido às automatizações do sistema, a sua portabilidade e fácil manuseio, existência de um representante credenciado no Brasil para a devida assistência técnica, a garantia total do equipamento por um ano e o compromisso do mesmo em ministrar um curso teórico-prático para sua total

familiarização. Este curso foi realizado no mês de março de 1995, com a participação de engenheiros cartógrafos, do DE/6 (graduação e pós-graduação, subtenente e sargentos topógrafos, além de estagiários do Departamento de Cartografia da UERJ.

Ressalte-se o fato de que o sistema permite o acoplamento de outros periféricos que podem ser adquiridos no futuro) como, por exemplo, a moderna técnica da ortofotodigital. As implicações financeiras para obtenção do equipamento foram extremamente difíceis, face ao atual momento em que vivem todos os órgãos públicos, mas espera-se que os esforços sejam recompensados.

Não sendo o DE/6 um órgão de produção cartográfica, não haveria necessidade de um sistema com maior capacidade ou sofisticação técnica, além do fator anteriormente citado.

Os objetivos principais são: disseminar os conhecimentos da fotogrametria digital entre os alunos de graduação e pós-graduação e elaborar trabalhos práticos e teses de mestrado nesta área.

Nos próximos eventos técnico-científicos pretende-se apresentar resultados concretos destes trabalhos e pesquisas. □

BIBLIOGRAFIA

DA SILVA, Irineu. Notas de Aula de Fotogrametria Digital, não publicadas.

DVP PHOTOGRAMMETRIC SYSTEMS INC. Installation and user guide version 4.02.

INFOTOP LDA, Braga, Portugal. Tradução do manual do utilizador da DVP. Geomatic Systems Inc. Versão 3.40.

LEICA AARAU AG. Digital Photogrammetric Station DVP.

LEICA AARAU AG. El Trazador Digital Vídeo DVP, Reporter (26): 12-14.