

Softwares para Processamento de Dados Obtidos por um Sistema Móvel de Mapeamento Digital

Mário Luiz Lopes Reiss¹

Pós-Graduados em Ciências Cartográficas

Marcos Crestana Guardia²

Graduado em Engenharia Cartográfica

Rodrigo Alexandre da Costa Silva³

Graduado em Engenharia Cartográfica

João Fernando Custódio da Silva⁴

Prof. Adjunto do Departamento de Cartografia

Paulo de Oliveira Camargo⁵

Prof. Assistente do Departamento de Cartografia

FCT/Unesp – Departamento de Cartografia
Universidade Estadual Paulista – Unesp
Faculdade de Ciências e Tecnologias – FCT
Rua Roberto Simonsen, 305.
19060-900 Presidente Prudente SP

¹ ✉ mreiss@prudente.unesp.br

² ✉ mguardia72@hotmail.com

³ ✉ rodrigo@nexusbr.com

⁴ ✉ jfcsilva@prudente.unesp.br

⁵ ✉ paulo@prudente.unesp.br

Conteúdo

- 1 Introdução
- 2 Ferramentas computacionais desenvolvidas
 - 2.1 FOTOCIC (FOTOCComparador de Imagens Consecutivas)
 - 2.1.1 Projeto de Calibração
 - 2.1.2 Projeto de Feições
 - 2.1.3 Projeto de Passagem
 - 2.1.4 Projeto de Feições e Passagem
 - 2.2 CPCam
 - 2.2.1 Cálculo das Coordenadas dos CPs
 - 2.2.2 Redução das altitudes geométricas em ortométricas
 - 2.3 CoordGPS
 - 2.4 InterFoto
 - 2.4.1 Método de Interseção Fotogramétrica do InterFoto
- 3 Desempenho dos programas desenvolvidos
- 4 Conclusões
- 5 Referências bibliográficas

Resumo : Como a técnica de SMMD para a construção de mapas é uma inovação no Brasil, alguns processos, até o momento, não possuem sistematização metodológica e computacional para as suas realizações, como é nos casos da extração de fotocoordenadas, cálculo das coordenadas dos CPs e integração dos dados oriundos da fototriangulação e das fotocoordenadas de feições para a geração dos mapas (Interseção Fotogramétrica). Em consequência, foram criadas algumas ferramentas computacionais de forma a otimizar a execução dos trabalhos da UMMD. Este artigo introduz e descreve os melhoramentos proporcionados ao SMMD em desenvolvimento na FCT/Unesp.

Palavras chave : automação, otimização, Fotogrametria Digital.

Abstract : The SMMD application to mapping is a new trend in Brazil and as a consequence neither methodological nor computer implementations are available, ergo, image coordinates measurement computation Perspective Center coordinates and integration at phototriangulation data and feature photocoordinates aiming. Some computational tools were developed in order to improve the performance of the UMMD. In this paper those tools will be described and its integration to the mobile mapping system as well.

Keywords : automation, optimize, Digital Photogrammetry.

1 Introdução

Na Cartografia, a integração de tecnologias vem criando novas opções de abordagem de problemas recentes ou já conhecidos, propiciando o surgimento de outros produtos ou serviços distintos dos que já existem e exigindo recursos humanos qualificados. A

combinação de dados espaciais e temporais, obtidos com base nestas integrações, pode ser o princípio básico para a solução de vários problemas do mapeamento para finalidades diversas, inclusive cadastrais. Uma das possibilidades são os Sistemas Móveis de Mapeamento Digital (SMMD), que são alternativas criativas que integram sensores e dados de posicionamento e imageamento, permitindo o mapeamento pormenorizado do mundo real.

Os sistemas móveis de mapeamento podem ser definidos como plataformas móveis sobre as quais são integrados sistemas de posicionamento e de imageamento para prover rápida e eficientemente a coleta de informações sobre os atributos do espaço objeto a partir de imagens.

Em Presidente Prudente, a primeira uma Unidade Móvel de Mapeamento Digital (UMMD) do Brasil, está em fase de desenvolvimento na Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP. Esta UMMD foi tema de um Trabalho de Graduação, onde o principal objetivo foi o estudo e o emprego do princípio do caminhamento fotogramétrico (Silva, 1997; Batista, 1998) para o desenvolvimento do protótipo da UMMD, mais especificamente, sobre a montagem básica do sistema em desenvolvimento e seu funcionamento na execução do levantamento de uma área teste, na cidade de Presidente Prudente. Nesta aplicação mostrou-se o grande potencial no mapeamento de feições urbanas (Guardia, Reiss e Silva, 1999). A Figura 1 ilustra esta UMMD, que é composta por um veículo Kombi, um par de câmaras de vídeo digitais, dois receptores GPS (*Global Position System*), um *notebook* e um sistema de sincronização sonoro dos quadros.



Fig. 1: Unidade Móvel de Mapeamento Digital, com câmaras de vídeo digitais e antenas GPS

O processamento dos dados coletados com a UMMD para a geração de cartas é realizado em quase todas as etapas por programas computacionais comerciais, como nos casos do processamento GPS, transferência, seleção e conversão das imagens digitais e edição dos mapas. Todavia, como a técnica de SMMD é uma inovação no Brasil, alguns processos, até o momento, não possuem sistematização metodológica e computacional para as suas realizações, como é nos casos da extração de fotocoordenadas, geração das coordenadas dos Centros Perspectivos (CPs) e a integração dos dados oriundos da fototriangulação e das fotocoordenadas de feições para a geração dos mapas (Interseção Fotogramétrica).

Pensando sobre estas considerações, viu-se a necessidade de se construir algumas ferramentas computacionais de forma a otimizar a execução dos trabalhos da UMMD. Tais *softwares* são: um fotocomparador (FOTOCIC), dois programas de tratamento das coordenadas GPS para cálculo das coordenadas dos CPs (CPCam e CoordGPS) e um de Interseção Fotogramétrica (InterFoto). Este artigo introduz e descreve os melhoramentos proporcionados ao SMMD em desenvolvimento.

2 Ferramentas computacionais desenvolvidas

Todas as ferramentas computacionais desenvolvidas para aplicações com a UMMD foram implementadas no ambiente de programação C++ *Builder* por ser conhecido como uma ferramenta de programação muito poderosa, flexível, por originar arquivos executáveis pequenos e muito velozes.

Uma das grandes vantagens do C++ *Builder* é o seu Ambiente Integrado de Desenvolvimento ou simplesmente IDE (*Integrated Development Environment*). O *Builder* possui um ambiente de desenvolvimento fácil de usar, com uma poderosa Biblioteca de Componentes Visuais (VCL - *Visual Component Library*).

2.1 FOTOCIC (FOTOCComparador de Imagens Consecutivas)

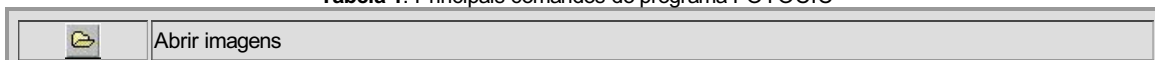
A principal ferramenta que deve conter um fotocomparador digital é um medidor de coordenadas de pixel (linha, coluna) sobre as imagens digitais. Anteriormente, a extração destas coordenadas para processamento de dados das imagens obtidas com a UMMD podia ser feita utilizando-se de qualquer programa com tal propriedade, como é o caso do *PhotoFinish*. Entretanto, quando se utilizava deste programa ou qualquer outro que não tinha sido projetado de acordo com as necessidades de processamento da Unidade em questão, eram constante o acontecimento de alguns inconvenientes, como: anotação manual dos valores obtidos e posteriormente necessidade de digitá-los no computador para futuros processamentos, o que torna a coleta de pontos uma etapa muito dispendiosa, cansativa e sujeita a erros.

Considerando as várias etapas de leituras de fotocoordenadas no processamento de dados da UMMD, desenvolveu-se o *software* denominado FOTOCIC, que tem a característica de coletar pontos de passagem com a leitura de duas bases de imagens consecutivas do Caminhamento Fotogramétrico (Guardia, Reiss e Silva, 1999).

O FOTOCIC possui as seguintes ferramentas e operações:

1. Abertura de imagens em formato *bitmap* e jpeg;
2. *Zoom* das imagens (Tabela 1);
3. Coletor de fotocoordenadas e de criação de seus arquivos;
4. De redução das coordenadas de pixel para o sistema fotogramétrico com correção dos parâmetros de calibração e aplicação do fator de escala, através de um arquivo de parâmetros (Figura 2);
5. Exportação dos arquivos de fotocoordenadas que compatibilizá-os com os programas FOTRAC¹, TFTC¹ e CC²(Figura 03).

Tabela 1: Principais comandos do programa FOTOCIC



	Carregar parâmetros de calibração
	Entrada de valor de <i>zoom</i> , valores predefinidos ou digitados na caixa. Quando for valor digitado, há a necessidade de se apertar o botão da direita para confirmar valor.
	Aplica uma ampliação da imagem duas vezes o valor contido na caixa acima.
	Aplica uma redução da imagem duas vezes o valor contido na caixa acima.
	Troca uma base para a posição posterior na coleta de pontos de passagem. A direção da seta indica para onde as imagens se deslocam no programa.

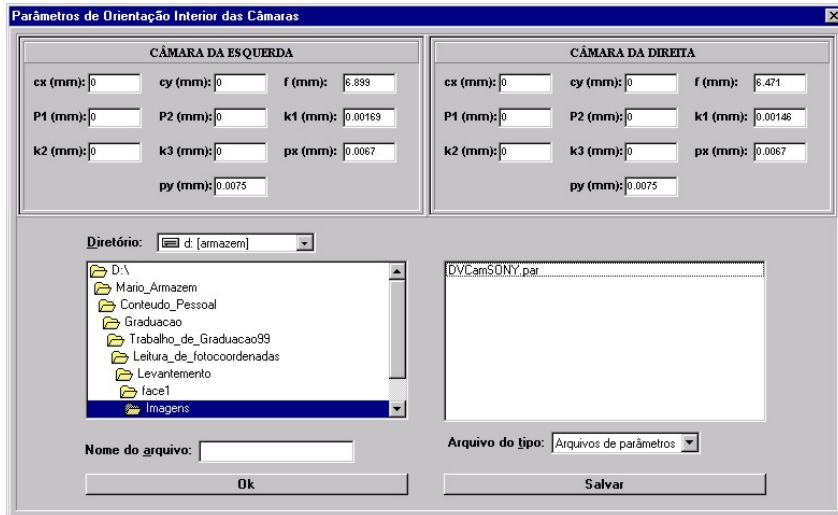


Fig. 2: Ferramenta de introdução dos parâmetros de calibração das câmaras

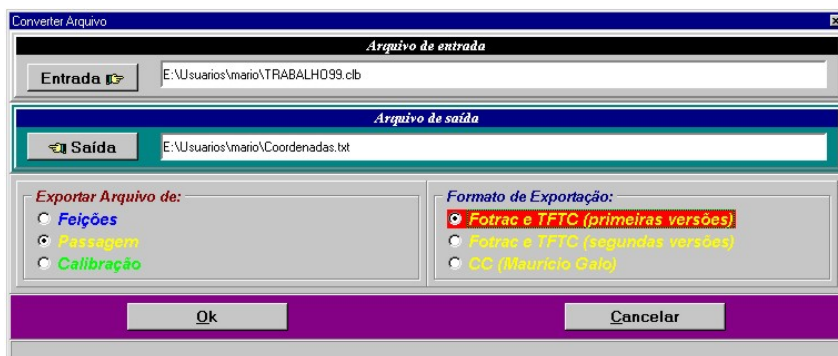


Fig. 3: Ferramenta de exportação de arquivos de fotocoordenadas

¹Programas desenvolvidos pelo Prof. Dr. João Fernando Custódio da Silva (Silva, 1987).

²Programa desenvolvido pelo Prof. Msc. Maurício Galo, 1993. (Galo, 1993).

São quatro os tipos de projeto de leitura de fotocoordenadas do FOTOCIC: Projeto de Calibração; Projeto de Feições; Projeto de Passagem, e Projeto de Feições e Passagem (ver Figura 4). Para iniciar um projeto, basta clicar em **Arquivo|Novo**, e escolher o tipo de projeto desejado e o *software* abrirá a interface adequada. Para abrir um projeto já existente, clica-se em **Abriu** e o programa reconhecerá automaticamente (pelo arquivo) o tipo de projeto, abrirá as últimas imagens utilizadas pelo usuário e o correspondente arquivo de fotocoordenadas.

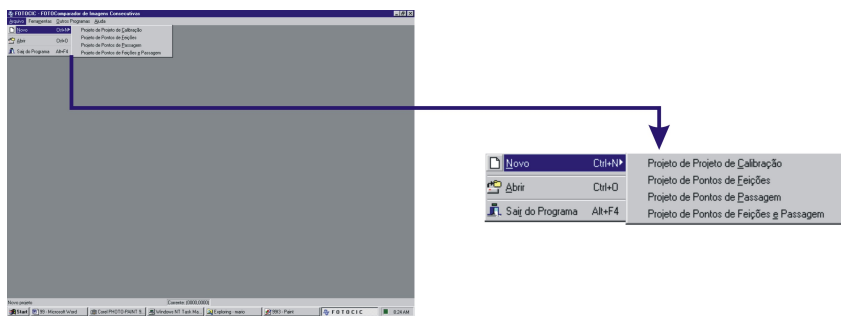


Fig. 4: Menu de criação e abertura de projetos: *Software FOTOCIC*

2.1.1 Projeto de Calibração

Esta interface (Figura 5) possibilita a abertura de uma imagem por vez para a coleta de fotocoordenadas. A pontaria é feita, como nas demais interfaces, via cursor do mouse sobre o alvo desejado, não existindo, ainda, algoritmos de detecção de bordas ou feições nas imagens.

O arquivo de coordenadas é salvo automaticamente com um nome idêntico ao do projeto acrescido da extensão **clb** (calibração).

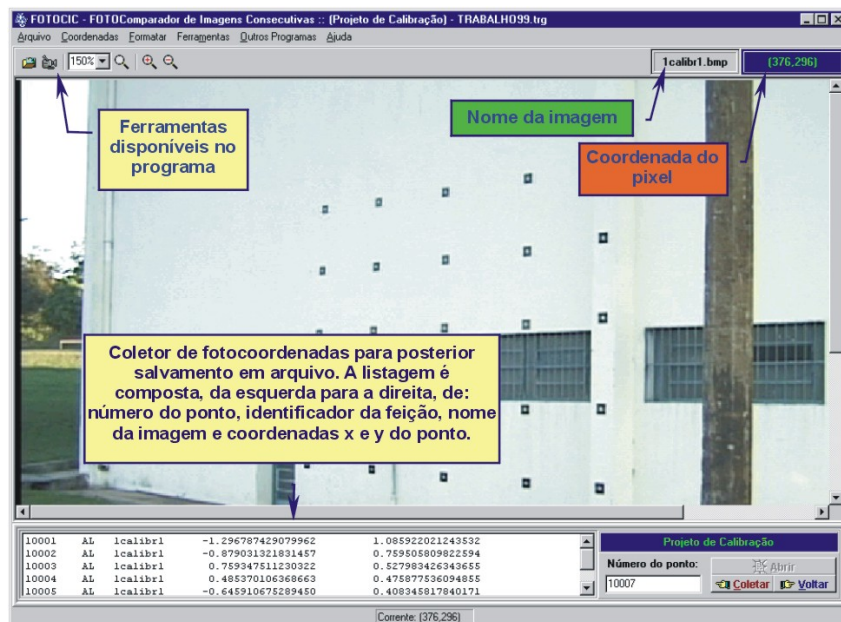


Fig. 5: Interface para Projeto de Calibração

2.1.2 Projeto de Feições

A interface do Projeto de Feições possibilita a abertura de um par de imagens para observação de pontos de feições (Figura 6).

Uma propriedade importante desta interface é que na abertura de uma imagem, ou da esquerda ou da direita, não importando esta ordem, o *software* abre automaticamente o par correspondente. Para que isto seja possível, é necessário obedecer à nomenclatura dada na Tabela 2 e à necessidade de que ambas as imagens têm que estar no mesmo diretório.

Esta interface possui ainda um recurso importante para o processamento posterior da Interseção Fotogramétrica: uma tabela de feições predefinidas que adiciona um identificador à listagem de coordenadas. Este identificador possibilita a realização da Interseção Fotogramétrica e geração da carta final em planos de informações separados.

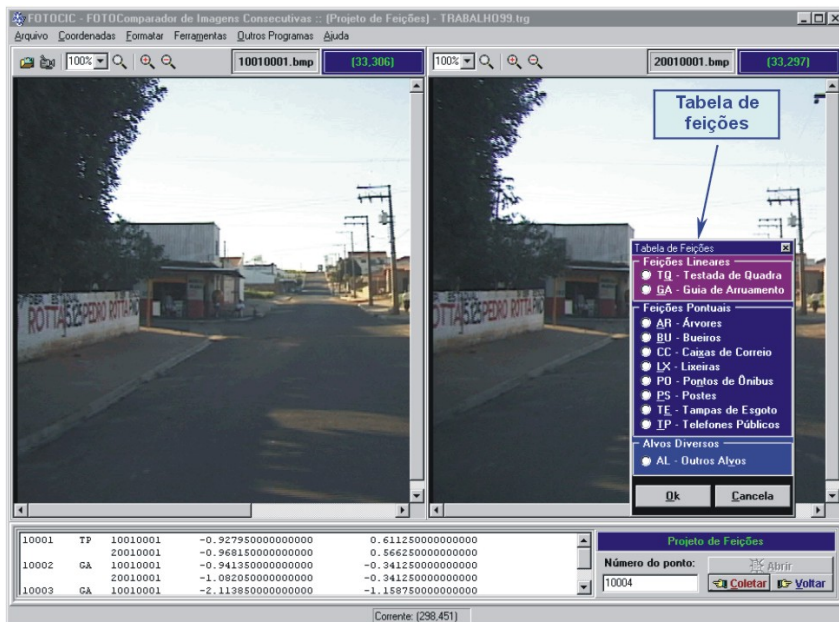


Fig. 6: Interface para Projeto de Feições

Tabela 2 : Esquema das Nomenclatura das imagens no FOTOCIC

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	1	.	J	P	G
2	0	0	0	0	0	0	1	.	J	P	G
1	0	0	0	0	0	0	2	.	B	M	P
2	0	0	0	0	0	0	2	.	B	M	P
Campos						Significado					
1						1-Câmara esquerda ou 2 - Câmara direita;					
2 e 3						Indicam o minuto da aquisição do quadro;					
4 e 5						Indica o segundo da aquisição do quadro;					
6 e 7						Indica o quadro, pode variar de 1 a 30;					
8						1-Posição GPS ou 2-Posição interpolada.					
9 a 12						Extensão do arquivo (BMP e JPG).					

2.1.3 Projeto de Passagem

A coleta dos pontos de passagem é um procedimento muito prático neste programa. Nesta interface (Figura 7), podem ser realizadas a coleta de coordenadas de pontos homólogos que aparecem simultaneamente e quatro imagens de duas bases consecutivas.

A seqüência de operações que são realizadas nesta interface inicia-se com a abertura de duas bases consecutivas do começo do sentido de coleta (progressivo ou retrogrado). Quando termina a coleta de pontos desta seção, a base posterior toma o lugar da anterior e uma nova base é introduzida no programa pelo usuário.

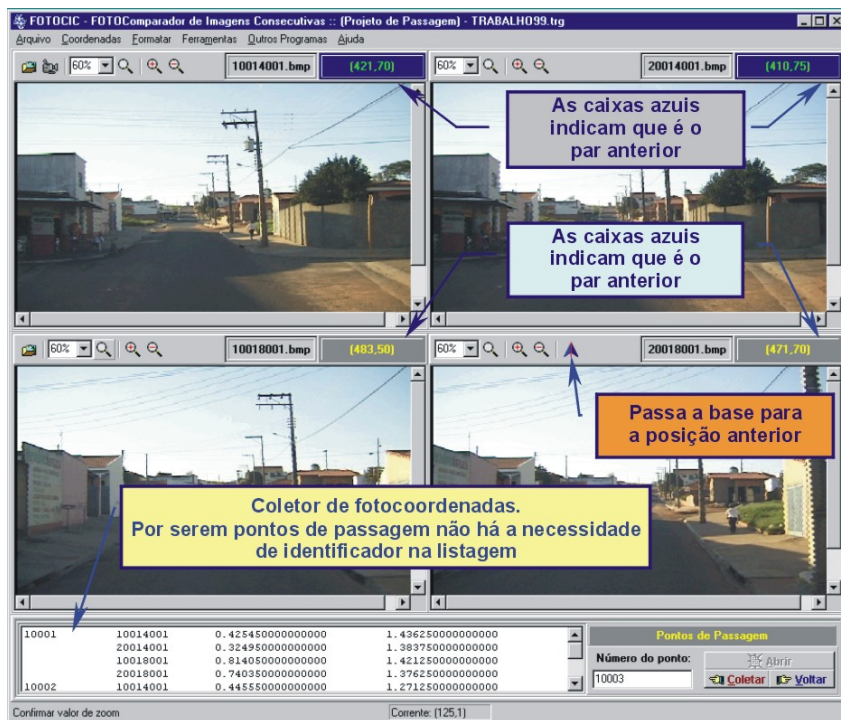


Fig. 7: Interface para Projeto de Passagem

2.1.4 Projeto de Feições e Passagem

Esta interface (Figura 8) possibilita ao usuário coletar fotocordenadas de feições e passagem simultaneamente, com os mesmos recursos das duas interfaces anteriores. A caixa azul de coordenadas de pixel indica a base onde estão sendo coletados os pontos de feições, sendo, nas duas bases em conjunto, coletados os pontos de passagem.

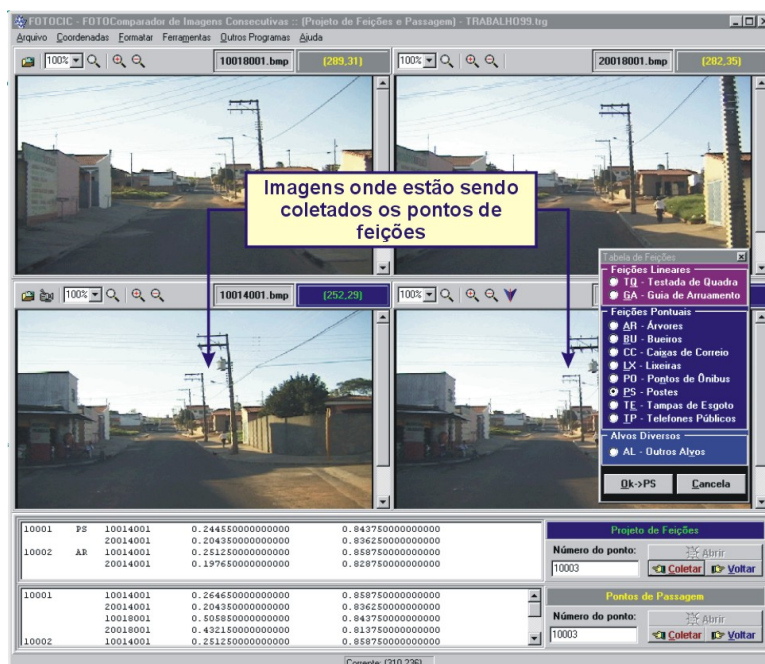


Fig. 8: Interface para Projeto de Feições e Passagem

2.2 CPCam

Este programa executa o processamento dos dados oriundos do GPS para o cálculo dos centros perspectivos das câmaras e conversão das altitudes geométricas em ortométricas (Figura 9).

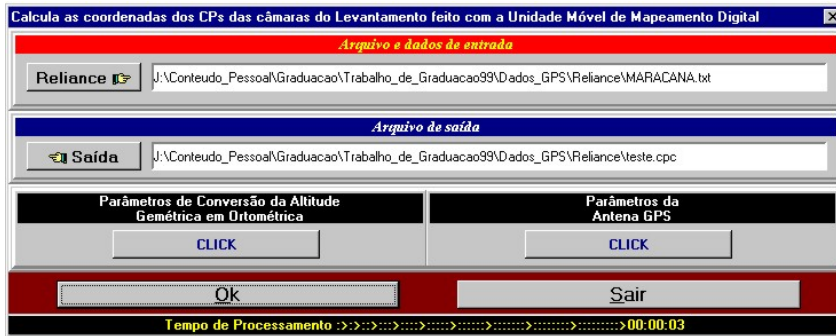


Fig. : Interface do Programa CPCam



Após iniciada a execução do CPCam, o usuário deve clicar no ícone  para introduzir o nome do arquivo que contém a listagem de dados oriundos do processamento GPS, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 :Seqüência de dados de entrada no programa CPCam

Data	Instante da tomada da coordenada	N (m)	E (m)	h (m)	σ_N	σ_E	σ_h
07/28/99	19:02:38	7553804.264	457858.661	431.123	0.09	0.04	0.09

No ícone , o programa pede ao usuário que introduza o nome de um arquivo de saída. Duas outras ferramentas, de extrema importância neste programa, são descritas nos subtópicos a seguir, a de cálculo das coordenadas dos CPs das câmaras e a de conversão da altitude geométrica em ortométrica através dos parâmetros do modelo de ondulação geoidal do terreno (Oliveira, 1998).

2.2.1 Cálculo das Coordenadas dos CPs

A determinação das coordenadas dos centros perspectivos é efetuada a partir do conhecimento da posição da antena GPS em dois instantes consecutivos. O modelo matemático envolvido faz duas considerações: a primeira é que este percurso que a UMMD faz, entre dois pontos consecutivos, é dado por uma reta; a segunda é que os dois CPs e a antena estão aproximadamente colineares (Figura 10).

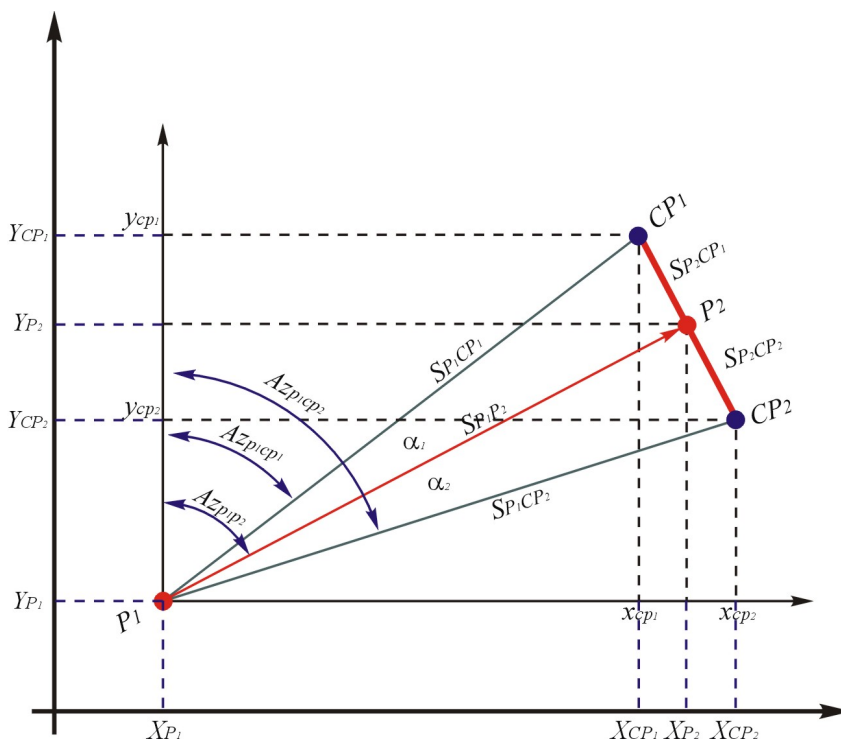


Fig. 10: Geometria do avanço de base dos CPs

Para se obter o modelo que proporciona os CPs e suas respectivas precisões, foram necessários a realização de alguns passos. Da Figura 10, onde os pontos coordenados P_1 e P_2 e as distâncias entre a antena e os centros perspectivos das câmaras ($S_{P_1CP_1}$ e $S_{P_2CP_2}$) são conhecidos, pode-se obter as coordenadas dos CPs das câmaras. O modelo matemático que fornece as coordenadas dos CPs é dado na forma matricial por (Guardia; Reiss e Silva, 1999):

$$\begin{bmatrix} X_{CP_1} \\ Y_{CP_1} \\ X_{CP_2} \\ Y_{CP_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{sen}\{Az_{P_1CP_1}\} & 0 \\ \text{cos}\{Az_{P_1CP_1}\} & 0 \\ 0 & \text{sen}\{Az_{P_1CP_2}\} \\ 0 & \text{cos}\{Az_{P_1CP_2}\} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{P_1CP_1} \\ S_{P_1CP_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{P_1} \\ Y_{P_1} \\ X_{P_1} \\ Y_{P_1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Considerando o sistema de coordenadas UTM como um sistema híbrido e tomando apenas as suas coordenadas planas, no modelo acima vale a seguinte relação: $X = E$ e $Y = N$. Sendo assim, para a execução do cálculo das coordenadas dos CPs, o *software* possui uma interface de entrada de dados que solicita ao usuário a distância medida entre a antena e o CP da esquerda e entre a antena e o CP da direita, com seus respectivos desvios-padrão (Figura 11).

Fig. 11: Interface de entrada de dados para o cálculo dos CPs das câmaras

2.2.2 Redução das altitudes geométricas em ortométricas

A conversão da altitude geométrica em ortométrica realiza-se no CPCam por meio da equação:

$$H = h - \eta \quad (2)$$

onde: H é a altitude ortométrica;
 h é a altitude geométrica;
 η é a ondulação geoidal.

η pode ser obtido através de modelos de superfícies geoidais do terreno, sendo definido como (Oliveira, 1998).

$$\eta = \eta_0 - z \quad (3)$$

onde: z é o modelo de superfície geoidal;

η_0 é obtido por modelo geoidal, através de programas de interpolação.

Os modelos de superfície geoidal (z) disponíveis neste *software* são:

- **Modelo 1** $\Rightarrow z = aE + bN + c$
- **Modelo 2** $\Rightarrow z = aE + bN + cEN + d$
- **Modelo 3** $\Rightarrow z = aE + bN + cE^2 + dN^2 + e$
- **Modelo 4** $\Rightarrow z = aE + bN + cEN + dE^2 + eN^2 + f$

onde: E e N são as coordenadas UTM do ponto;

a, b, c, d, e e f são os parâmetros de transformação do modelo da superfície local (Oliveira, 1998).

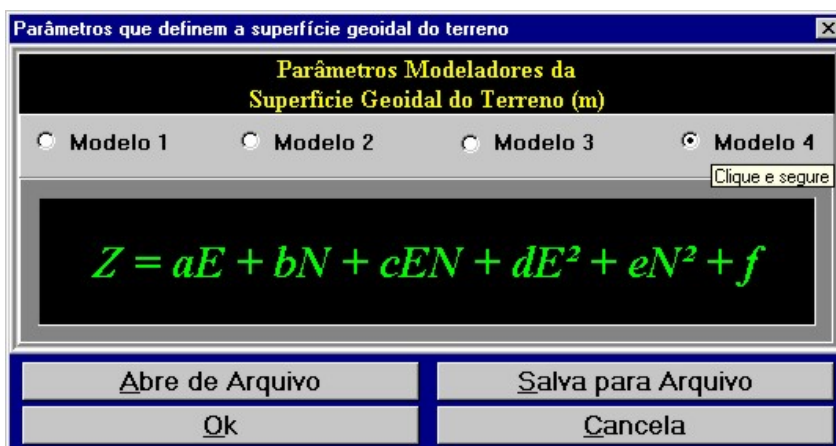


Fig. 12: Um dos modelos de superfície geoidal disponíveis ao usuário

A redução da altitude geométrica em ortométrica é executada pelo CPCam através da escolha de um destes modelos acima e introdução dos parâmetros relativos a cada um deles, Figuras 12 e 13.

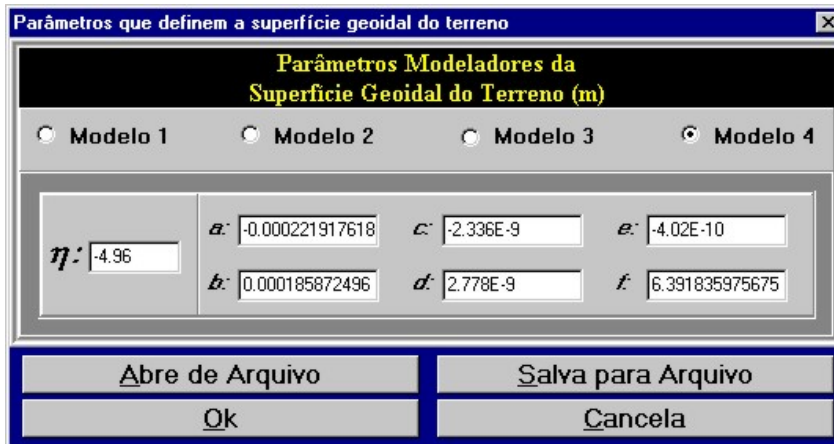


Fig. 13: Interface de entrada de dados dos modelos de ondulação geoidal

2.3 CoordGPS

Este programa executa um processamento do arquivo de saída do CPCam fazendo uma filtragem dos dados oriundos daquele arquivo (Figura 14). Uma importante operação executada por este programa é a geração das nomenclaturas das imagens referenciadas às coordenadas dos CPs das câmaras, que se baseia no instante de início do levantamento e no intervalo entre as tomadas das imagens (Guardia, Reiss e Silva, 1999).

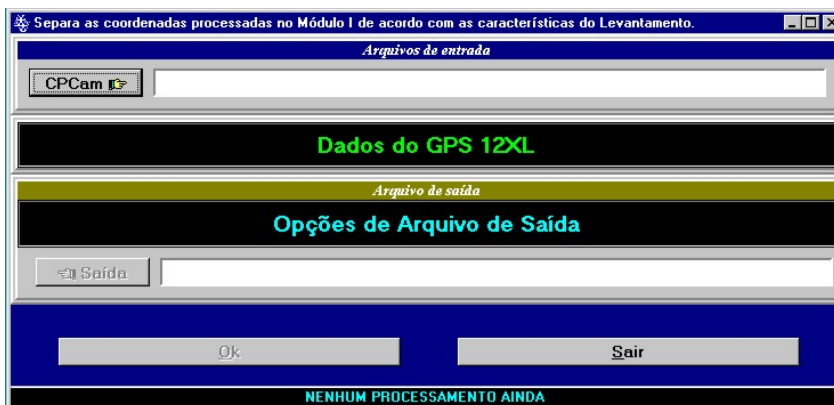




Fig. 14: Interface do Programa CoordGPS

Através do ícone  o usuário insere o nome do arquivo de entrada, e do ícone , o programa pede ao usuário que introduza o nome de um arquivo de saída. Com um clique sobre **Dados do GPS 12XL** o usuário encontra três opções para filtragem dos dados de saída, cada uma delas descritas no próprio *software*, bastando que se aperte sobre o **X** ao lado de cada caixa de entrada (Figura 15). Do mesmo modo ocorre com a caixa **Opções de Arquivo de Saída**.

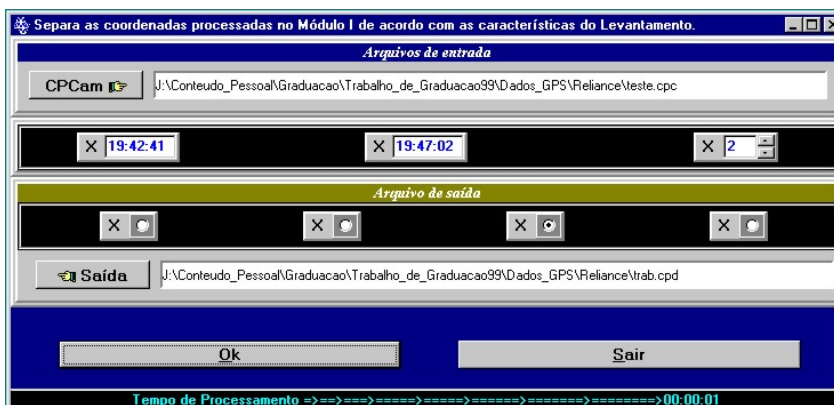


Fig. 15: Opções de saída de dados da interface do programa CoordGPS

2.4 InterFoto

O programa InterFoto (Figura 16) executa a interseção fotogramétrica simples, ou seja, utilizando-se de uma única base fotogramétrica e da orientação exterior de um par de imagens determina as coordenadas dos pontos no terreno (X, Y e Z).

Os principais dados de entrada para este programa vêm de três arquivos, sendo que os botões que executam a entrada possuem nomenclaturas mnemônicas ao seu conteúdo. Estes arquivos são os de orientação exterior (oriundo da fototriangulação executada com o TFTC), de fotocoordenadas de feições no terreno (oriundo do FOTOCIC) e um arquivo de relacionamento entre a numeração das bases do FOTOCIC com a do TFTC. Este último arquivo é necessário pelo fato da numeração das bases dadas no FOTOCIC obedecer à nomenclatura das imagens e a do TFTC obedecer a uma nomenclatura aleatória de quatro dígitos inteiros (Ex: 0011). Dois outros dados de entrada são o tipo de feição a ser processado e as distâncias focais das câmaras da esquerda e da direita, sendo este inseridos através de caixas de diálogo. Do mesmo modo que no CoordGPS, basta clicar e segurar sobre o **X** para ver que conteúdo deve-se adicionar na caixa de diálogo.

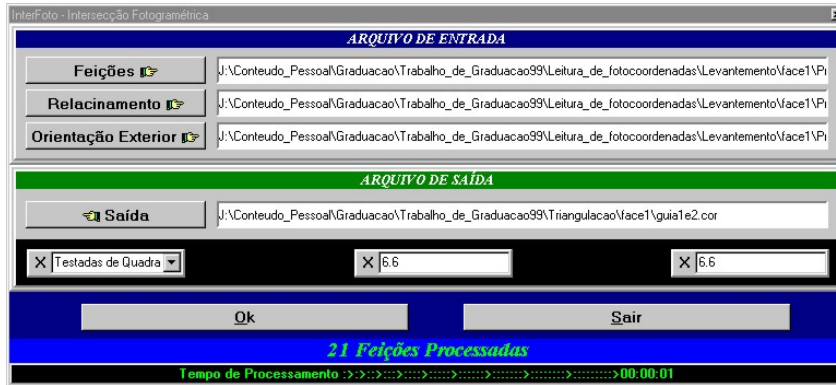


Fig. 16: Interface do Programa InterFoto

2.4.1 Método de Interseção Fotogramétrica do InterFoto

O modelo matemático utilizado para a realização da interseção fotogramétrica é o modelo de colinearidade (Andrade, 1998),

$$x = -f \cdot \frac{r_{11}(X - X_{CP}) + r_{12}(Y - Y_{CP}) + r_{13}(Z - Z_{CP})}{r_{31}(X - X_{CP}) + r_{32}(Y - Y_{CP}) + r_{33}(X - Y_{CP})} \quad (4)$$

$$y = -f \cdot \frac{r_{21}(X - X_{CP}) + r_{22}(Y - Y_{CP}) + r_{23}(Z - Z_{CP})}{r_{31}(X - X_{CP}) + r_{32}(Y - Y_{CP}) + r_{33}(X - Y_{CP})} \quad (5)$$

onde as incógnitas são as coordenadas de pontos no terreno (X, Y e Z) e as observações são as translações (X_{CP} , Y_{CP} e Z_{CP}), as rotações (κ, φ e ω) e as fotocoordenadas (x e y). O outro elemento da fórmula, a distância focal (f), é considerada constante.

Como este modelo é do tipo implícito e não linear, para estimar as coordenadas de pontos no espaço objeto há a necessidade de se utilizar o método combinado com iterações (Gemael, 1994). Sendo este método de difícil implementação computacional, devido à complexidade de suas matrizes, e para as iterações, é necessário o conhecimento de parâmetros aproximados, na implementação do InterFoto fez-se arranjos no modelo de colinearidade possibilitando a estimação das coordenadas tridimensionais de pontos no terreno pelo método paramétrico e sem iterações, como mostram as equações (6) e (7) (Galó, 1999; Guardia, Reiss e Silva, 1999).

$$(xr_{31} + fr_{11})X + (xr_{32} + fr_{12})Y + (xr_{33} + fr_{13})Z = xK + fl \quad (6)$$

$$(yr_{31} + fr_{21})X + (yr_{32} + fr_{22})Y + (yr_{33} + fr_{23})Z = yK + fj \quad (7)$$

donde: $l = (r_{11}X_{CP} + r_{12}Y_{CP} + r_{13}Z_{CP})$,
 $J = (r_{21}X_{CP} + r_{22}Y_{CP} + r_{23}Z_{CP})$ e
 $K = (r_{31}X_{CP} + r_{32}Y_{CP} + r_{33}Z_{CP})$

Arbitrando no arranjo acima do modelo de colinearidade: (X, Y e Z) como sendo as incógnitas e, para a câmara da esquerda, (X_{CP_e} , Y_{CP_e} , Z_{CP_e} , κE , φE e ωE) como constantes, $x_e K_e + f_e l_e$ e $y_e K_e + f_e j_e$ como pseudo-observações; e para a câmara da direita, (X_{CP_d} , Y_{CP_d} , Z_{CP_d} , κD , φD e ωD) como constantes, $x_d K_d + f_d l_d$ e $y_d K_d + f_d j_d$ como pseudo-observações; pelo método paramétrico

(Gemael,1994) tem-se um sistema linear de quatro equações a três incógnitas para cada base, que pode ser escrito na forma matricial por:

$$X = -[A^T P A]^{-1} A^T P L \quad (8)$$

sendo: $P=I$ e $L = -L_b$, e

$$A = \begin{bmatrix} x_e r_{31e} + f_e r_{11e} & x_e r_{32e} + f_e r_{12e} & x_e r_{33e} + f_e r_{13e} \\ y_e r_{31e} + f_e r_{21e} & y_e r_{32e} + f_e r_{22e} & y_e r_{33e} + f_e r_{23e} \\ x_d r_{31d} + f_d r_{11d} & x_d r_{32d} + f_d r_{12d} & x_d r_{33d} + f_d r_{13d} \\ y_d r_{31d} + f_d r_{21d} & y_d r_{32d} + f_d r_{22d} & y_d r_{33d} + f_d r_{23d} \end{bmatrix}$$

$$L_b = \begin{matrix} e \\ \begin{bmatrix} x_e K_e + f_e J_e \\ y_e K_e + f_e J_e \\ x_d K_d + f_d J_d \\ y_d K_d + f_d J_d \end{bmatrix} \end{matrix}$$

3 Desempenho dos programas desenvolvidos

Com o desenvolvimento destas ferramentas computacionais para a UMMD, uma considerável redução no custo de tempo de execução do projeto foi obtida. A Tabela abaixo relaciona as tarefas executadas através da utilização do programas desenvolvidos com uma comparação deste custo antes e depois do desenvolvimento delas. Tais dados foram gerados a partir do levantamento realizado no Trabalho de Graduação de *Guardia, Reiss e Silva* (1999).

Tabela 4 : Comparação do custo de tempo gastos em operações relacionados aos programas desenvolvidos

Tarefas	Custos (horas)	Método/Programa utilizado	Custos (horas)	Programa utilizado
Determinação das coordenadas dos centros perspectivos das câmaras	7,00	Calculadora Científica	0,50	CPCam
Determinação das imagens a serem utilizadas	3,00	Manual	1,50	CoordGPS
Leitura das fotocoordenadas nas imagens	33	<i>PhotoFinish</i> ou outros programas de edição de imagem	10,5	FOTOCIC
Processamento da interseção fotogramétrica	8	-	2	InterFoto
Total	51		19	

Pode-se notar, que nos trabalhos relacionados às tarefas executadas pelos programas desenvolvidos, houve uma redução de 62% no tempo de execução.

4 Conclusões

As ferramentas criadas para solucionar os problemas e agilizar algumas fases de processamento dos dados mostraram-se poderosas e eficientes para a execução dos trabalhos em escritório, propiciando uma considerável redução do tempo de levantamento e processamento dos dados.

Algoritmos e programas computacionais para a UMMD estão sendo desenvolvidos, por um novo grupo de Trabalho de Graduação, como por exemplo, algoritmos de correlação entre pontos nas imagens.

5 Referências bibliográficas

- Andrade, J. B.** *Fotogrametria*. Curitiba: SBEE, 1998. 258p.
- Batista, J. C.; Oliveira, R. A.; Silva, A. R..** *Levantamento Topográfico por Caminhamento Fotogramétrico*. Presidente Prudente, 1998. Trabalho de Graduação do Curso de Engenharia Cartográfica – Departamento de Cartografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia / Universidade Estadual Paulista.
- Galo, Maurício.** *Calibração de Câmaras Digitais*. Curitiba, 1993. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná.
- _____. *Notas de Aula de Fotogrametria III*. Presidente Prudente, 1999. Curso de Engenharia Cartográfica – Departamento de Cartografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia / Universidade Estadual Paulista.
- Guardia, M. C.; Reiss, M. L. L.; Silva, R. A. C.** *Levantamento Topográfico Usando o Sistema Móvel de Mapeamento Digital*. Presidente Prudente, 1999. Trabalho de Graduação do Curso de Engenharia Cartográfica – Departamento de Cartografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia / Universidade Estadual Paulista.
- Gemael, Camil.** *Introdução ao Ajustamento de Observações*. Ed. UFPR, Curitiba, 1994. 319p.

Oliveira, K. C. L. *Modelo Geoidal para a Região de Presidente Prudente*. Presidente Prudente, 1998. Curso de Engenharia Cartográfica – Departamento de Cartografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia / Universidade Estadual Paulista.

Silva, J. F. C.; Oliveira, R.A. *Caminhamento Fotogramétrico para Levantamentos Urbanos*. In: XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 1997.

Silva, J. F. C. *A Inferência Baysiana e a Detecção e Localização de Erros Grosseiros em Fototriangulação por Feixes de Raios*. Curitiba, 1987. Tese de Doutorado em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná.