

IMPLEMENTAÇÃO DE ENTRADA DE DADOS PARA MODELOS NUMÉRICOS DO TERRENO GERADOS COM UM ESTEREORESTITUIDOR ANALÍTICO NO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DESENVOLVIDO PELO INPE

CLAUDIA ROBBI ¹
GUARACI JOSÉ ERTHAL ²
LUIZ ALBERTO VIEIRA DIAS ²
JOÃO BOSCO LUGNANI ¹

¹ Departamento de Geociências, UFPR
Centro Politécnico, Jardim das Américas
81531-970 Curitiba, PR

² Coordenadoria Geral de Observação da Terra, INPE
Av. dos Astronautas, 1758
12227-010 São José dos Campos, SP
vieira@dpi.inpe.br

Abstract. Due to SGI generates and manipulates Digital Terrain Models and PLANICOMP can store coordinates for this task, this work realized a connection between SGI and analytical stereo plotter PLANICOMP. Then, the PLANICOMP useful capabilities for this purpose were detected, and interfaces developed and tested. The results are present in this paper.

INTRODUÇÃO

Os sistemas analíticos de estereorestituição possuem características que extrapolam a possibilidade de digitalização de feições para mapeamento sobre modelos fotogramétricos. Entre as demais potencialidades destes instrumentos encontra-se o registro de coordenadas de pontos do terreno para gerar modelos numéricos do terreno - MNT.

Considerando que o SGI gera e manipula MNT, e sendo o PLANICOMP um estereorestituidor analítico capaz de registrar coordenadas de pontos do terreno para tal fim, este trabalho propôs a conexão entre estes sistemas para a geração de MNT. Diante disso, dentro das potencialidades do PLANICOMP C120, este estudo definiu quais recursos deste instrumento geram resultados possíveis de serem introduzidos na base de dados do SGI; e desenvolveu uma interface para entrada de isolinhas no SGI, ambos intencionando a geração de MNT.

ARMAZENAMENTO DE INFORMAÇÕES PARA MNT COM O PLANICOMP

Por ser um sistema de estereorestituição analítico, o PLANICOMP C120 permite, além da digitalização de feições para mapeamento, o registro de

informações para MNT. Estas informações são armazenadas nos chamados arquivos gerais, criados e editados através do programa GEFIL, com possibilidade de saída em arquivos ASCII.

Na criação de um arquivo geral, além da denominação deste, o formato dos dados deve ser definido através do código RFORM. A estrutura de dados destes arquivos é função da definição deste código, que pode combinar tipos de dados e quantidades destes, de acordo com as possibilidades encontradas na tabela 1. O código a ser definido dependerá da tarefa a ser realizada, cujos resultados são armazenados no arquivo indicado.

Através do programa B83, capaz de medir e codificar elementos gráficos, as curvas de nível podem ser armazenadas. Após a chamada do programa, antes de iniciar a restituição de qualquer feição, o operador estabelece o modo de operação, podendo ser MODO PONTO, MODO LINHA ABERTA, MODO LINHA FECHADA ou MODO DECLIVIDADE. Em cada modo de operação há alguns modos de digitalização, relacionados ao tipo e forma da feição.

Para a medição de pontos de curvas de nível, os modos de digitalização "TRACING" e "SPLINE", do modo de operação LINHA ABERTA são utilizados. No modo "TRACING" o armazenamento dos pontos

Tabela 1. Tipo e formato dos dados para arquivos gerais GEFIL

Tipo	Formato	Precisão	Comprimento da palavra
1	I4	inteiro	1
2	I6	inteiro	1
3	F8.3	real	2
4	F12.3	real	2
5	F12.3	dupla precisão	3
6	I13	dupla precisão	3

de uma linha curva é incremental, exigindo que o operador apenas acompanhe a feição. No modo "SPLINE", o operador acompanha uma feição curva armazenando os pontos desta. A diferença do modo "SPLINE" para o modo "TRACING" reside em que, se no modo "TRACING" o registro dos pontos é incremental, no modo "SPLINE" todos os pontos armazenados da feição são definidos pelo operador. Neste programa, o parâmetro RFORM deve ser 163511, ou seja, para cada registro do arquivo geral há um tipo de dado de valor 6, três tipos de valor 5 e um tipo de valor 1. Os códigos que caracterizam os modos de digitalização, neste caso, "SPLINE" e "TRACING", são armazenados na quinta entrada de cada registro.

Como apenas alguns pontos da curva são armazenados durante a restituição, o traçado completo da feição na mesa traçadora DZ-7 é responsabilidade das subrotinas da interface GRAPH F1. Através desta interface, uma curva spline é devidamente reconstruída.

Para gerar modelos numéricos do terreno, o sistema PLANICOMP C120 oferece três possibilidades de captura de dados, as quais diferem pela localização plana dos pontos, cujas coordenadas serão armazenadas. Estas diferentes possibilidades encontram-se em três programas: a) B70 - "RECORD TERRAIN MODEL"; b) B71 - "RECORD TERRAIN PROFILE"; c) B72 - "RECORD TERRAIN GRID".

No programa B70 o registro dos pontos é feito percorrendo-se feições lineares, podendo estas serem curvas de nível, rios, contornos de áreas, e assim por diante. Este oferece dois modos de digitalização, permitindo registrar coordenadas individualmente, ou seja ponto a ponto, ou incrementalmente.

Se varredura ao longo de perfis é pretendida, o programa B71 a possibilita. A determinação dos perfis depende de parâmetros definidos anteriormente

à digitalização, sendo estes: a) número total de perfis; b) comprimento do perfil em unidade do terreno; c) espaçamento entre perfis em unidade do terreno; d) ângulo horário em relação à direção positiva do eixo Y do modelo. Estes parâmetros são dependentes da posição da marca flutuante no momento em que a digitalização é iniciada.

Na terceira possibilidade, ou seja, no programa B72 uma grade é definida a partir dos parâmetros: a) comprimento dos perfis; b) número de perfis; c) intervalo em X e Y da grade. Com a grade definida dois modos de digitalização são possíveis: a) modo "CROSS", o qual posiciona automaticamente a marca flutuante nas intersecções da grade; b) modo LINHA, que permite o traçado livre sobre as feições, e no momento que a marca flutuante cruza uma linha da grade, este ponto é automaticamente armazenado.

Como pode-se, através destes programas, armazenar as coordenadas dos pontos nos arquivos gerais, o formato dos dados deve ser definido a partir do parâmetro RFORM. Para estes, o sistema aceita os formatos apresentados na tabela 2, quando a intenção é armazenar coordenadas no sistema terrestre.

ENTRADA DE DADOS PARA MNT OBTIDOS COM O PLANICOMP C120 NO SGI

Entre as potencialidades do sistema analítico de estereorestituição PLANICOMP, encontram-se os programas que permitem a restituição de pontos para MNT. As coordenadas de pontos assim obtidas enquadram-se, no SGI, na categoria de dados MNT. Consequentemente os aplicativos responsáveis pela coleta e armazenamento destes dados no SGI, devem ser parte do submódulo ENTRADA DE MNT.

Tabela 2. Formato de dados para MNT

FORMATO DOS DADOS		RFORM
I13, 3F12.3	para NO,XG,YG,ZG	1635
I13, 3F12.3	NO,XG,YG	1625
I13, F10.3	NO,ZG	1614
2F12.3, F10.3	XG,YG,ZG	2514

Figura 1: Submódulo ENTRADA DE MNT

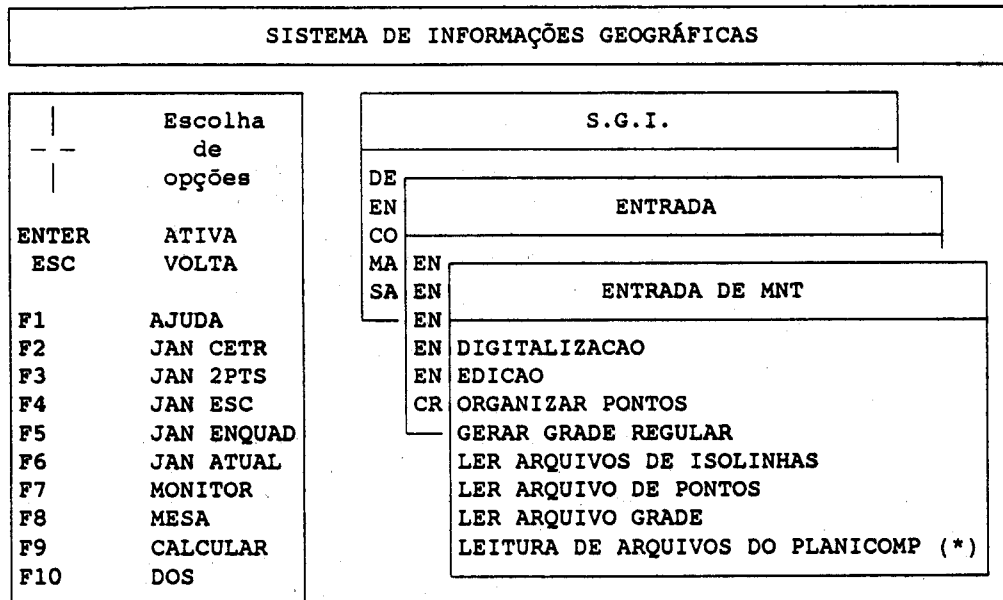
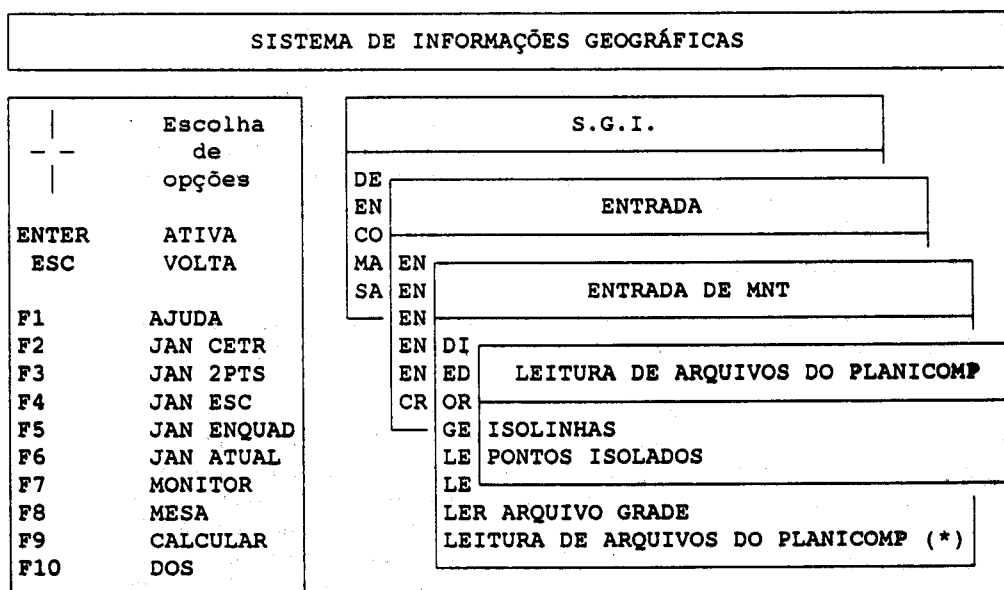


Figura 2: Submódulo ENTRADA DE MNT com menu para dados do PLANICOMP



Como na categoria de dados MNT do SGI, tanto isolinhas como pontos isolados podem gerar modelos numéricos do terreno, os aplicativos capazes de coletar tais dados provenientes do PLANICOMP devem prever ambas as situações. Por isso, no submódulo ENTRADA DE MNT um menu, contendo os aplicativos para ler arquivos de isolinhas e pontos de perfil obtidos fotogrametricamente, é adicionado ao ambiente do SGI, como pode ser observado nas figuras 1 e 2.

IMPLEMENTAÇÃO DAS INTERFACES PARA MNT

Leitura de arquivos de isolinhas

No SGI as isolinhas pertencentes a categoria de dados MNT são armazenadas na base de dados pelas coordenadas dos pontos das feições, quantidade dos pontos definidores de cada linha e a coordenada z, cota ou altitude, de cada linha. Assim, a interface capacitada a ler e compatibilizar os registros gravados no arquivo ASCII da restituição, está baseada num algoritmo que, após recuperar as informações armazenadas na base de dados do SGI quando da definição de projeto e plano de informação (PI), procede à leitura do arquivo ASCII proveniente do PLANICOMP. Nesta fase do algoritmo, quando os modos de digitalização "SPLINE" ou "TRACING" são detectados, as coordenadas (x,y) de cada linha são armazenadas em vetores. Estes vetores de coordenadas x e y de cada linha, e a quantidade de pontos destas, são armazenados na base de dados do SGI.

Além disso, devido à necessidade de armazenamento da coordenada z de cada linha, neste algoritmo é realizada a leitura das coordenadas z de cada ponto. Porém, isso exige a consideração de dois fatores. O primeiro constata o fato de que no SGI apenas uma coordenada z de cada isolinha é armazenada. O segundo diz respeito à sensibilidade dos "encoders" do PLANICOMP, isto é, por melhor que seja o trabalho do operador fotogrametrista em acompanhar uma mesma isolinha, diferenças nos dígitos decimais em coordenada z serão registrados. Considerando estes fatos, a interface assume a média aritmética da coordenadas z, de todos os pontos de uma mesma isolinha, para o armazenamento do valor da cota desta. Por ser uma interface para MNT, a interpolação de uma curva entre os pontos conhecidos da linha não é realizada. Isto porque, na geração de modelos numéricos do terreno, uma grade regular é criada, sobre a qual são interpolados os pontos que definem a superfície do terreno.

Leitura de pontos isolados

Se por um lado o PLANICOMP permite o registro de

pontos para MNT, e por outro o SGI pode a partir de pontos de coordenadas (x,y,z) conhecidos gerar MNT, a digitalização de pontos no PLANICOMP com os programas B70, B71 e B72 podem ser úteis a projetos desenvolvidos com o SGI.

Neste caso, o mesmo "software" que executa a transferência de pontos, de amostra (x,y,z) da categoria MNT, de um arquivo ASCII para a base de dados do SGI pode ser utilizado, se o formato de registro dos dados no PLANICOMP for RFORM=2514, no qual apenas as coordenadas (x,y,z) de cada ponto serão armazenadas.

Com base neste raciocínio, uma interface para este propósito não precisa ser desenvolvida, e a solução para esta situação consiste em acionar o programa asc_pt2.exe já existente no ambiente do SGI, quando for chamada a função LER PONTOS ISOLADOS do menu LEITURA DE ARQUIVOS PLANICOMP do submódulo ENTRADA DE MNT.

METODOLOGIA DE TRABALHO

Como as interfaces estão inseridas no ambiente do SGI, e devido às características deste e do PLANICOMP, a metodologia de trabalho do operador fotogrametrista não precisa ser alterada, uma vez que as informações necessárias à definição de projeto e planos de informação podem ser fornecidas à parte dos arquivos ASCII gerados no PLANICOMP. Estas informações, juntamente com seus significados são:

- sistema de coordenadas: ou projeção cartográfica utilizada na determinação dos pontos aerotriangulados, podendo ser UTM, topográfico local ou GAUSS;
- escala do modelo da restituição;
- unidade métrica: dos pontos aerotriangulados;
- datum horizontal e meridiano central: fornecidos se para os pontos aerotriangulados forem usados os sistemas UTM ou GAUSS;
- coordenadas dos cantos da folha ou modelo restituídos, usadas para orientação da mesa traçadora do PLANICOMP.

Quando o usuário do SGI, de posse dos arquivos ASCII do PLANICOMP, for definir o projeto de trabalho, estas informações corresponderão à:

- projeção: os sistemas UTM e GAUSS são contemplados no SGI, porém se o sistema topográfico local foi utilizado na aerotriangulação, a opção NENHUMA do SGI deve ser escolhida;
- escala: denominador da escala do modelo aerofotogramétrico;
- unidade: unidade métrica dos pontos aerotriangulados;
- datum horizontal: podendo ser SAD, para o SAD 69; CORREGO, para Córrego Alegre; ou OUTROS, para um datum diferente dos previstos pelo sistema. Se os pontos aerotriangulados foram determinados num sistema topográfico local, a opção NDA o contempla;
- coordenadas envoltentes do projeto: coincidente com as coordenadas dos cantos da folha ou modelo restituídos.

Na criação dos planos de informação para dados que geram MNT, a categoria de dados MNT deve ser, obviamente, escolhida. Com os PIs criados, no módulo ENTRADA DE MNT, o submódulo LEITURA DE ARQUIVOS DO PLANICOMP é acionado. Neste, duas interfaces são apresentadas ao usuário: entrada de isolinhas e entrada de pontos isolados. Em ambas as funções são requisitados o nome do PI e o nome do arquivo ASCII gerado no PLANICOMP. Naturalmente, a qualidade da restituição depende a quantidade de edição a ser realizada no SGI.

RESULTADOS

Estas interfaces foram testadas em dois exemplos fornecidos pela Empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A. Para a leitura de isolinhas foram utilizados os arquivos de restituição das curvas de nível, resultantes de um trabalho para fins comerciais, contratado pela CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central. Deste

projeto, a região utilizada para verificar esta interface corresponde a folha 181 compreendida entre as coordenadas UTM N=8233040.569m, E=158658.959m e N=8237756.947m, E=165426.842m, restituída com a metodologia usualmente empregada na empresa.

Para a leitura de pontos isolados, o perfilamento de um modelo foi executado com o Programa B71 - RECORD TERRAIN PROFILE, com registro incremental dos pontos. O incremento de distância entre dois pontos foi escolhido como 40,0m, sendo o intervalo entre perfis de 80,0m, com 18 perfis de 2660,0m de comprimento cobrindo todo o modelo. O azimute adotado foi de 0°, significando que os perfis foram percorridos em direções paralelas ao eixo Y do sistema de coordenadas terrestre.

Entrada no SGI de isolinhas para MNT

Após criados projeto e plano de informação, esta função foi chamada, e a leitura das curvas de nível realizada, cujo resultado é mostrado na figura 3.

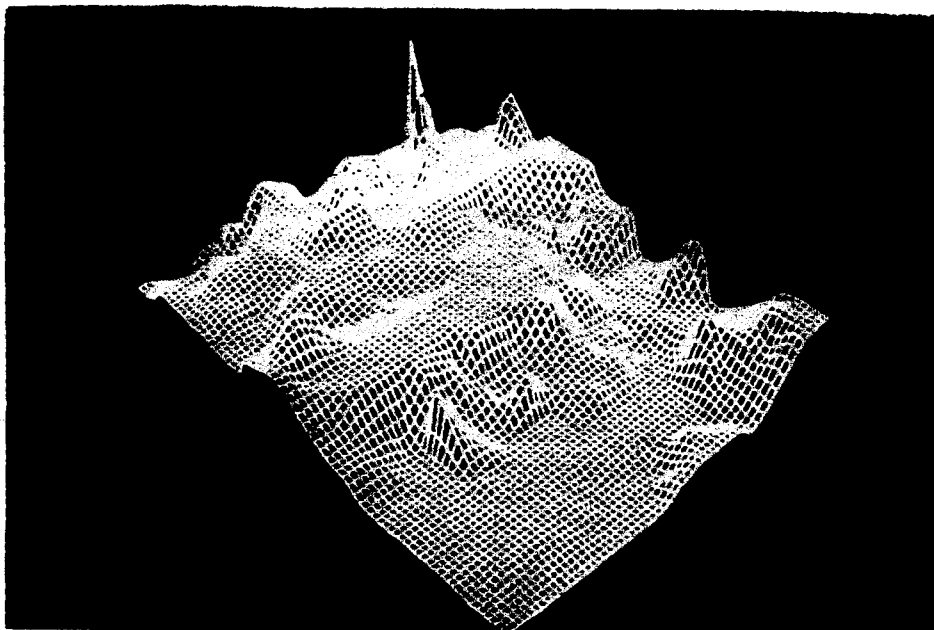
Figura 3. Armazenamento das curvas de nível mestras no SGI para MNT



Após o armazenamento das curvas de nível, executou-se os seguintes passos para gerar o modelo numérico do terreno: a) organizar pontos; b) gerar

grade regular; c) refinar grade regular; d) visualizar 3D. Como resultado foi gerada a imagem tridimensional do terreno mostrada na figura 4.

Figura 4. Imagem tridimensional gerada a partir das curvas de nível mestras

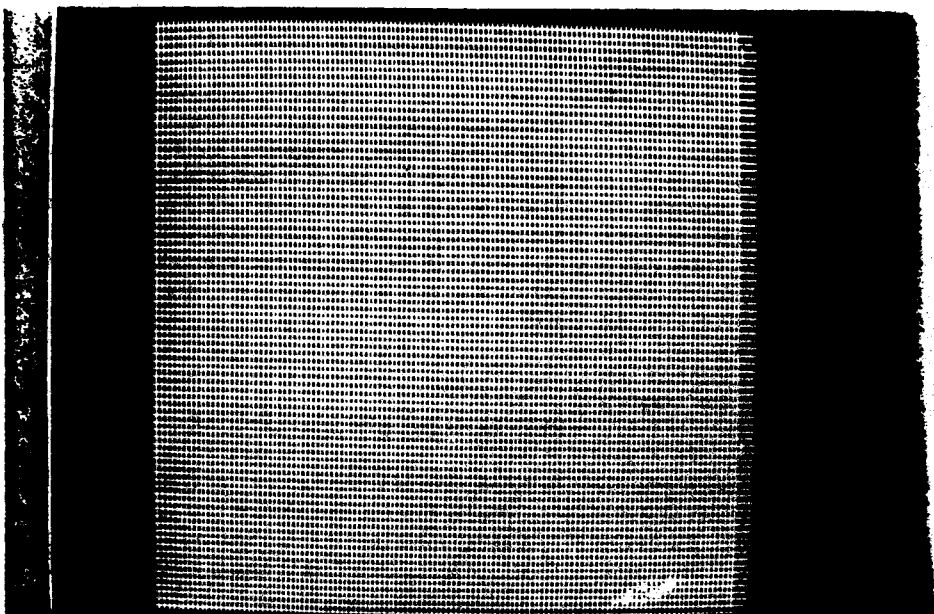


Entrada no SGI de pontos isolados

Como os dados, neste caso, correspondem a uma outra região geográfica, um novo projeto e planos de informação foram criados. Após estes criados, e as

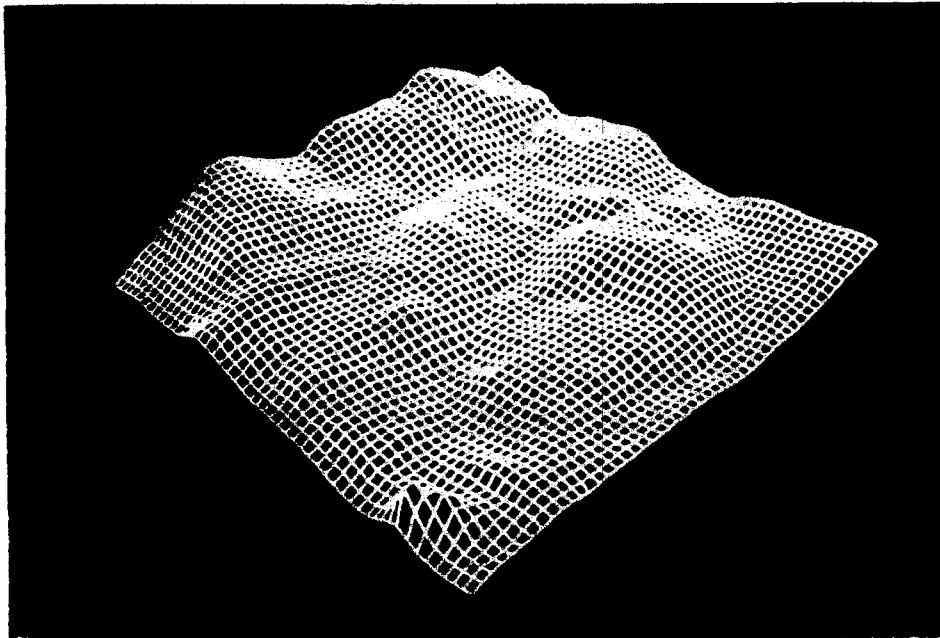
informações necessárias à execução da função armazenadas, o arquivo de dados foi lido pela interface. O primeiro resultado desta etapa, ou seja, a imagem dos pontos armazenados na base de dados, é apresentado na figura 5.

Figura 5. Armazenamento dos pontos obtidos por perfilamento de um modelo fotogramétrico



As etapas seguintes foram semelhantes às descritas no item anterior, com a inclusão da geração e visualização das isolinhas a partir dos pontos armazenados. O resultado do MNT gerado é mostrado na figura 6.

Figura 6. Imagem tridimensional do terreno gerada a partir do perfilamento de um modelo fotogramétrico



CONCLUSÕES

A digitalização de pontos ou feições da superfície terrestre diretamente de modelos fotogramétricos apresenta resultados de maior qualidade, quando comparados à digitalização de mapas existentes, uma vez que nestes as feições representadas sofreram processos de classificação e generalização. Além disso, a tecnologia computacional, que propiciou o desenvolvimento dos "softwares" para sistemas de informações geográficas, está atualmente presente em todas as atividades de mapeamento, entre elas a fotogrametria analítica, permitindo que os resultados dos trabalhos de mapeamento sejam fornecidos na forma digital. Portanto, a integração de estereorestituidores analíticos com sistemas de informações geográficas é necessária, em vista da qualidade dos dados.

Diante desta perspectiva, este trabalho integrou ao SGI resultados obtidos com o PLANICOMP, os quais extrapolam a digitalização de modelos fotogramétricos para mapeamento, ou seja, possibilitaram a geração de modelos numéricos do terreno. Nesta integração, uma interface foi

desenvolvida para leitura de arquivos de isolinhas, e outra já existente no SGI utilizada para leitura de arquivos de pontos armazenados, no PLANICOMP, especificamente para geração de MNT.

Dos testes realizados, constatou-se que esta integração é possível, uma vez que os resultados pretendidos foram alcançados. Com isso, para a geração de MNT, além da coleta de dados por mesas digitalizadoras, no SGI atualmente pode-se armazenar dados obtidos com estereorestituidor analítico PLANICOMP, significando que dados fotogramétricos são diretamente armazenados na base de dados do SGI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAM, M. M. A Review of Data Acquisition Systems Present and Future and their Effect on Cartographic Information Systems. 14th Congress of the International Society for Photogrammetry Commission IV, Working group 1. Hamburgo, 1980. 21-35.

- BURROUGH, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, 5. reimp. Oxford, Clarence Press, 1990. 194p. (Cap.1,2 e 4)
- WARNER, W. S. et alli. GIS Data Capture from Aerial Photographs: a case study. Photogrammetric Record, 13(77):691-701. abr.1991.
- DALE, P. F. Geographical Information Systems and Photogrammetry: Organisational Issues. Photogrammetric Record, 13(77):679-683. abr.1991.
- ZEISS WEST GERMANY. PLANICOMP C100/120/130 - Manual de manejo 51-1088s, Oberkochen
- EREZ, M. T. & DORRER, E. Photogrammetric Data Acquisition Using an Interactive Computer Graphics System. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 50(2):183-188. feb.1984.
- ZEISS WEST GERMANY. DZ7-AS -Reference Manual 51-1129, Oberkochen
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. SGI - Manual do usuário. São José dos Campos, ano 1990.
- ZEISS WEST GERMANY. GRAPH F1 subroutine library for programming graphical tasks 51-1116, Oberkochen
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. SGI - Manual de programação. São José dos Campos, ano 1990.
- ZEISS WEST GERMANY. GEFIO Operating Instructions 51-1136e, Oberkochen
- WALKER, A. S. Input of Photogrammetric Data to Geographical Information Systems. Photogrammetric Record, 12(70):459-471. oct.1987.