

15<sup>o</sup>  
CBC

# XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA

28 DE JULHO A  
02 DE AGOSTO  
DE 1991

**EXPOSICARTA '91**

**ENCONTRO INTERNACIONAL  
DE ENSINO E FORMAÇÃO  
PROFISSIONAL**

**SENSORIAMENTO REMOTO**

**ASTRONOMIA, GEODÉSIA E TOPOGRAFIA**

**HIDROGRAFIA**

**FOTOGRAMETRIA**

**FOTOINTERPRETAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE  
IMAGENS**

**CARTOGRAFIA TOPOGRÁFICA, TEMÁTICA E ESPECIAL**

**ENSINO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL**

**SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOAMBIENTAIS**

**WORKSHOP DE  
NAVEGAÇÃO E**

**POSICIONAMENTO  
DE SENSORES**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP - SP

**COLETÂNEA  
DE**

**TRABALHOS TÉCNICOS**

SYSINC	820820
PROG	001759
AGENCY: CESC	

st. 820820

## ÍNDICE

### COMISSÃO TÉCNICA IV - FOTOGRAMETRIA

Calibração de Câmaras Digitais <i>Antônio Maria Garcia Tommaselli e Clésio Luís Tozzi</i>	239
Correlação de Imagens Digitais <i>Julia Celia Mercedes Strauch e João Bosco Lugnani</i>	249
Fotogrametria, Cartografia e Visão Computacional <i>Antônio Maria Garcia Tommaselli e Clésio Luís Tozzi</i>	259
Monorestituição: Uma Nova Solução <i>Aluís Porfírio Dal Poz</i>	269
Processo de Detecção de Erro em Fotocoordenadas Utilizando a Área de Recobrimento Triplo <i>Marconi Antônio dos Santos</i>	275
Restituição Digital Visando SIG <i>Ricardo de Miranda Kleiner</i>	279
Uso de "Inductosyn" Nacional para Conversão de Restituído Analógico em Plataforma Digital <i>Wagner Fontes Barreto, Frederico Pereira Laier, Rogério de Albuquerque de Almeida e Marta Verônica Bastos Vieira de Souza</i>	284

### COMISSÃO TÉCNICA V - FOTOINTERPRETAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS

Emprego de Imagens TM Landsat na Atualização de Mapeamento do Uso do Solo na Região de Araçatuba <i>Lucilene Adriane Santiago</i>	295
INBM: Um Projeto de Parceria para Restituição Altimétrica de Imagens HRV-SPOT <i>Antônio José Ferreira Machado e Silva, Raul Edgard Germano Braga e Luiz Alberto Vieira Dias</i>	302

Projeção Cartográfica nas Imagens Spot Nível 1B Antônio José Ferreira Machado e Silva	312
--	-----

## COMISSÃO TÉCNICA VI - CARTOGRAFIA TOPOGRÁFICA, TEMÁTICA E ESPECIAL

Aquisição de Dados Cartográficos Digitais Tri-Dimensionais Ronaldo Garry Muller	325
As Cartas do Sistema Natural e Antrópico do Município de Florianópolis* Marcelo Vieira Nascimento	329
Atualização de Cartas na Escala de 1:250.000* Arlete A. C. Meneguette e Eliane Alves da Silva	331
CAD, GIS, DBMS ou Cartografia Digital? Jorge Pimentel Cintra	343
Carta Clinográfica ou de Declives - Confecção e Utilização Marcelo Vieira Nascimento	349
Cartografia Ambiental: Uma Cartografia Especial Muito Especial... Marcello Martinelli	353
Cartografia Temática e seu Desenvolvimento: Algumas Considerações Valdemiro Lopes dos Santos	357
Cartografia e Ecologia - O Estudo de Zonas Críticas de Alterações do Meio Ambiente a Nível Global Eliane Alves da Silva	363
Computação Aplicada à Cartografia: Levantamento dos Trabalhos Publicados em Congressos da Sociedade Brasileira de Cartografia Alfredo Pereira de Queiroz Filho	373
Experiência de Aplicação do Programa SURFER em Modelagem Digital de Terreno Jorge Pimentel Cintra e Maria Teresa Franço	381

Fotogrametria Terrestre no Levantamento de Sítios Arqueológicos com Arte Rupestre Pré-Histórica*	394
<i>Francisco Jaime Bezerra Mendonça</i>	
Geração Automática de Curvas de Nível	397
<i>Carlos Augusto de Araujo Gondim</i>	
Mapa Geológico - Procedimentos para Elaboração Gráfica	404
<i>Maria do Carmo Soares Rodrigues dos Santos</i>	
Monitoramento da Expansão Urbana no Distrito Federal do Brasil e sua Região do Entorno Imediato (1964 - 1990)	411
<i>Rafael Sanzio Araújo dos Anjos</i>	
Os Fundamentos Semiológicos da Cartografia Temática	419
<i>Marcello Martinelli</i>	
Os Mapas do Meio Físico como Instrumento de Planejamento: Folha Taubaté, um Exemplo de Aplicação	423
<i>Carlos Alberto Bistrichi, Vilma Alves Campanha e Maria do Carmo Soares Rodrigues dos Santos</i>	
Representação de Informações Difusas na Classificação de Imagens Digitais, Visando à Elaboração de Mapas Temáticos	433
<i>Édis Mafra Lapolli, Alceu Ribeiro Alves, Carlos Loch e Ricardo Miranda Barcia</i>	
Sistema de Mapeamento Utilizado na CEMIG	438
<i>Fernando Rogério Magalhães de Brito e Júlio Cesar Lemes</i>	
Sistemática para Elaboração de Produtos Cartográficos Digitais	448
<i>Claudionor Tusco</i>	
Uso da Terra, Declividade e Fertilidade do Solo em uma Microbacia do Rio Gramame no Município do Conde-PB	452
<i>Olívio Ribeiro Campos Filho, Luiz Carlos Timóteo Araruna e José Sales Mariano da Rocha</i>	

..Experiência de aplicação do programa SURFER em  
Modelagem Digital de Terreno

Jorge Pimentel Cintra  
Universidade de São Paulo  
Escola Politécnica - USP  
Departamento de Transportes - PTR  
Cx. Postal 8191, CEP 05.508  
Cidade Universitária - São Paulo

Maria Teresa Françoso  
Paulo Cesar Lima Segantine  
Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Departamento de Transportes - STT  
Cx. Postal 359, CEP 13.560  
São Carlos - São Paulo

RESUMO

Neste trabalho, é relatada a experiência de aplicação do sistema SURFER, na elaboração de curvas de isovalor de um conjunto de pontos (x,y,z), os quais representam o relevo de um terreno.

ABSTRACT

This paper relates the experience of an application of the SURFER's system, in the elaboration of the contours from a set of points (x,y,z), which represent the terrain's relief.

1. Introdução

O advento dos computadores provocou um avanço tecnológico em todas as áreas da engenharia. Em particular na topografia, esta tecnologia incide no sentido de automatizar algumas de suas tarefas, desde a obtenção de dados em campo até a elaboração iterativa de projetos.

Para CINTRA (1990), esse avanço pode ser dividido em três etapas. Inicialmente o computador foi utilizado como instrumento de cálculo.

Numa segunda etapa a grande preocupação foi com a manipulação de dados e a organização em uma estrutura que facilite ao máximo o trabalho e o controle por parte do usuário. Paralelamente, surgiu a computação gráfica que, dentro desta etapa de desenvolvimento, é utilizada para o desenho automatizado das figuras planas que completam os memoriais descritivos de poligonais e lotes. Numa última etapa, o computador foi utilizado como auxiliar de projeto, permitindo ao usuário uma iteração no sentido de

facilitar a análise de alternativas viáveis, explorar possibilidades criativas e oferecer mais elementos técnicos para uma decisão rápida e segura. Esse novo enfoque pretende representar e tratar dados do terreno através de um modelo digital. Estes modelos são denominados Modelos Digitais do Terreno - MDT - ou Modelos Numéricos de Elevação - MNE.

Historicamente o termo Modelos Digitais de Terreno (MDT) tem sido genericamente usado para referir a alguma representação da superfície terrestre (MILLER and LEFLAMME 1958 apud CARTER 1988), BURROUGH (1986) argumentou que o termo Modelo Digital de Elevação (MDE) é preferível quando considera-se somente a altimetria.

Este trabalho, apresenta-se inicialmente os fundamentos teóricos sobre a modelagem do terreno. Em seguida apresenta-se as características do sistema SURFER. Relata-se também uma experiência de aplicação deste sistema na elaboração de curvas de isovalor de um conjunto de pontos (x,y,z), os quais representam o relevo do terreno de uma determinada área. Faz-se também uma análise comparativa dos resultados obtidos por este sistema com os obtidos pelos métodos tradicionais (cálculo e desenho manual), destacando-se alguns pontos relevantes úteis aos usuários.

## 2. Modelo Digital do Terreno

### 2.1 Definição

Ao que tudo indica, a história da Modelagem Digital de Terreno (em Inglês: Digital Terrain Model - DTM) surgiu três décadas atrás no Massachusetts Institute of Technology com as idéias de Miller (1958).

Modelos Digitais do Terreno representam a variação de uma determinada característica associada (a cota) a cada ponto do terreno possibilitando gerar curvas de isovalor ou curvas de nível. O esquema para outras aplicações é análogo, podendo-se representar

outras variáveis, como por exemplo: batimetria, altimetria, temperatura, teores geoquímicos e geofísicos, teores de minérios etc..

### 2.2 Aplicações do Modelo Digital do Terreno

Dados ou informações espaciais são o ponto de partida da maior parte dos projetos. Estes dados através da topografia clássica, a aerofotogrametria e a modelagem digital do terreno, geralmente apresentam-se em mapas, plantas ou bancos de dados.

Os MDTs tem aplicações importantes em projetos de engenharia, principalmente na civil. Nesta área, frequentemente surge a necessidade de realizar modificações no terreno para diversos tipos de projetos: projeto geométrico de estradas, barragens, construções civis etc.. (vide FELGUEIRAS, 1990).

Os modelos digitais, permitem aos usuários:

- \* calcular volumes e áreas; gerar mapas de curvas de nível (curvas que unem pontos de uma superfície que possui a mesma cota);
- \* gerar mapas de declividade;
- \* determinar a intervisibilidade entre pontos de um modelo;
- \* desenhar perfis, seções transversais, plantas topográficas, perspectivas tridimensionais;
- \* otimizar o traçado plano-altimétrico de estradas;
- \* estudar alternativas de projetos do meio ambiente;
- \* simular diversas situações sobre o terreno.

Portanto, estes modelos estão diretamente voltados para o projeto, facilitando análises de alternativas, permitindo maior liberdade criativa e, conseqüentemente, oferecendo mais elementos para uma decisão acertada.

No caso do MDT estar integrado em um sistema de informação geográfica (SIG), o usuário terá ainda a oportunidade de combinar os resultados do MDT com mapas ou

imagens de satélites para obter outras informações e atualizar mapas.

### 2.3 Geração de Modelos digitais do terreno

A construção do MDT parte de um conjunto de dados ou informações obtidas de uma superfície real, representados por coordenadas cartesianas  $x$ ,  $y$  e  $z$ . As coordenadas  $x$  e  $y$  estão associadas a distribuição espacial das amostras e a coordenada  $z$  representa os valores que se quer modelar.

Portanto, o processo de elaboração dos MDTs, envolve duas fases distintas: a aquisição dos dados e a geração do modelo. A fase de aquisição das amostras compreende a coleta de um conjunto de pontos ( $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$ ) da superfície real onde se irá trabalhar. Esta fase é determinante na qualidade final do modelo gerado, pois, sendo a superfície do terreno irregular, torna-se impossível representá-la matematicamente em todos seus detalhes. Consequentemente, impõe-se uma criteriosa filtragem de dados cujos valores discretos sejam representativos da característica que se pretende modelar. No caso da altimetria, há uma nítida preferência por pontos notáveis do terreno - máxima e mínima cotas, mudanças de declividades, linhas de cumeada ou vale, divisores d'água etc. - a fim de minimizar distorções.

Os modelos digitais podem ser gerados por equações analíticas (polinômios, funções splines, séries de Fourier etc.), redes ordenadas de pontos (malha retangular, triangular, quadrada etc.), ou qualquer outro modo de transmitir ao computador dados espaciais que representam a variação de uma determinada característica, associada a cada ponto da superfície terrestre. As técnicas de obtenção das curvas de isovalor também variam muito de modelo para modelo.

#### 2.3.1 Modelos que utilizam equações analíticas

Este método consiste em aproximar a superfície do terreno a uma função contínua que se adapte aos pontos de controle. Essa solução costuma ser inviável do ponto de vista computacional, pois na maior parte dos casos a equação polinomial possui um grau elevado, gerando tempo de computação elevado e nem por isso produzindo melhores desenhos e modelos.

As funções mais usadas são a polinomiais, splines ou as séries de Fourier (vide YOUKOWITZ & SZIDAROVSKY, 1986; CINTRA, 1990 e KENNIE & PETRIE, 1990).

Os polinômios de grau relativamente elevado costumam formar "enrugamentos" irreais, enquanto que os de baixo grau podem suavizar as formas do terreno.

Ainda que sejam um tipo especial de polinômio, as funções splines merecem destaque. Essa função de grau  $k$ , adaptada a  $n$  pontos, é constituída em cada intervalo entre dois pontos por um arco polinomial de grau menor ou igual a  $k$ , tendo as  $(k - 1)$  primeiras derivadas contínuas (mais detalhes em MADERLECHNER et alli, 1984).

O emprego das séries de Fourier pode levar em muitos casos a resultados mais precisos. No entanto, a experiência mostra que o método é muito sensível à escolha da direção dos eixos  $x$  e  $y$ . Uma inversão ou rotação parcial leva a resultados bastante diferentes.

#### 2.3.2 Modelos que utilizam redes de pontos

Esse método consiste em trabalhar com redes discretas de pontos. Os mais utilizados atualmente são os modelos de malha poligonal, com destaque às malhas quadradas e triangulares.

A malha triangular deve ser usada para aplicações de maior precisão, pois os triângulos são gerados

diretamente sobre o conjunto da amostra. Porém, a geração dos modelos que utilizam este tipo de malha, requer algoritmos mais elaborados e estruturas de dados mais complexas.

Os modelos de malha quadrada, encontrado com mais frequência nos sistemas existentes, são mais simples de serem gerados e utilizados. Por serem regulares e ordenados, apresentam algumas vantagens:

- \* armazenamento pode ser facilmente feito através de uma matriz ocupando espaço reduzido de memória comparadas com os de malha triangular;
- \* o armazenamento dos pontos pode ser feito facilmente através de uma matriz, o cálculo, o desenho dos perfis e as seções transversais podem ser realizados com os valores associados a linhas e colunas etc..

Tanto a qualidade, como a precisão da malha quadrada dependem da forma de avaliar a cota em cada nó. Na fotogrametria digital (SCHUT,1976 e EBNER,1988) estes valores são coletados ao longo da malha.

Também pode-se calcular as cotas utilizando expressões analíticas como as citadas anteriormente.

Outra forma, mais utilizada segundo CLARKE et alli, consiste em calcular a cota através da média ponderada de uma vizinhança considerando-se a distância e a distribuição espacial, através de várias fórmulas de ponderação: inverso da distância, esse valor ao quadrado, ao cubo etc..

A vizinhança pode ser definida estabelecendo-se:

- \* um raio de ação R, em função da densidade de pontos e conformação do terreno;
- \* através da imposição de um número mínimo ou, pela distribuição de pontos por quadrantes ou octantes, exigindo um ou dois pontos por setor.

### 2.3.3 Obtenção das curvas de nível

As curvas de nível são obtidas pela união dos pontos de mesma cota. Estas, são obtidas por interpolação. Existem diversos estudos sobre superfícies de interpolação, muitos destes procedentes do método de elementos finitos, introduzido por EBNER & REISS,1979 apud STARK & STEIDLER.

Os esquemas mais simplificados adotam superfícies planas em cada domínio. Outros adotam superfícies que garantam a continuidade, inclusive da derivada de primeira ordem, como é o caso do polinômio de Hermite (polinômio do 5o. bivariado em x e y). Equações mais complexas, de 9o. e 13o. graus, também garantem a continuidade da função e da derivada primeira, entretanto, oneram os cálculos devido aos aumentos nos tempos de computação, sem que haja benefício real na representação do terreno.

### 2.3.4 Suavização das curvas obtidas

Pode-se unir os pontos de mesma cota utilizando trechos retos ou curvos. No primeiro caso, geralmente surgem inflexões de aspecto acentuado. No segundo, em geral emprega-se uma spline de suavização. Em decorrência disto, pode ocorrer o cruzamento de duas curvas. Este problema é contornado utilizando-se a formulação de splines sob tensão, na qual o fator de tensão é controlado pelo usuário. Um fator de tensão próximo a 1,0 leva à curvas muito onduladas, enquanto que um fator de tensão 10 faz com que a curva coincida (na prática) com a poligonal a ser suavizada. Um fator de tensão entre 2 e 3 pode ser um bom valor de partida.

## 3. Sistema SURFER

Na última década os equipamentos digitais e a tecnologia computacional favoreceram a aplicação dos MDTs nos projetos de engenharia.

O sistema SURFER é um exemplo de sistemas existentes que tratam da



modelagem digital do terreno, apresentando-se como uma poderosa ferramenta para resolução e criação de gráficos bidimensionais e tridimensionais, cujas saídas podem ser obtidas em tela de vídeo, impressoras e "plotters".

Através de menus de fácil compreensão e com mais de 100 alternativas de operações, o usuário pode criar contornos de mapas e elaboração de superfícies. Estes também podem ser obtidos de maneira mais rápida desde que o operador utilize as alternativas existentes no "default" dos programas.

### 3.1 características do sistema

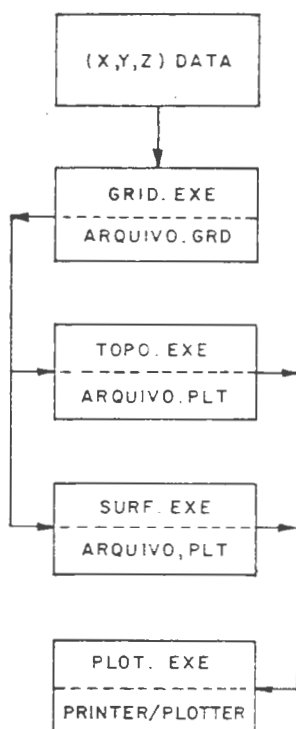
O sistema SURFER versão 3,0 apresenta as seguintes características:

- \* capacidade de ler e desenhar aproximadamente 10 000 pontos;
- \* locar a escala no desenho tanto manualmente quanto automaticamente (quando utilizada a opção do "default");
- \* registrar legendas, títulos, cotas, eixos ortogonais etc.;
- \* salvar opções escolhidas de modo a serem usadas em operações subsequentes;
- \* entrar com os dados através dos teclados ou importá-los de outras fontes.

### 3.2 Operações do sistema

A ordem de execução das operações do sistema SURFER é apresentada de forma simplificada na figura 1.

FIGURA 1



Dados podem ser lidos de arquivos em ASC II, Lotus ou através dos teclados. Cria arquivos com extensão .GRD

Programa usado para criar dados espaçados regularmente, a partir de dados espaçados irregularmente.

Programa usado para criar contornos de mapas a partir de um arquivo .GRD.

Programa usado para criar superfícies a partir de um arquivo .GRD.

Programa usado para enviar o arquivo .PLT para equipamento adequado de impressão.

Como podemos observar na figura 1, a entrada dos dados dá-se no programa GRID. A execução dos

programas TOPO, SURF, VIEW e PLOT somente é obtida quando obdecida a ordem apresentada na referida figura.

### 3.3 Divisões do sistema

Basicamente o sistema SURFER divide-se em:

### 3.3.1 Programas para contornos de superfície

A) GRID.EXE: cria malhas regulares a partir de dados espaçados irregularmente.

\* entrada: através de teclado ou importá-los de outras fontes, como por exemplo arquivos de dados em ASC II, LOTUS ou de fontes em binário.

\* saída: nome do arquivo com extensão .GRD. Estes são usados como dados de entrada nos programas TOPO.EXE ou SURF.EXE.

B) TOPO.EXE: cria contornos de mapas.

\* entrada: nome do arquivo com extensão .GRD, gerado no programa GRID.EXE.

\* saída: nome do arquivo com extensão .PLT, que é usado como dado de entrada no programa PLOT.EXE.

C) SURF.EXE: cria representações tridimensionais da superfície.

\* entrada: nome do arquivo com extensão .GRD gerado no programa GRID.EXE.

\* saída: nome do arquivo com extensão .PLT, que será usado como dado de entrada no programa PLOT.EXE.

### 3.3.2 Programas para criação de desenhos

A) VIEW.EXE: permite a visualização em tela dos arquivos com extensão .PLT gerados no TOPO.EXE e SURF.EXE. Este efeito somente é alcançado se a tela for do tipo gráfica.

\* entrada: nome do arquivo com extensão .PLT.

\* saída: tela gráfica.

B) PLOT.EXE: usado para enviar o arquivo com extensão .PLT para equipamentos convenientes para o desenho ("plotters" ou impressoras).

\* entrada: nome do arquivo com extensão .PLT gerado pelo programa TOPO.EXE ou SURF.EXE.

\* saída: impressoras ou "plotters".

Para que se possa utilizar o sistema SURFER, o usuário deve estar atento as seguintes exigências: a versão do sistema operacional deve ser a DOS 2.0, ou mais atualizada; e o computador deve ter capacidade de memória RAM igual ou superior a 256K; e a tela deve ser gráfica.

Na figura 2 é apresentado um fluxograma organizacional do sistema SURFER estudado neste trabalho.

### 3.4 Descrição do sistema

Conforme citação anterior, os MDTs podem ser gerados por equações analíticas ou rede de pontos. O sistema SURFER adota a segunda opção, utilizando as malhas quadradas.

Este sistema calcula as cotas dos nós desta malha através da média ponderada de uma vizinhança. Quanto a definição desta vizinhança, o sistema oferece ao operador 3 opções: normal, quadrante e octante. Na primeira opção, utiliza-se um valor de raio R, o qual gera um círculo ao redor do elemento que define o número de vizinhos. Na segunda opção é definido em torno do ponto a divisão de um quadrante e o usuário estabelece quantos pontos devem ser tomados em cada quadrante para fazer parte da vizinhança. A terceira opção é basicamente igual a segunda, diferindo apenas o número de divisão dos quadrantes.

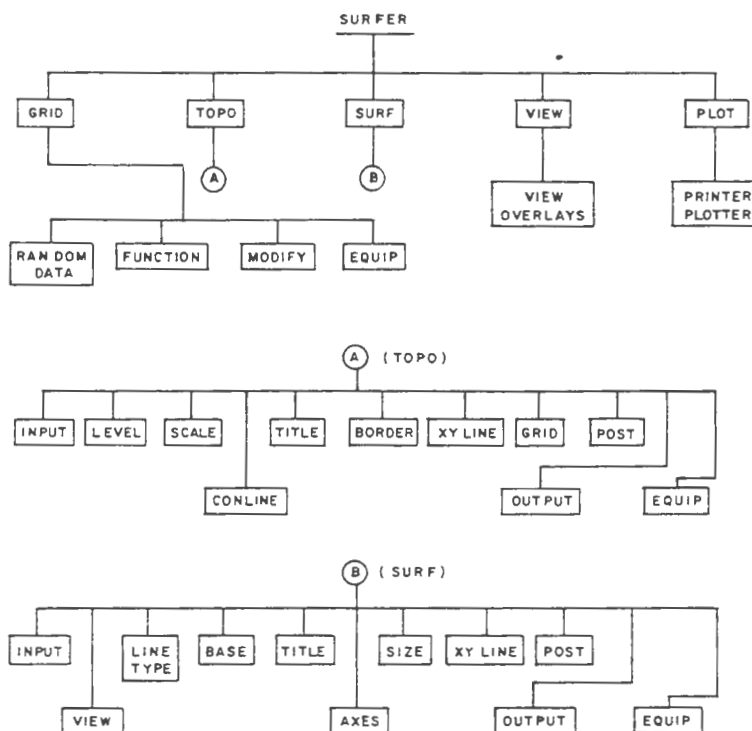
Para o cálculo da média ponderada, o sistema oferece ao usuário 2 opções: inverso da distância (onde o "default" oferece o valor 2 para o

grau da função utilizada; este valor pode ser alterado variando de 0 a 10) e Krigagem.

Executadas as operações de interpolação para a determinação das cotas dos nós da malha, o SURFER desenha as linhas de isovalor, ou seja, une os pontos de mesma cota. Esta união estrita dos pontos pode gerar um desenho muito anguloso. Com

o intuito de oferecer curvas de melhor aspecto, o sistema apresenta opções para a suavização das mesmas: a primeira é uma função spline cúbica (polinômio especial) e a segunda através de matrizes.

FIGURA 2



#### 4. Relato de uma aplicação do sistema SURFER

A partir de um conjunto de dados de altitude de um terreno (38 pontos, sendo que 10 são pontos de controle) apresentados na tabela 1, traçou-se curvas de isovalor pelos métodos tradicionais, ou seja, utilizando-se a triangulação de Delaunay, interpolou-se linearmente os lados dos triângulos para determinação das curvas de nível. (vide anexo 01)

Em seguida, preparou-se um arquivo com o mesmo conjunto de dados para

aplicação do sistema SURFER. Gerou-se curvas de isovalor variando-se os seguintes elementos:

- \* métodos para cálculo da média ponderada: Inverso da distância e Krigagem;

- \* vizinhança: 4, 10, 25 e 27;

- \* fator de tensão - suavização : 2,5; 5 e 10;

- \* determinação da vizinhança - método de procura: normal, quadrante e octante.

Utilizando-se as malhas geradas automaticamente para os métodos de Krigagem e inverso da distância, determinou-se valores das coordenadas cartesianas para uma região crítica, ou seja, aquela que apresentou maiores distorções. (anexo 02 e 03).

Criou-se uma malha, compatível com a anterior, sobre as curvas obtidas pela triangulação de Delaunay,

obtendo-se os valores apresentados na tabela 02. (vide anexo 03)

Comparando-se os métodos: inverso da distância e krigagem com Delaunay, pode-se observar que os maiores valores são- 3,910 e - 1,101, respectivamente.

TABELA 01: DADOS DE ALTITUDE

*	x	y	z	
A	218,53	36,69	-	604,741
	212,25	55,74	601,989	
	72,27	104,05	596,417	
	28,53	85,00	596,956	
	9,25	68,93	597,089	
B	36,29	81,25	-	596,651
	80,21	96,35	596,436	
	20,05	59,90	596,996	
C	63,55	62,99	-	597,010
	85,27	71,70	596,812	
	100,75	49,47	600,017	
D	106,53	34,50	-	601,957
	65,56	39,31	599,993	
	43,64	41,24	598,919	
	84,24	27,90	601,950	
E	67,89	20,19	-	602,435
	88,41	5,78	604,500	
	107,67	15,72	604,082	
F	189,22	22,93	-	606,101
	157,43	7,31	607,084	
G	113,57	- 21,85	-	608,479
	98,09	- 6,71	606,234	
	137,34	22,24	604,326	
	177,98	107,77	595,888	
	190,55	98,27	595,792	
H	157,18	101,00	-	596,107
	122,64	86,09	596,788	
	205,15	68,69	600,071	
	147,41	84,67	597,204	
	172,90	95,04	596,310	
	188,99	75,77	598,877	
	196,58	55,43	601,857	
	156,21	67,19	-	
I	166,53	42,89	603,155	599,741
	132,68	56,90	600,468	
	137,28	40,38	602,453	
	136,89	117,81	596,013	
J	168,16	128,18	-	595,845

\* Pontos de controle

## 5. Pontos relevantes

Finalizando, são destacados alguns pontos relevantes, úteis aos possíveis usuários do sistema:

- \* para o mesmo conjunto de pontos, o sistema apresenta resultados distintos quando aplica-se os vários métodos de interpolação;
- \* para o caso estudado, as curvas de isovalor obtidas pelo método de Krigagem aproximam-se mais ao método tradicional. Ressalta-se, entretanto, que apesar do

inverso da distância ser de 3 a 10 vezes mais rápido que os algoritmos da Krigagem, para o caso estudado, os contornos das superfícies geradas são de precisão inferior.

TABELA 2: COORDENADAS CARTESIANAS DA MALHA QUADRADA

Ponto	x	y	z		
			1/Dist.	Krigagem	Delaunay
01	128,66	64,44	600,179	599,315	599,435
02	140,60	64,44	600,087	599,616	599,696
03	152,54	64,44	599,856	599,838	599,900
04	164,49	64,44	600,057	600,057	600,273
05	128,66	52,59	600,628	600,784	600,818
06	140,60	52,59	601,010	601,153	601,208
07	152,54	52,59	601,468	601,455	601,444
08	164,49	52,29	602,278	601,746	601,800
09	128,66	40,73	602,125	602,096	602,154
10	140,60	40,73	602,426	602,538	602,417
11	152,54	40,73	602,398	602,970	602,808
12	164,49	40,73	603,121	603,349	603,250
13	128,66	28,87	603,233	603,367	603,442
14	140,60	28,87	603,684	604,828	603,727
15	152,54	28,87	603,259	604,362	604,111
16	164,49	28,87	603,099	604,663	604,278
17	128,66	17,01	603,826	604,630	604,500
18	140,60	17,01	604,227	605,121	604,813
19	152,54	17,01	605,317	605,753	605,031
20	164,49	17,01	605,321	605,957	605,206

- \* o sistema realiza mudanças consideráveis no traçado das curvas quando altera-se o número de pontos próximos para o método de Krigagem.

Disso posto, vê-se que o sistema não transmite confiabilidade no seu uso quando são aplicados dados de altimetria de uma área desconhecida, uma vez que apresenta resultados distintos ao variar-se os elementos (métodos, números de pontos próximos e fatores de tensão).

## 6. Bibliografia

- CARTER, J.R. Digital representation of topographic surfaces, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(11):1577-80, 1988.
- CINTRA, J.P. Modelos digitais do terreno, In: Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo, 53-65, 1990.

CLARKE, A.L. et alii A contour-specific interpolation algorithm for DEM generation, 68-81.

EBNER, M. et alii Generation, management and utilization of high fidelity digital terrain models, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 27 (11-B):556-66, 1988.

FELGUEIRAS, C.A. Aplicação de modelos numéricos de elevação e integração com imagens digitais, In: anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 485-490, 1990.

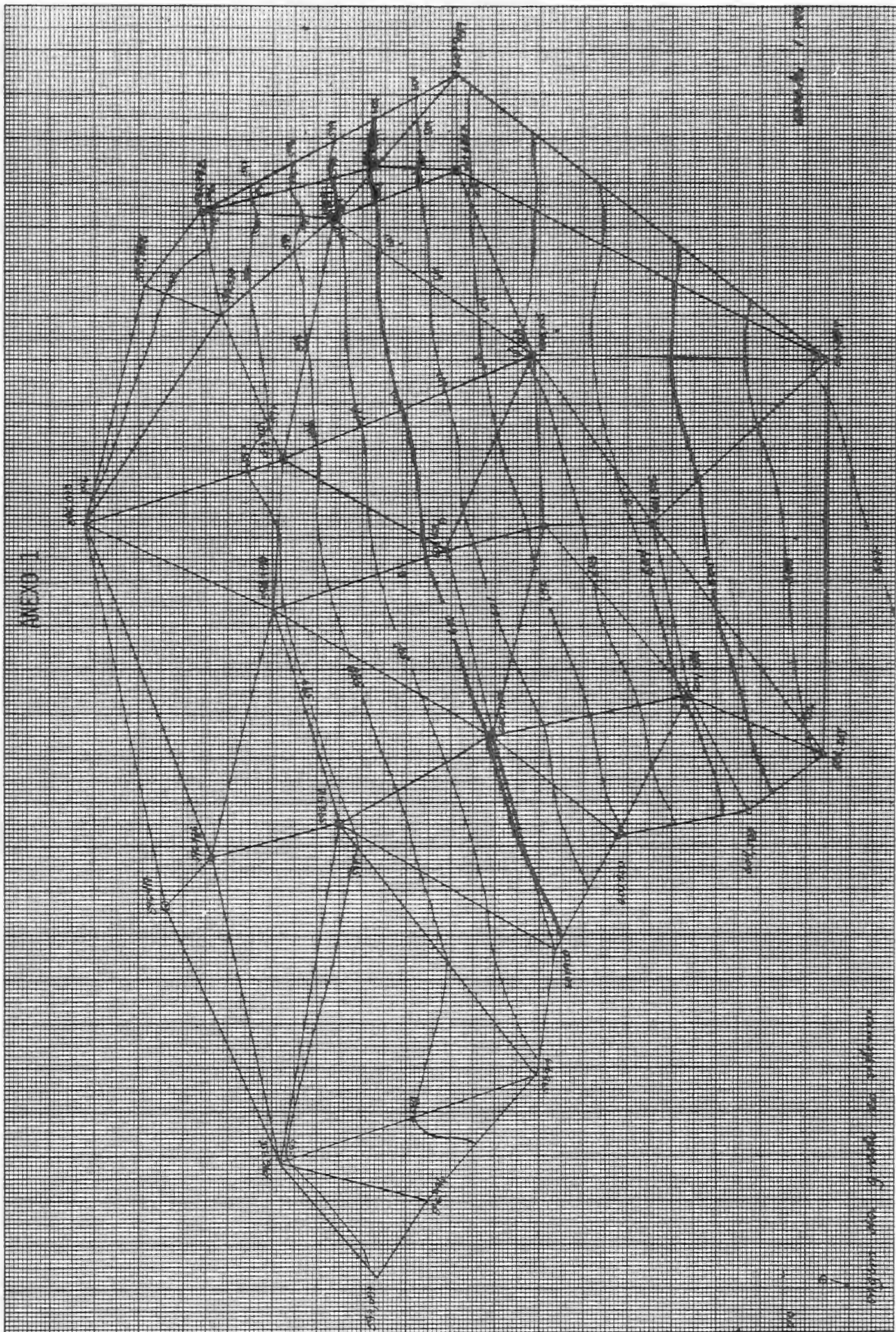
KENNIE, T.J.M.; PETRIE, G. Engineering Surveying Technology, Blakie and Son, 480p., 1990.

MADERLECHNER, G. et alii Segmentation and description of line drawings by spline approximation, Photogrammetry, 39:239-62, 1984.

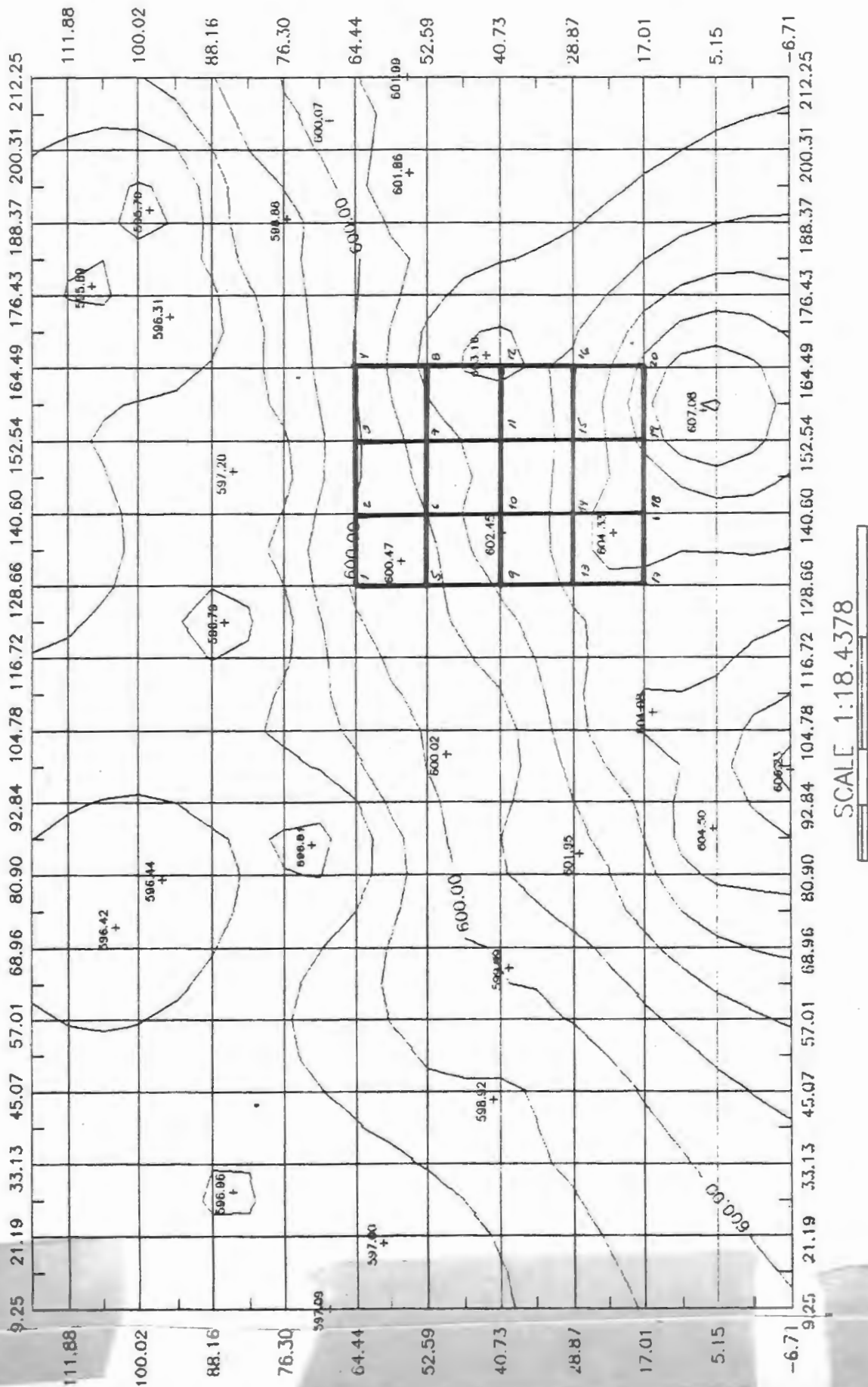
Manual de informações SURFER, Golden Software, Inc., P.O. BOX 281, Golden, Colorado 80402.

SCHUT, G.H. review of interpolation methods for digital terrain models, The Canadian Surveyor, 30(5):389-412, 1976.

YAKOWITZ, S.; SZIDAROVSKY, F. An introduction to numerical computation, Macmillan Publishing Company, New York, 384p, 1986.



## CURVAS DE NIVEL





## CURVAS DE NIVEL

