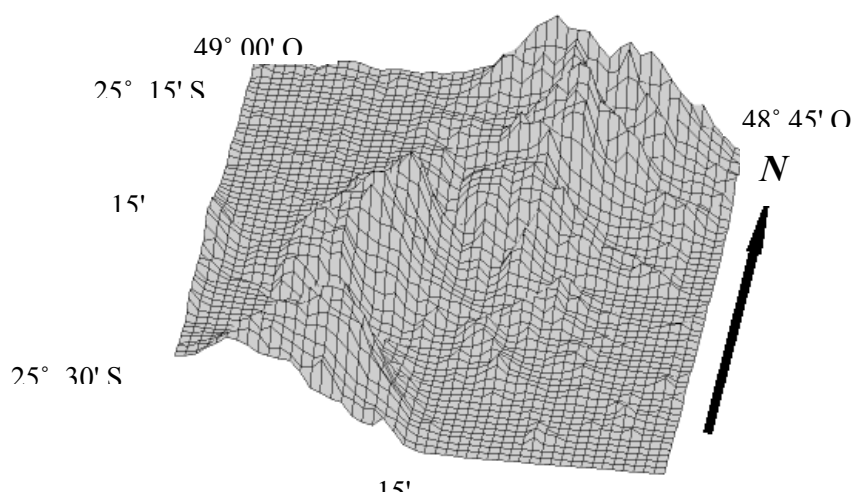


## 6 MATERIAIS UTILIZADOS E PREPARO DOS DADOS

### 6.1 DADOS

Os dados utilizados nos experimentos são provenientes da Carta Topográfica Morretes-PR, SG22-X-D-II-3, de escala 1:50.000, que representa a região compreendida entre os paralelos  $\varphi_1 = 25^\circ 30' S$  e  $\varphi_2 = 25^\circ 15' S$ , e entre os meridianos  $\lambda_1 = 49^\circ 00' O$  e  $\lambda_2 = 48^\circ 45' O$ , produzida pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE datada de 1992 em segunda edição. A extensão da região na direção Norte-Sul é de aproximadamente  $27,5km$  e na direção Leste-Oeste aproximadamente  $25,5km$ . Nesta carta está representada uma região composta por uma parte da Serra do Mar na forma de um alinhamento sudoeste-nordeste que apresenta acentuados desníveis, uma parte de planície litorânea na região sudeste caracterizada por baixas altitudes, e com variação de altitude mais acentuada em sua porção noroeste, e uma parte de planalto na região noroeste (Fig. 6.1). Os dados derivados da carta topográfica são as coordenadas UTM obtidas da digitalização das curvas de nível mestras ( $100m$ ).

FIGURA 6.1 REGIÃO DE ESTUDO



A resolução da grade retangular regular foi determinada a partir do relacionamento entre a escala da representação e a separação entre dois pontos na carta

(2mm). A relação fornece a resolução a partir da operação  $2mm/escala$ . Assim, a resolução  $r$  será dada por  $0,002m/(1/50.000)$  que resulta no valor  $100m$ .

## 6.2 APLICATIVOS COMPUTACIONAIS

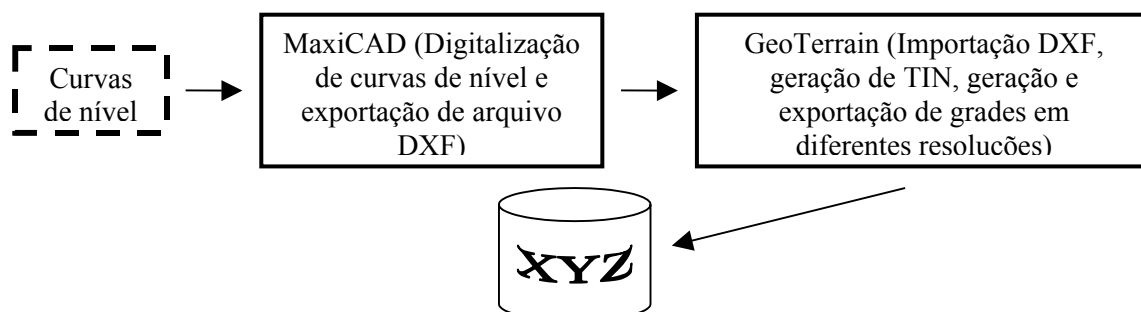
O programa MaxiCAD, da empresa MAXIDATA S.A., foi utilizado para a digitalização das curvas de nível. A etapa de digitalização não foi realizada como atividade deste trabalho de pesquisa. Os dados utilizados foram cedidos pelo Grupo de Pesquisa em Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR. O programa Microstation GeoTerrain foi utilizado para produzir os dados para posterior geração das grades retangulares regulares usadas nos experimentos.

Os programas que foram escritos na linguagem de programação do MATLAB 5.2, e que foram usados nesta pesquisa, podem ser agrupados em programas e funções voltadas ao preparo de dados para o processamento; processamentos relativos à TMC; processamentos para gerar a visualização e a visualização propriamente dita.

### 6.2.1 Coleta dos Dados

Os dados gerados com o programa MaxiCAD, por digitalização de curvas de nível, foram exportados no formato DXF para posterior importação pelo programa Microstation GeoTerrain. O programa GeoTerrain foi utilizado para exportar de dados como arquivos ASCII no formato *lattice* (.lat), (Fig. 6.2).

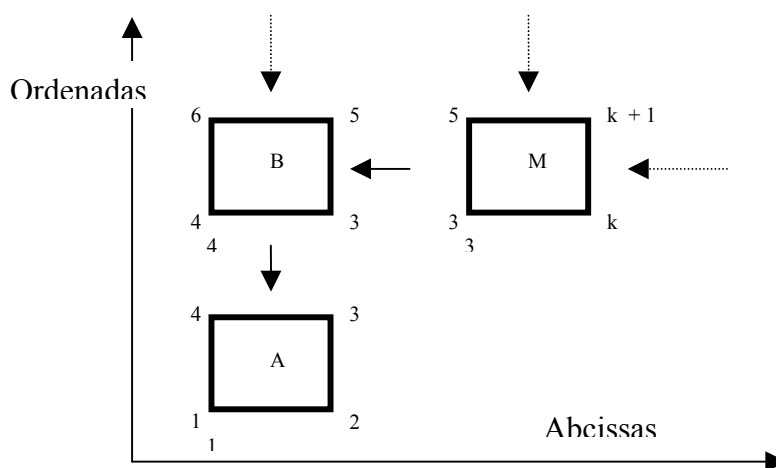
FIGURA 6.2 – FLUXO DOS DADOS NA FASE DE COLETA E PREPARO



Os dados exportados usando o programa GeoTerrain estão organizados em sucessivos conjuntos de cinco pontos {1,2,3,4,1} no sentido anti-horário, de tal forma

que o quinto ponto é igual ao primeiro do conjunto (Fig. 6.3). As abcissas dos pontos 1 e 4 são iguais e as abcissas dos pontos 2 e 3 são também iguais. As ordenadas dos pontos 1 e 2 são iguais e as ordenadas dos pontos 3 e 4 também são iguais. As linhas definidas pelos pontos 1 e 2 e pelos pontos 3 e 4 são paralelas, e as linhas definidas pelos pontos 1 e 4 e pelos pontos 2 e 3 também são paralelas. Uma sucessão destes conjuntos de pontos é responsável pela representação da superfície. No caso da Figura 6.3, o quadrilátero *B* é vizinho do quadrilátero *A* por compartilhar o lado 3-4, e o quadrilátero *M* é vizinho do quadrilátero *B* por compartilhar o lado 3-5. O ponto que tiver a menor abcissa e a menor ordenada é o primeiro ponto do primeiro quadrilátero, e o ponto que tiver a maior abcissa e a maior ordenada será o terceiro ponto do último quadrilátero do arquivo no formato *lattice*. A organização de dados adotada no programa GeoTerrain para exportação de dados admite regiões com contornos formados por quatro linhas, caso de uma região limitada por um retângulo ou um quadrado, e admite regiões irregulares, em que o número de linhas que limitam a região é maior do que quatro (Fig. 6.4).

FIGURA 6.3 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ORGANIZAÇÃO DE DADOS NO ARQUIVO ASCII EXPORTADO DO GEOTERRAIN.



Os dados dos arquivos *lattice* são utilizados para a geração de matrizes retangulares ou quadradas  $\{X, Y, Z\}$  com os pontos da grade. Cada arquivo de dados produz três matrizes (Fig. 6.5). Para o caso das regiões irregulares, os vazios são

caracterizados na matriz de altitudes com o valor -999. A matriz  $X$  é composta por valores de coordenadas  $x$  crescentes de Oeste para Leste. Numa mesma coluna da matriz  $X$  os valores são idênticos, e a diferença entre quaisquer elementos de duas colunas sucessivas é igual à resolução do MDT na direção  $X$ . A matriz  $Y$  é composta por valores de coordenadas  $y$ , crescentes de Sul para Norte. Numa mesma linha todos os valores de coordenadas  $y$  são iguais. A diferença entre quaisquer elementos de duas linhas sucessivas é igual à resolução do MDT na direção  $Y$ . A matriz  $Z$  é composta pelas altitudes dos pontos definidos nas matrizes  $X$  e  $Y$ . Assim o primeiro ponto do MDT pode ser encontrado nas posições  $X(1,1)$ ,  $Y(1,1)$  e  $Z(1,1)$ .

FIGURA 6.4 - CONTORNOS DAS REGIÕES DESCRITAS POR QUADRILÁTEROS DE UM ARQUIVO ASCII DE EXPORTAÇÃO DO GEOTERRAIN

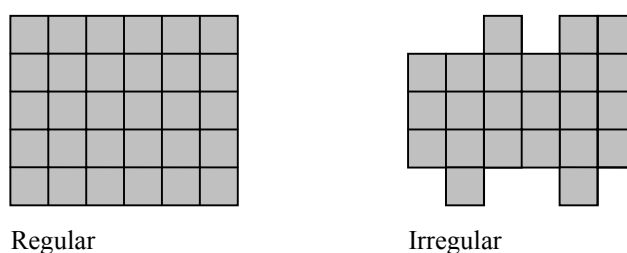
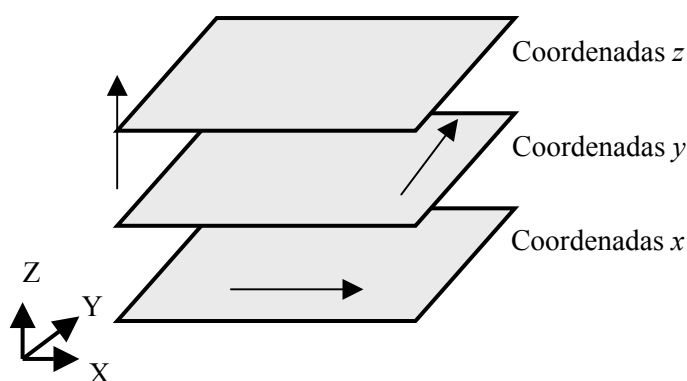


FIGURA 6.5 – COORDENADAS  $X$ ,  $Y$  E  $Z$  PARA USO NO AMBIENTE MATLAB



A forma de organização dos dados em matrizes apesar de ser redundante foi adotada por ser mais apropriada para realizar operações de visualização no ambiente MatLab. Os dados presentes nas matrizes  $X$ ,  $Y$  e  $Z$  podem estar representando uma região irregular, porque o programa GeoTerrain admite regiões irregulares. As regiões

são armazenadas em matrizes retangulares ou quadradas, em que as posições que contêm o valor -999 indicam locais onde não há dados altimétricos. As linhas e colunas que contêm posições sem o valor altimétrico são eliminadas e novas matrizes  $X$ ,  $Y$  e  $Z$  retangulares ou quadradas são produzidas, de tal modo que só haja valores de  $Z$  diferentes de zero.

### 6.3 PREPARO DOS DADOS

#### 6.3.1 Variação em Resolução

Foram produzidas grades com várias resoluções para que fosse possível avaliar o comportamento do critério de similaridade para uma mesma região, representada com diferentes resoluções. As resoluções das grades retangulares regulares geradas foram de aproximadamente *100, 150, 200, 250, 500, 750 e 1000m*. As grades com resoluções menores do que *100m* não foram produzidas pela remoção de seções verticais do terreno. Isto quer dizer que a grade de resolução *200m*, por exemplo, não foi gerada pela remoção das seções pares que compõem a grade de resolução *100*.

Os valores das resoluções das grades regulares retangulares são aproximadamente os valores acima mencionados porque durante o procedimento de geração das grades apenas a opção de número de pontos que a grade deve ter  $np$  é apresentada pelo programa GeoTerrain. O valor  $np$  é usado internamente pelo programa GeoTerrain para estabelecer o número de linhas  $nl$  e o número de colunas  $nc$  da grade retangular regular de tal modo que a expressão  $np = nl \times nc$  seja verdadeira. O estabelecimento de um valor de número de pontos é realizado usando os valores das amplitudes  $\Delta N$  e  $\Delta E$  e um valor de resolução desejado  $rx = ry$ , a partir daí calculam-se  $nl = (\Delta N / ry) + 1$ , e  $nc = (\Delta E / rx) + 1$ , e assim obtém-se o número de pontos  $np = nl \times nc$ . As amplitudes são obtidas dos dados no programa GeoTerrain e a resolução é arbitrada de modo a satisfazer a expressão para  $np$ .

#### 6.3.2 Variação em Orientação da Grade Retangular Regular

Foram produzidas grades com orientações diferentes daquela tradicional, com as seções orientadas segundo as direções Norte-Sul e Leste-Oeste. A forma de produzir uma grade retangular regular com seções oblíquas aos eixos consiste da

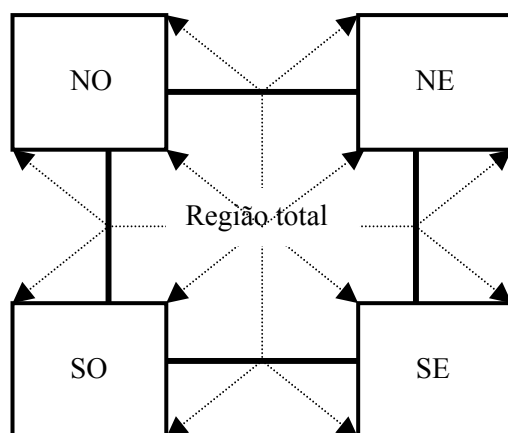
aplicação de uma rotação aos pontos da grade. Devem ser definidos o centro da rotação e a magnitude da rotação. O resultado da aplicação de uma rotação a uma grade é um conjunto de coordenadas bidimensionais. As novas seções da mesma superfície formam um ângulo  $\theta$  e  $\theta+90^\circ$  com a direção do eixo das ordenadas. Os ângulos de rotação aplicados foram  $\theta = \{15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ\}$ . As coordenadas destas grades devem ter as suas altitudes determinadas de modo que reproduzam a mesma superfície. O algoritmo de Doytsher e Hall (DOYTSSHER e HALL, 1997) foi utilizado para realizar a interpolação dos pontos das grades que sofreram rotação  $\theta$ .

Para que a situação inicial de todas as representações ou grades retangulares regulares fosse a mesma, para a aplicação da Teoria Matemática da Informação, foram derivadas regiões circulares de cada grade afetada de rotação. As regiões circulares foram produzidas de modo a que o centro da região fosse o centro geométrico da grade retangular. As regiões circulares derivadas têm diâmetro aproximado de  $20.000m$ . Também foram derivadas regiões circulares a partir dos grades retangulares regulares que não sofreram rotação. A aplicação da rotação e a posterior derivação das regiões circulares produziu 42 regiões, visto que são 6 ângulos de rotação usados em dados de grade retangular regular com 7 diferentes valores de resolução.

### 6.3.3 Segmentação da Região

Todas as grades retangulares regulares representam a mesma região. Para ter variação em volume de dados e em forma de superfície foram derivadas regiões correspondentes aos quatro quadrantes (*NE*, *NO*, *SE* e *SO*) de cada região total. A derivação dos quadrantes é realizada pelo corte das matrizes de dados que contém as regiões completas. Cada resolução proporcionou quatro quadrantes com a mesma resolução. O número total de grades de quadrantes é de 28, uma vez que são 7 grades retangulares regulares totais cada uma com uma resolução diferente e cada uma delas é dividida em 4 quadrantes (Fig. 6.6).

FIGURA 6.6 - DESMEMBRAMENTO DE UMA REGIÃO TOTAL EM QUADRANTES



#### 6.4 PROCESSAMENTOS RELATIVOS À TMC

Para cada uma das 7 grades retangulares regulares totais foram derivados 6 arquivos com regiões circulares com variação em orientação, mais quatro regiões compostas pelos quatro quadrantes das regiões originais. Estas variações nos dados e os dados originais de cada resolução perfazem um total de 77 grades retangulares regulares, ou o que é o mesmo que 77 arquivos de dados.

A aplicação da TMC aos dados das diferentes grades retangulares regulares envolvem a atribuição de probabilidades aos dados originais, o cálculo da entropia dos dados originais, a aplicação da função de similaridade às seções verticais paralelas do terreno, o cálculo da equivocação e da informação útil. As grades retangulares regulares obtidas das variações dos dados requerem diferentes processamentos visto que foram produzidas para ser permitir avaliar diferentes aspectos da aplicação da TMC, citados no Capítulo 5.

Um relatório padrão de saídas de um processamento dos dados com o procedimento da TMC aplicado a uma representação de uma superfície pelo método de grade retangular regular é mostrado na Tabela 6.1.

TABELA 6.1 – RELATÓRIO PADRÃO DE PROCESSAMENTO DE UMA GRADE RETANGULAR REGULAR USANDO A TMC

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Colun	unz	zeros	nunz	comprim	tol	Hx	Hy	HYX	R
113	258	9148	3363	3031648.750	200	6.82018	11.00959	8.24118	2.76841
113	230	9418	3121	3031648.750	175	6.82018	10.94946	7.95158	2.99788
113	199	9751	2819	3031648.750	150	6.82018	10.86527	7.57131	3.29396
113	166	10075	2528	3031648.750	125	6.82018	10.75490	7.16864	3.58626
113	142	10444	2183	3031648.750	100	6.82018	10.59218	6.68458	3.90760
113	123	10898	1748	3031648.750	75	6.82018	10.30244	5.97100	4.33145
113	113	11474	1182	3031648.750	50	6.82018	9.70743	4.74961	4.95783
113	113	12028	628	3031648.750	30	6.82018	8.69302	2.99475	5.69827
113	113	12569	87	3031648.750	10	6.82018	7.12247	0.49407	6.62841
113	113	12656	0	3031648.750	1	6.82018	6.82018	0.00000	6.82018

As colunas desta tabela apresentam:

- o número de colunas da matriz de similaridades. Este valor pode indicar o número de linhas ou o número de colunas da grade retangular regular;
- o número de similaridades entre seções verticais paralelas do terreno com valor igual a  $I$ ;
- o número de similaridades com valor zero;
- o número de similaridades diferentes de zero e diferentes de  $I$ ;
- somatório, em metros, de todas as seções verticais paralelas do terreno que foram usadas;
- o valor da tolerância para o desnível, dado em metros;
- o valor da entropia inicial;
- o valor da entropia do conjunto de dados após avaliação da similaridade;
- o valor da equivocação; e
- o valor da informação útil.

Os dados apresentados na Tab. 6.1 correspondem a um processamento da grade retangular regular em que foram calculados os valores de informação útil para as tolerâncias para desnível variando de  $200m$  a  $1m$ . Os processamentos dos dados correspondentes às seções normais e seções transversas são apresentados numa mesma tabela. Este é o caso dos processamentos em que se aplica o método da remoção progressiva.