

3 REPRESENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA

A representação da superfície topográfica adotada na Cartografia Convencional pode fazer uso de curvas de nível, pontos cotados, cores hipsométricas e sombreado. Com este conjunto de elementos gráficos é possível realizar uma representação da superfície topográfica, de forma estática, sobre uma superfície plana como o papel. Por meio de interpretação visual, esta representação permite ao usuário do mapa compreender a forma do relevo, bem como derivar manualmente uma representação de declividades. No entanto, se a tarefa consistir na determinação do volume de uma região, ou na determinação da visibilidade entre dois pontos, ou ainda, de referenciar uma imagem de satélite, a utilização de uma representação do relevo na forma de mapas de curvas de nível não será apropriada, pela morosidade do processo manual comparativamente a um processo baseado em ambiente computacional.

Com a introdução do computador na Cartografia como meio de armazenamento, processamento e visualização de dados cartográficos, a representação de relevo por meio de curvas de nível deixou de ser a forma definitiva de sua representação. Os modelos digitais de terreno ganharam espaço pela sua maior aplicabilidade por serem mais apropriados para manipulação computacional, e por poder coexistir com arquivos digitais de curvas de nível.

JONES (1997, p. 198) apresenta uma visão geral acerca da representação de superfícies (Fig. 3.1). Em sua abordagem, há uma divisão em representações completas e representações incompletas. Nas representações, completas a superfície é formada por um conjunto de polígonos contíguos que tem um valor associado, ou pode ser representada numa forma implícita, em que funções matemáticas podem ser avaliadas na região. Nas representações incompletas dispõe-se de um ou mais conjuntos de amostras discretas de posições pertencentes à superfície. Ou seja, diferentemente das representações completas, em que há um único valor associado a cada região contígua, previamente determinado, na representação incompleta, o que existe são valores discretos que podem ser usados para determinar outros valores

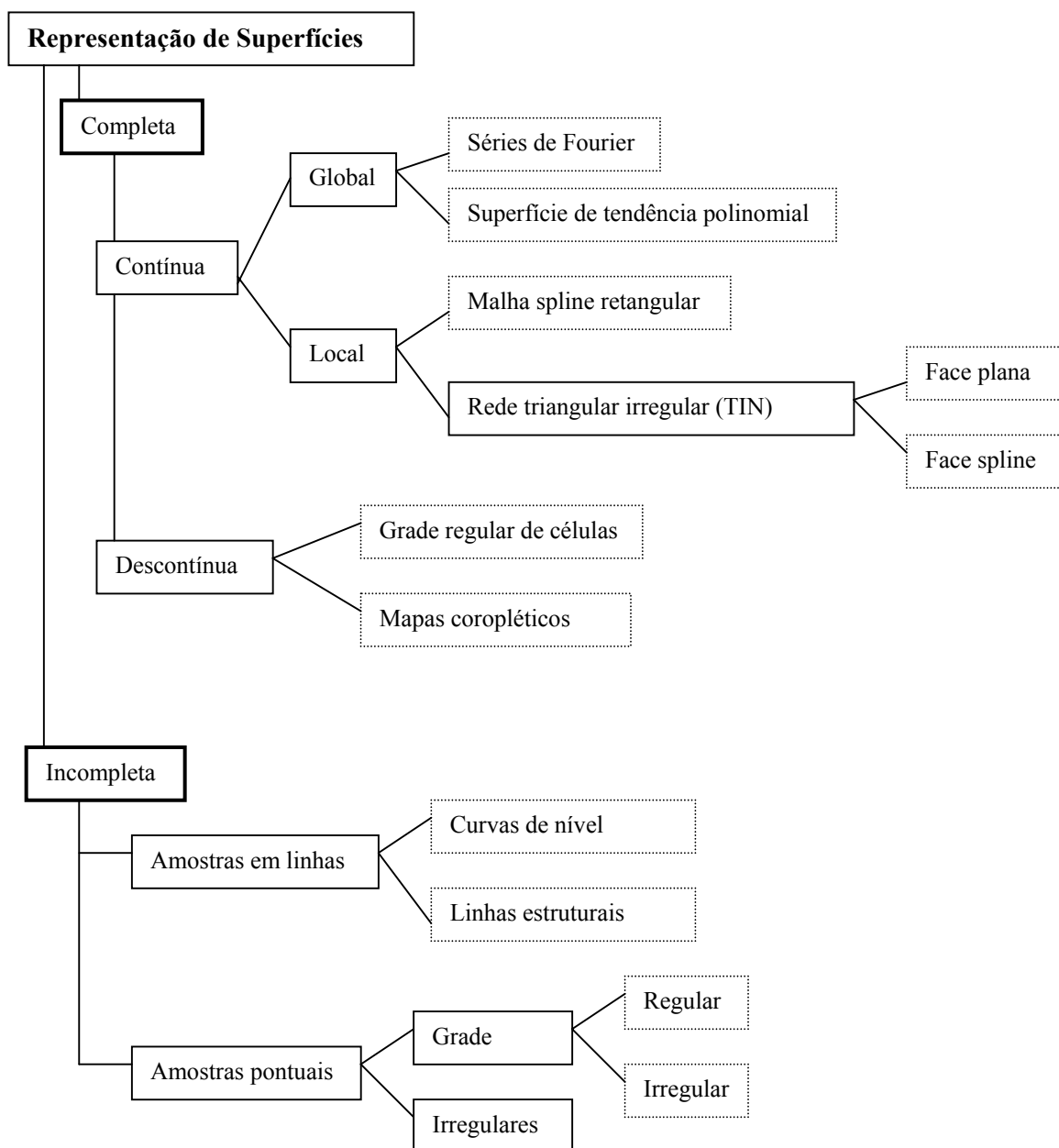
pertencentes a uma determinada vizinhança, cujo estabelecimento depende de algum critério.

As representações completas podem ser contínuas ou descontínuas. As representações contínuas, por sua vez podem ser globais ou locais. No primeiro caso, caracterizado como representação contínua global, são usadas Séries de Fourier ou superfícies de tendência polinomial. No segundo caso, caracterizado como representação contínua local, a representação pode ser uma malha retangular de células, ou uma rede triangular irregular (TIN - Triangulated Irregular Network), cujas faces podem ser planas ou concordantes com alguma função *spline*. As representações completas descontínuas contemplam as grades de células regulares e os mapas coropléticos. Tanto uma imagem digital quanto um mapa coroplético têm a característica de ser descontínuos (JONES, 1997).

As representações incompletas da superfície estão baseadas no conhecimento de valores de coordenadas planimétricas (x,y) e no valor (v) do fenômeno de interesse. Neste método, a superfície está representada de forma discreta, por conjuntos de amostras que asseguram seus valores apenas nestas posições. A determinação do valor do fenômeno para uma posição que não pertença ao conjunto de amostras é realizada por meio de interpolação. As representações incompletas podem ser originadas de amostras em linhas, com significado semântico como curvas de nível e como linhas estruturais. As amostras também podem ser pontuais sem qualquer relacionamento, isto é irregulares, ou podem ter uma organização na forma de grade regular ou irregular (JONES, 1997).

Numa representação completa existe um valor associado a cada polígono do conjunto de polígonos, e com isso as linhas que dividem estes polígonos são desconsideradas pelo fato de que podem ter dois ou mais valores associados. Por sua vez, nas representações incompletas o valor do fenômeno pode ser determinado em qualquer posição da região pelo relacionamento funcional desta posição com os seus vizinhos.

FIGURA 3.1 - MÉTODOS DE REPRESENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE



FONTE: Adaptado de JONES (1997, p.199)

BURROUGH (1989, p.39), adapta de MARK (1978)¹, os métodos de representação de superfícies que se restringem à representação da superfície topográfica. Segundo o autor, existem métodos matemáticos e métodos de imagem. Nos métodos matemáticos, há uma distinção entre representação global, em que são usadas as Séries de Fourier ou os polinômios multiquadráticos, e representação local, em que a superfície é dividida em regiões contíguas, regulares ou irregulares, para as quais se tem um valor associado. O que BURROUGH (1989) denominou de métodos matemáticos, JONES (1997, p.199) denominou de representação completa contínua. Nos métodos de imagem são usados pontos e linhas, os pontos em arranjo regular, irregular e em feições críticas. Os pontos em arranjo regular podem ter densidade regular ou densidade variável, enquanto os pontos em arranjo irregular podem formar triangulações ou redes de pontos organizadas por sua proximidade. As feições críticas são os picos, os poços, descontinuidades e os limites. Os métodos de imagem fazem uso de linhas definidas, como por exemplo, curvas de nível, os perfis verticais e as linhas críticas como divisores d'água, leitos de rios, linhas de costa e linhas de quebra.

BURROUGH (1989) e JONES (1997) não consideram a representação da superfície por meio da rede irregular triangularizada do mesmo modo em suas propostas de métodos. Enquanto para BURROUGH (1989) TIN é um método de imagem que usa dados pontuais, para o JONES (1997) TIN é uma representação completa de superfície por entender que os pontos pertencentes à face do triângulo tem valor de altitude conhecido.

3.1 MÉTODO DA REDE TRIANGULAR IRREGULAR - TIN

Um TIN é uma representação proposta por Peucker como forma de contornar amostragem excessiva ou deficiente proporcionada pelo método da grade regular (BURROUGH, 1989, p. 41). A superfície é representada de modo contínuo por uma organização de triângulos planos, formados de tal modo que sejam tanto quanto possível próximos de triângulos equiláteros. O processo de organização dos dados em triângulos obedece ao Critério de Delaunay, critério que estabelece a existência de um

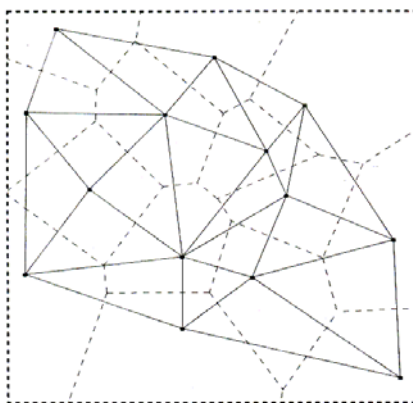
¹ MARK, D.M. 1978. Concepts of data structure for digital terrain models. In *Proceedings DTM Symp. ASP - American Congress on Survey and Mapping* . St. Louis, Missouri, pp. 24-31.

círculo ao qual apenas os três vértices formadores de um triângulo podem estar inscritos.

A interpretação de uma visualização dos triângulos de um TIN permite perceber regiões de terreno mais acidentado ou menos acidentado pelo comportamento da dimensão relativa e pela densidade de triângulos. Para o primeiro caso, terreno acidentado, os triângulos são pequenos e em maior densidade, e para o segundo caso, isto é, terreno menos acidentado, os triângulos são maiores, ou ocupam maior extensão. Isso significa que quando o terreno é mais acidentado são necessários mais pontos amostrais para representá-lo. No sentido oposto, isto é, para terrenos menos acidentados, existem menos detalhes e existirão menos triângulos. Os triângulos serão maiores também para terrenos que se aproximam de planos horizontais ou inclinados. Na Figura 3.2, estão mostrados em linha cheia os triângulos de uma região e em linha tracejada seus correspondentes duais polígonos de Thiessen, cujos lados são formados por segmentos de mediatrizes às linhas que unem os pontos de um triângulo.

A derivação de valores do fenômeno representado em posições diferentes das posições das amostras requer a aplicação de um processo de interpolação. Neste método de representação não ocorre ambigüidade de valor para os pontos que pertencem às linhas definidoras dos limites dos triângulos, uma vez que a representação é contínua e os lados dos triângulos são concordantes.

FIGURA 3.2 - EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO DE SUPERFÍCIE PELO MÉTODO DA REDE IRREGULAR TRIANGULARIZADA – TIN

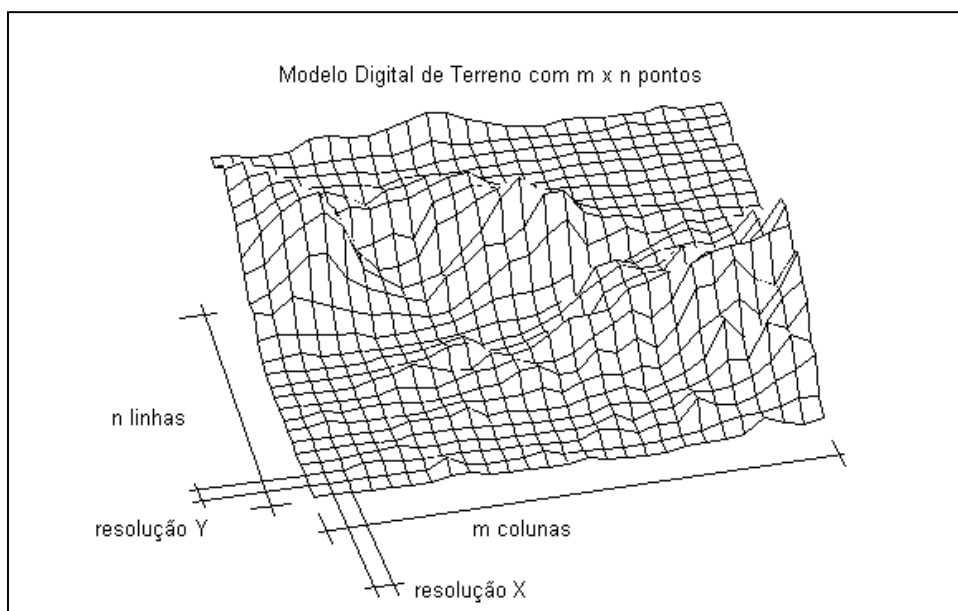


FONTE: Adaptado de Jones 1997, p. 201.

3.2 MÉTODO DA GRADE RETANGULAR

No método da grade retangular, as posições planimétricas do terreno têm uma organização por linhas e colunas em que todos os pontos que pertencem a uma coluna têm a mesma coordenada X , e todos os pontos que pertencem a uma linha têm a mesma coordenada Y . O espaçamento entre colunas ou seções verticais paralelas do terreno orientadas segundo a direção Y é denominado resolução na direção X , e o espaçamento entre linhas ou seções verticais paralelas do terreno orientadas segundo uma direção perpendicular às primeiras, isto é, paralelas ao eixo X é denominado resolução na direção Y , (Fig. 3.3). Em geral as resoluções nas direções X e Y são iguais, caso do programa SPRING desenvolvido na Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE², ou aproximadamente iguais, caso do programa GEOTerrain da empresa MicroStation-Bentley. Quando o fenômeno a ser representado como uma superfície for a superfície topográfica pode-se utilizar a denominação de Modelo Digital de Terreno, ou MDT.

FIGURA 3.3 - MODELO DIGITAL DE TERRENO FORMADO POR $M \times N$ PONTOS, E RESOLUÇÕES R_X E R_Y AO LONGO DOS EIXOS X E Y .



² <http://www.dpi.inpe.br>

A coleta de amostras de pontos para a produção de uma malha retangular pode ocorrer (BURROUGH, 1989):

- a) por processo fotogramétrico em operação de perfilamento;
- b) por processo fotogramétrico de amostragem irregular seguida de interpolação funcional para uma grade regular;
- c) por digitalização de curvas de nível e pontos altimétricos de cartas topográficas seguida de interpolação usando funções;
- d) por processos de levantamento terrestre convencional; e
- e) por processos de levantamento por sonar e radar.

A acurácia da representação da superfície que é produzida está relacionada à resolução e à acurácia dos dados observados.

3.3 A REPRESENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA E O CONCEITO DE ENTROPIA

A determinação do valor da entropia para um conjunto de dados, (Eq. 4.1), se baseia em valores de probabilidade associados a eventos da superfície topográfica. Pode-se considerar como eventos de uma superfície cada ponto da representação da superfície topográfica, um conjunto de pontos de uma seção do terreno ou ainda, quatro pontos de uma face da representação da superfície topográfica. Desse modo, quando se determina o que é um evento e de que modo pode ser associado um valor de probabilidade, existe a possibilidade de determinar um valor de entropia.

Se a cada um dos $n \times m$ pontos de uma representação da superfície topográfica se pode atribuir um valor de probabilidade, então a entropia da representação pode ser calculada. Do mesmo modo, se a cada conjunto de pontos que determina uma seção vertical do terreno com coordenadas X fixa e Y variável, ou vice-versa, for possível associar um valor de probabilidade, então, será possível determinar o valor de entropia da representação. As considerações acerca da caracterização de eventos numa superfície com o propósito de aplicar o conceito de entropia da TMC são apresentadas no Capítulo 5.

