

5 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE GRADES RETANGULARES REGULARES COM A TEORIA MATEMÁTICA DA COMUNICAÇÃO

5.1 QUANTIDADE DE INFORMAÇÃO CARTOGRÁFICA, ESCALA DE REPRESENTAÇÃO E ENTROPIA

A quantidade de informação de uma base de dados cartográficos é o montante de informação necessária para atingir o propósito para o qual a base de dados se destina. A determinação da quantidade de informação de uma representação cartográfica ou de uma base de dados cartográficos é uma tarefa complexa e necessária para a generalização cartográfica (MULLER, 1995). Segundo Jones (JONES 1997, p. 275) uma tentativa na direção da avaliação da quantidade de informação de uma representação cartográfica pode ser obtida pela aplicação da lei de Töpfer, cuja proposição é relacionar números de feições antes e depois da generalização cartográfica.

A determinação da informação que deverá estar presente numa representação cartográfica, ou de uma base de dados, ocorre na fase de projeto cartográfico. No mapeamento convencional, os dados são coletados considerando a posição e espaço disponível na representação final, neste caso o papel. Por outro lado, no mapeamento digital os dados podem ser oriundos de diversas fontes, ter diferentes precisões e representar diferentes conteúdos. Na Cartografia Digital, há mais abstração na definição e tratamento dos dados, e os dados podem ser usados com maior flexibilidade para a derivação de diferentes visualizações.

A escala desempenha papel decisivo nas fases de coleta e visualização de dados porque o custo da coleta é uma parte significativa do custo de um produto cartográfico. Além disso, a escala é o fator determinante do espaço disponível para a representação. O custo da coleta de dados é altamente dependente da precisão do método de coleta, bem como da quantidade de informação a ser coletada. A escala é um fator que determina limites nas visualizações realizadas em sistemas computacionais. Em sistemas computacionais, as ferramentas comuns permitem realizar tanto ampliações quanto reduções de escala de visualização. Nas operações de redução podem ser

produzidas visualizações sobrecarregadas que prejudicam a comunicação. Por outro lado, se for realizada uma ampliação muito grande pode haver prejuízo da forma dos elementos gráficos, além de produzir o falso aspecto de maior precisão.

Pode-se associar uma quantidade de informação a uma representação digital da superfície topográfica. A aplicação da TMC a uma grade retangular regular permite dizer que para uma grade retangular qualquer, cuja escala determinante do procedimento de coleta de dados seja E e que tenha resolução r , existe um valor de informação útil R , tal que R seja máximo em presença da aplicação de um critério de similaridade μ , baseada num valor de tolerância t , (Fig. 5.1). Supondo-se uma grade G_1 e outra G_2 , com escalas E_1 e E_2 , com resoluções r_1 e r_2 respectivamente, pode-se afirmar que devem existir valores de informação útil R_1 e R_2 , ambos baseados no mesmo critério de similaridade μ , porém com diferentes valores para o parâmetro de tolerância t , que são apropriados para os dados das respectivas grades retangulares regulares, (Fig. 5.2). A adoção de uma função de similaridade determina um único critério de avaliação do MDT, de modo independente de escala e de resolução. Deve-se perceber que o critério de similaridade é único para os dois MDT, no entanto, o valor do parâmetro de tolerância t é diferente.

FIGURA 5.1 - CARACTERÍSTICAS DE UMA GRADE RETANGULAR REGULAR DO PONTO DE VISTA DA TMC

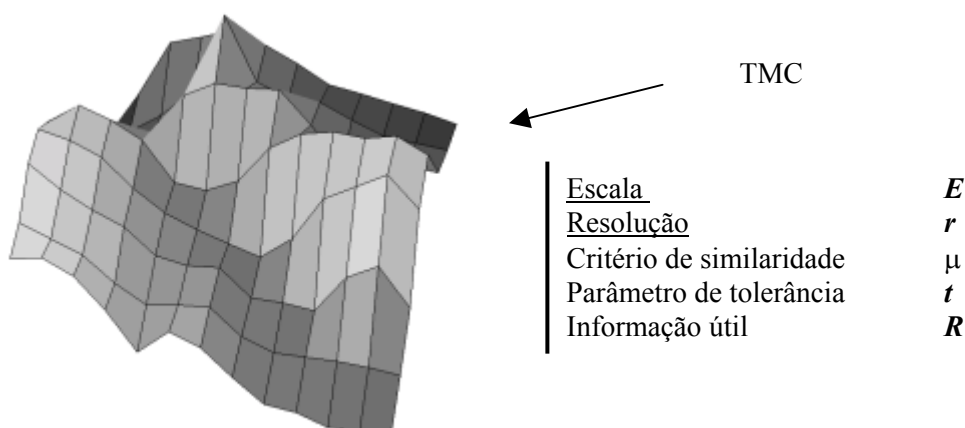
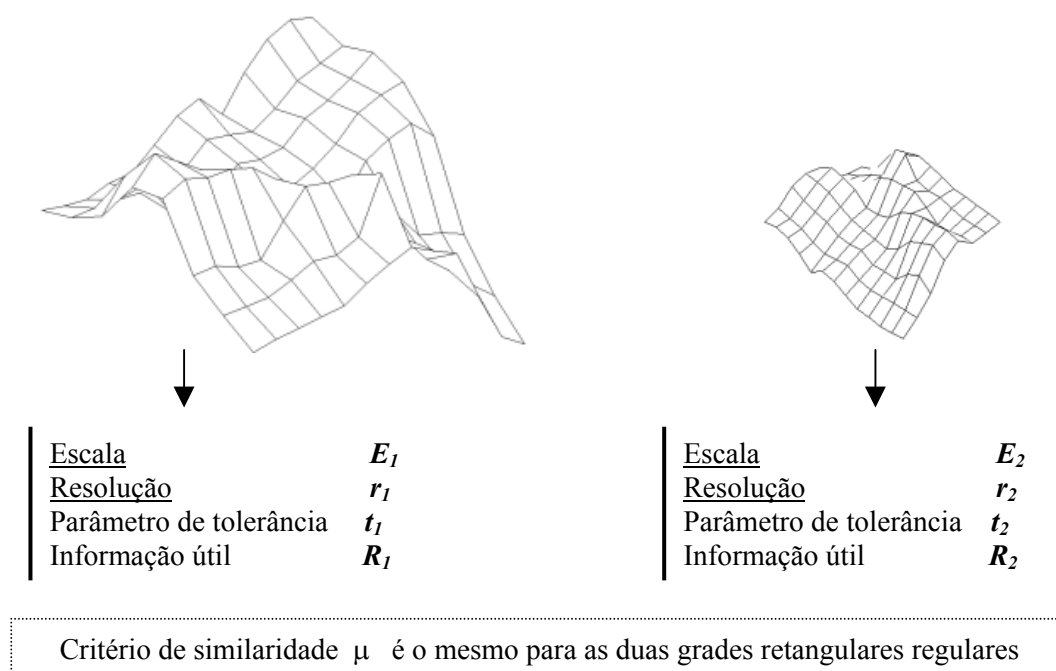
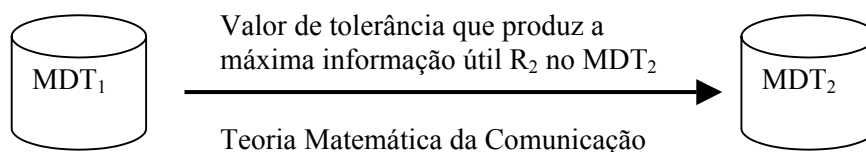


FIGURA 5.2 - CARACTERÍSTICAS DE DUAS GRADES RETANGULARES REGULARES DO PONTO DE VISTA DA TMC



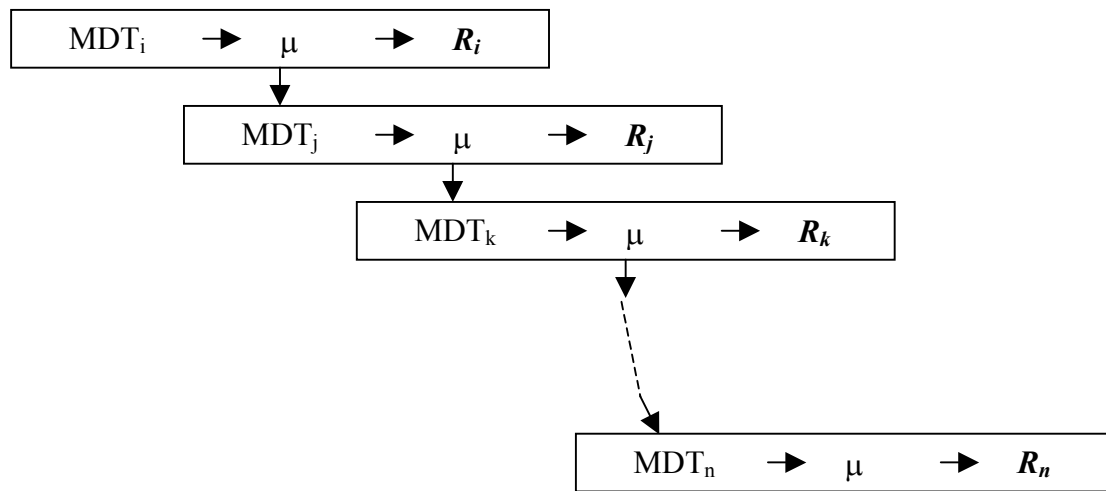
Supondo-se que existam duas grades retangulares MDT para representar a mesma região, MDT_1 e MDT_2 , porém em escalas diferentes, E_1 e E_2 , cada um com seus valores de tolerância, t_1 e t_2 e informação útil, R_1 e R_2 . Pode-se dizer que deve haver alguma relação entre os valores do critério de tolerância t_1 e t_2 , e que o MDT_2 pode ser formado por um subconjunto dos dados do MDT_1 . Avaliando as duas representações da mesma superfície segundo o mesmo critério de similaridade, porém usando os valores para a tolerância adequado a cada MDT deve-se ter a máxima informação útil nos dois MDT. Esta consideração permite adotar a hipótese “pode-se derivar um MDT_2 a partir de um MDT_1 , usando um valor de tolerância apropriado para o MDT_2 com os dados do MDT_1 ” (Fig. 5.3). O MDT_2 deve ter os valores de resolução r_2 e informação útil R_2 , de tal forma que sejam coerentes com a superfície para a escala E_2 , diante da aplicação do critério de similaridade e do valor de tolerância t_2 . A escala E_2 é obrigatoriamente menor do que a escala E_1 , e como consequência deve existir a relação $r_1 > r_2$ entre as resoluções, considerando que menor resolução implica maior afastamento entre pontos, e portanto em generalizar a informação cartográfica.

FIGURA 5.3 - DERIVAÇÃO DE UM MDT A PARTIR DE OUTRO



A derivação de um MDT_2 a partir de um MDT_1 deve proporcionar um conjunto de dados com o mesmo nível de informação útil R_2 , se os dados já existissem para a escala E_2 . A aplicação do parâmetro de tolerância t_2 ao conjunto de dados, cujo parâmetro apropriado é t_1 , implica maior ocorrência de similaridades entre os dados, do que o parâmetro t_1 aplicado aos mesmos dados. A ocorrência de maior número de similaridades acarreta maior valor para a entropia $H(Y)$, (Eq. 4.1) conseqüentemente maior valor para a equivocação $H(Y,X)$, (Eq. 4.4), e por fim, menor valor para a informação útil R (Eq. 4.5). O surgimento de similaridades é interpretado como prejuízo da comunicação, ou como presença de dados que não proporcionam informação segundo o conceito expresso no critério de similaridade e no valor de tolerância. A ocorrência de similaridades também pode ser interpretada como existência de informação excessiva. A redução da ocorrência de similaridades pode ser realizada iterativamente pela remoção de dados que não proporcionam informação. No subconjunto de dados obtido por remoção estão ausentes aqueles dados que proporcionaram valores altos de similaridade. De modo iterativo, o conjunto de dados vai sendo reduzido juntamente com a ocorrência de similaridades, por outro lado a informação útil vai aumentando, até a situação em que o conjunto de dados é suficiente para o uso na escala E_2 , (Fig. 5.4). Nesta figura, MDT_i representa o MDT inicial, μ indica a aplicação da função de similaridade aos dados, R_i representa a informação útil calculada para o MDT_i avaliado com a função de similaridade μ segundo um valor de tolerância t_2 . Pela avaliação da ocorrência e pelos valores de similaridade na matriz de similaridades, pode-se reduzir o montante de dados do MDT_i e produzir o MDT_j , ao qual o processo de cálculo de similaridades e de informação útil é aplicado novamente.

FIGURA 5.4 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DO CRITÉRIO DE SIMILARIDADE E TOLERÂNCIA T E A DA REDUÇÃO DE DADOS A UM MDT.



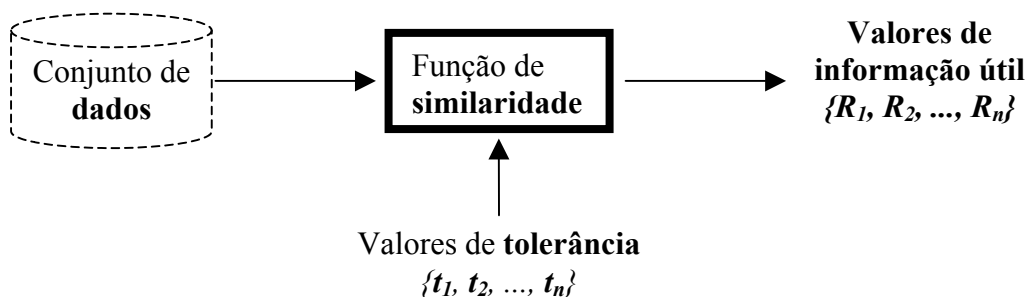
O processo é iterativo e termina quando só existirem similaridades admissíveis para o critério expresso na função de similaridade, usando o valor de tolerância t_2 apropriado para a escala E_2 . O valor de R_n é aproximadamente igual ao valor R_2 , valor obtido pela aplicação do critério de similaridade com uma tolerância t_2 a um MDT_2 . Portanto, o MDT_n é aproximadamente igual ao MDT_2 . O MDT resultante deste processo pode ter resolução variável, uma vez que os subconjuntos formados para cada cálculo são progressivamente menores. O aspecto mais importante da TMC neste processo é a determinação de uma função de similaridade capaz de permitir realizar o cálculo do valor da informação útil, para um MDT, apropriado para uma escala e com uma resolução condizente com a escala e com as variações do relevo.

5.2 REQUISITOS PARA APLICAÇÃO DA TEORIA MATEMÁTICA DA COMUNICAÇÃO A UM MDT

A aplicação da Teoria Matemática da Comunicação a um problema de comunicação requer a identificação de uma fonte de dados. Para o caso de um Modelo Digital de Terreno- MDT, a fonte de dados é o conjunto das coordenadas tridimensionais (x,y,z) dos pontos da grade retangular regular. Deve ser identificada uma propriedade na fonte de dados que, em presença de variação, permita refletir uma variação na informação útil $R(X)$, para que se possa estabelecer uma função de similaridade $\mu(x,y)$. Na Figura 5.5 apresenta-se o relacionamento entre o conjunto de

dados, uma função de similaridade que trata de uma variação sobre os dados, os valores de tolerância para a função de similaridade e os valores de informação útil $R(X)$.

FIGURA 5.5 - APLICAÇÃO DE DIFERENTES VALORES DE TOLERÂNCIA PARA UMA FUNÇÃO DE SIMILARIDADE A UM MESMO CONJUNTO DE DADOS.



A utilização de diferentes tolerâncias t_i aplicadas ao mesmo conjunto de dados usando o mesmo critério de similaridade conduz a diferentes valores de informação útil R_i (Eq. 4.5). Pela TMC quanto maior for o valor da informação útil R tanto menor será a ocorrência de similaridades e, conseqüentemente melhor será a comunicação.

As coordenadas planimétricas de uma representação do terreno na forma de grade retangular regular têm uma organização tal que os pontos estão alinhados segundo a direção do eixo X ou, o que é o mesmo, alinhados segundo a direção do eixo Y . As resoluções r_x e r_y dos alinhamentos de pontos são constantes e conhecidas.

A cada subconjunto de coordenadas planimétricas que apresenta o mesmo valor para a coordenada x tem-se uma seção vertical do terreno, que neste caso é paralela ao eixo Y . O mesmo ocorre em relação ao eixo X , tomando-se como base subconjuntos de coordenadas planimétricas que tem o mesmo valor para a coordenada y . Deste ponto de vista, um MDT pode ser considerado como formado por dois ou mais subconjuntos de pontos cuja organização está na forma de seções verticais paralelas do terreno. O afastamento entre as seções verticais paralelas do terreno será o elemento variável no MDT a ser utilizado no cálculo da similaridade e da informação útil R .

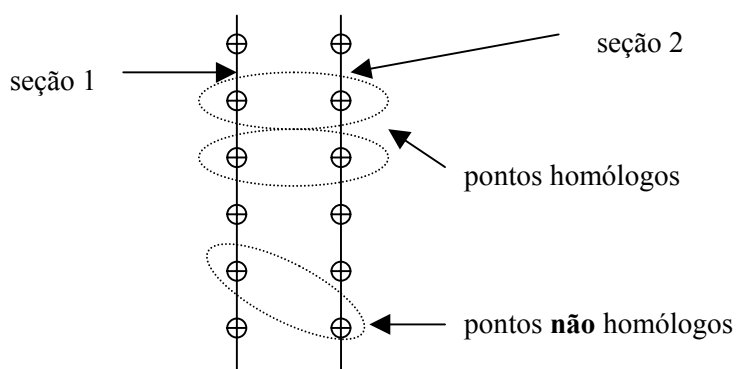
No modelo de similaridade desenvolvido para uma grade retangular regular considera-se que quanto menor o desnível entre pares de pontos de duas seções verticais paralelas do terreno maior será a similaridade entre as duas seções. A

similaridade é função de uma grandeza que descreve o afastamento entre pontos pertencentes a duas seções do terreno, ou seja, a similaridade entre duas seções verticais paralelas do terreno é função das coordenadas dos pontos e do desnível entre pontos destas seções, (Eq. 5.1).

$$\mu(x, y) = f(X, Y, Z, \Delta h) \quad (5.1)$$

Para o cálculo da similaridade são calculados apenas os desníveis Δh para os pontos homólogos. Pontos homólogos são aqueles pontos que pertencem a duas seções verticais paralelas do terreno e têm a mesma coordenada y para o caso de seções paralelas ao eixo Y . O mesmo cálculo pode ser realizado para os pontos pertencentes às seções paralelas ao eixo X , e que têm a mesma coordenada x (Fig. 5.6).

FIGURA 5.6 - PONTOS HOMÓLOGOS DE DUAS SEÇÕES VERTICAIS PARALELAS DO TERRENO



Quanto menores forem os desníveis entre os pontos homólogos de duas seções verticais paralelas do terreno maior será a sua similaridade, maior será o valor da equivocação e maior será a influência sobre a redução do valor de informação útil R . Quando a superfície representada for suave deverão ocorrer mais similaridades do que quando a superfície representada for acidentada.

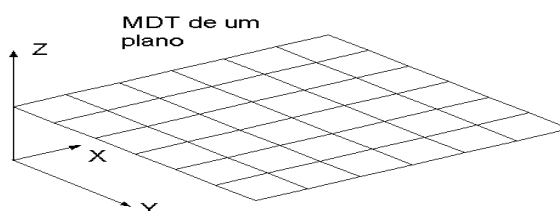
A aplicação de um modelo de similaridade tem comportamento previsível ou conhecido para o caso de algumas superfícies teóricas, assim consideradas por serem

de ocorrência pouco provável em grandes regiões da superfície topográfica. Exemplos destas superfícies são um plano horizontal e a superfície de um cone.

Para o caso do plano horizontal (Fig. 5.7), todos os pontos de todas as seções terão o mesmo valor de altitude e produzirão desnível igual a zero, o que indica a máxima contribuição para o valor da similaridade entre as seções. Como todos os desníveis serão iguais a zero, a similaridade entre cada par de seções verticais paralelas do terreno será máxima, isto é, assumirá o valor máximo que é a unidade. Como todas as seções têm a mesma altitude, todos os valores de similaridade obtidos da comparação de cada seção com todas as outras será máximo. Como os valores de similaridade entre cada par de seções comparadas é um elemento da matriz de similaridades, no caso do plano a matriz de similaridades tem todos os elementos iguais a 1. Todas as seções serão similares a todas. A informação útil R será a menor possível e resultará em valor tanto menor, em comparação com a entropia $H(X)$ dos dados originais, quanto maior for o número de seções existentes no MDT.

Na superfície do plano horizontal sempre existirão as similaridades máximas entre as seções, qualquer que seja a resolução da grade retangular regular. A existência de similaridade alta implica excesso ou redundância de dados, isto é, há mais dados do que o necessário para transmitir a mesma informação. Mesmo excluindo seções, a similaridade ainda continuará alta em função de que as seções têm a mesma altitude. Além disso, a informação útil R resultará a mesma qualquer que seja a orientação da grade.

FIGURA 5.7 - GRADE RETANGULAR REGULAR DE UM PLANO HORIZONTAL

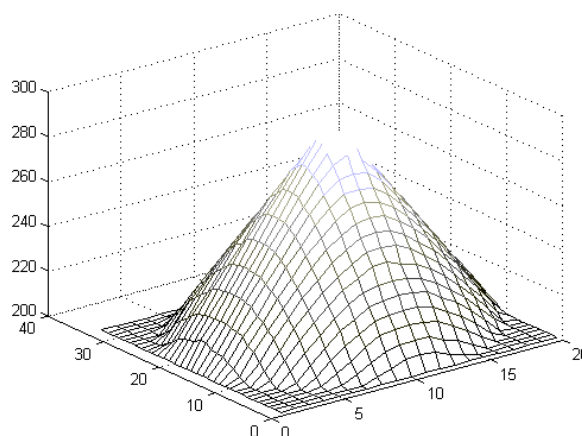


A representação de um cone com o eixo de simetria na vertical conduz a uma grade retangular regular com alta simetria (Fig. 5.8). Para determinar valores de

similaridade deve-se definir um valor para a tolerância, uma vez que existem desníveis diferentes de zero ao longo das seções verticais paralelas da superfície. A orientação da grade de pontos tem pouca influência sobre a similaridade, no entanto, a resolução e a tolerância são relevantes.

A variação na resolução do MDT pode ter dois resultados extremos. O primeiro extremo é a representação da superfície com resolução muito alta, o que resulta numa representação favorável à ocorrência de similaridades. O segundo extremo é a representação da superfície com uma resolução tão baixa que pode ocasionar a perda total da informação do cone, situação em que toda a superfície do cone fica interna a quatro vértices da grade, e portanto toda a informação do cone é perdida.

FIGURA 5.8 - GRADE RETANGULAR REGULAR DA SUPERFÍCIE DE UM CONE COM EIXO DE SIMETRIA NA POSIÇÃO VERTICAL



5.3 CRITÉRIO DE CÁLCULO DA SIMILARIDADE

O cálculo da similaridade de um par de seções verticais paralelas do terreno está baseado no desnível entre pontos que pertencem às duas seções. O desnível a ser calculado é aquele determinado para cada par de pontos homólogos (Fig. 5.6) contidos nos alinhamentos que são perpendiculares ao alinhamento das seções. O valor da similaridade pode ser calculado de dois modos diferentes, ambos baseados na comparação do desnível com um valor de tolerância. Por comparação entre um desnível Δh e o valor de tolerância t pode-se ter três possibilidades: a) o valor do

desnível é maior do que o valor da tolerância, $\Delta h > t$; b) o valor do desnível é menor do que o valor da tolerância, $\Delta h < t$; ou c) o valor do desnível é igual ao valor da tolerância, $\Delta h = t$. As possibilidades *b* e *c* foram agrupadas, o que resultou em $\Delta h \leq t$. Assim da comparação entre o desnível Δh e a tolerância t distingue entre desníveis maiores do que a tolerância e desníveis menores ou iguais à tolerância. Quando o desnível Δh entre dois pontos homólogos for menor ou igual à tolerância t , este desnível é usado de forma que o valor da similaridade entre as duas seções verticais paralelas do terreno seja incrementado. Quando o desnível Δh for maior do que a tolerância t , o desnível não é usado no incremento do valor da similaridade entre as duas seções verticais paralelas do terreno que estão sendo comparadas. Nas Figuras 5.9 a 5.11 estão mostrados graficamente os desníveis menores do que a tolerância e os desníveis maiores do que a tolerância, isto é, os desníveis que participam, e os desníveis que não participam, do incremento do valor da similaridade. Nestas figuras foram representadas duas seções paralelas e foram escolhidos valores de tolerância t de tal modo que se obtivesse: a) similaridade nula, isto é, nenhum desnível Δh é menor do que um valor de tolerância (t_1), (Fig. 5.9); b) similaridade no intervalo $[0,1]$, isto é, alguns desníveis são menores do que a tolerância e outros desníveis são maiores do que um valor de tolerância (t_2), (Fig. 5.10); e c) similaridade máxima, isto é, alcança o valor 1 porque todos os desníveis são menores do que o valor de um valor de tolerância (t_3), (Fig. 5.11). Os valores de tolerância apresentam o seguinte relacionamento $t_1 > t_2 > t_3$. Quanto menor a tolerância menor, a similaridade ou, no sentido oposto, quanto maior a tolerância maior será a similaridade, assim $\mu_1 > \mu_2 > \mu_3$. Os valores de tolerância não foram representados graficamente. Os valores representados em linha tracejada correspondem a desníveis que não incrementam o valor da similaridade, e os valores representados em linha cheia incrementam.

São usados dois critérios para realizar o cálculo da similaridade usando o conhecimento de quais desníveis são menores do que a tolerância. O primeiro critério considera o número de desníveis menores do que a tolerância, e o segundo considera a soma dos desníveis dos pontos homólogos menores do que a tolerância.

Para o propósito da determinação de sua similaridade, as seções podem ser caracterizadas como o conjunto de coordenadas $\{x_i y_1 z_1, x_i y_2 z_2, \dots, x_i y_n z_n, x_j y_1 z_1, x_j y_2 z_2, \dots, x_j y_m z_m\}$, em que os índices i e j indicam duas seções diferentes, cada uma com seu número de pontos n e m . Os números n e m podem ser iguais ou não, isso dependerá da conformação da região. Se a região tiver limite regular, n será igual a m e haverá apenas quatro alinhamentos limite e se a região tiver limite irregular haverá situações em que n poderá ser igual a m e haverá mais de quatro alinhamentos limite.

FIGURA 5.9 - VISUALIZAÇÃO DOS DESNÍVEIS ENTRE DUAS SEÇÕES PARA UMA TOLERÂNCIA $t1$ (MENOR DO QUE TODOS OS DESNÍVEIS)

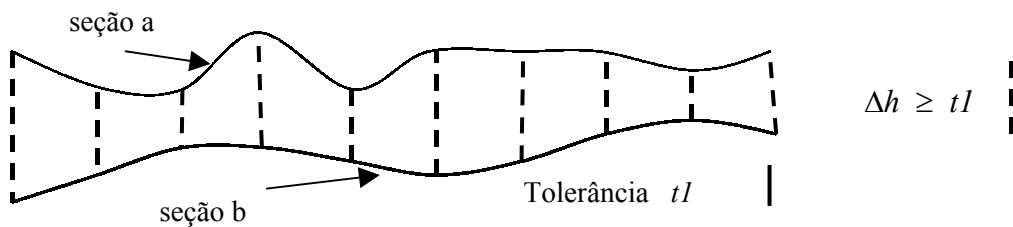


FIGURA 5.10 - VISUALIZAÇÃO DOS DESNÍVEIS ENTRE DUAS SEÇÕES PARA UMA TOLERÂNCIA $t2$

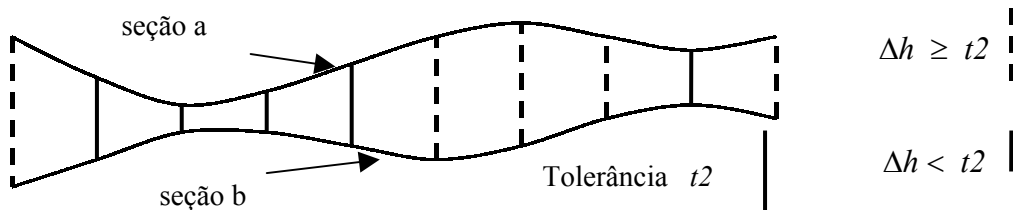
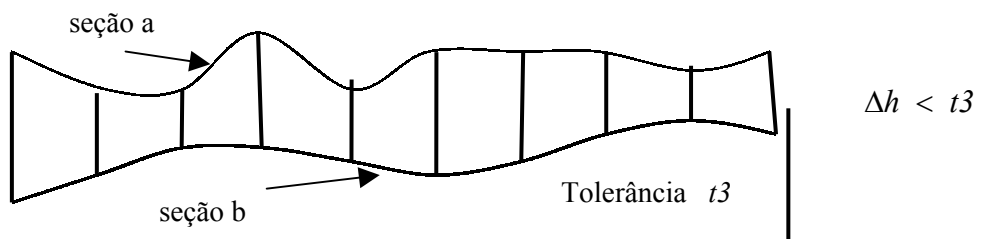


FIGURA 5.11 - VISUALIZAÇÃO DOS DESNÍVEIS ENTRE DUAS SEÇÕES PARA UM VALOR DE TOLERÂNCIA $t3$.



5.3.1 Número de Desníveis Similares

O número de desníveis entre pontos homólogos que devem contribuir para o cálculo da similaridade é dividido pelo número total de pontos homólogos do par de seções verticais do terreno. A similaridade nesse caso é dada por:

$$\mu (s_i, s_j) = \frac{n_{ph}}{N_{tph}} \quad (5.2)$$

Nesta expressão, s_i e s_j representam as duas seções, n_{ph} representa o número de pontos homólogos para os quais o desnível foi menor, ou igual, à tolerância, e N_{tph} representa o número total de pontos homólogos para o par de seções verticais do terreno em comparação.

Neste critério não se consideram os valores dos desníveis, apenas se determina se o par de pontos homólogos tem, ou não, desnível menor do que a tolerância. O valor calculado com esta expressão está contido no intervalo $[0, 1]$, como estabelecido pela Teoria Matemática da Comunicação (BJORKE 1996, p. 83).

A aplicação deste critério leva a uma das três situações de similaridade:

- a) quando não houver valores de desnível menores do que a tolerância $n_{ph} = 0$ e $\mu = 0$, as duas seções não serão similares segundo o critério e valor de tolerância adotados;
- b) quando $n_{ph} < N_{tph}$, o valor da similaridade estará compreendido no intervalo $\mu > 0$ e $\mu \leq 1$; e
- c) quando $n_{ph} = N_{tph}$, o valor de similaridade alcança seu máximo valor, isto é, $\mu = 1$.

Este modo de cálculo de similaridade apenas classifica os desníveis e não leva em consideração a sua magnitude. O valor da similaridade é determinado apenas pela existência dos desníveis cujos valores são menores do que o valor da tolerância.

5.3.2 Soma dos Desníveis Similares

Com o critério da soma dos desníveis similares somam-se os desníveis entre os pontos homólogos cujos os valores forem menores ou iguais ao valor da tolerância e por fim divididos pela soma dos desníveis entre todos os pontos homólogos do par de

seções verticais que estão sendo comparadas. A similaridade para este caso é dada por:

$$\mu (s_i, s_j) = \frac{\sum_{k=1}^{n_{ph}} \Delta h_k}{\sum_{l=1}^{N_{tph}} \Delta h_l} \quad (5.3)$$

Os elementos s_i , s_j , n_{ph} e N_{tph} desta expressão têm o mesmo significado dos elementos da expressão anterior (Eq. 5.2). A quantidade $\sum \Delta h_k$, com $k = 1, \dots, n_{ph}$, representa o somatório dos desníveis cujo valor é menor ou igual à tolerância e $\sum \Delta h_l$, com $l=1, \dots, N_{tph}$, representa o somatório de todos os desníveis calculados para o par de seções verticais do terreno.

Este critério leva a uma das três situações de similaridade:

- a) quando não houver valores de desnível menores do que o valor da tolerância t , o valor de n_{ph} será nulo e o numerador da equação 5.3 também será nulo, ou seja, não existirão desníveis a somar, o que implica similaridade nula, $\mu = 0$;
- b) quando $n_{ph} < N_{tph}$, o numerador da equação 5.3 será composto pela soma dos desníveis de um subconjunto do conjunto de desníveis possíveis para o par de seções verticais do terreno, e a similaridade terá um valor diferente de zero e diferente de um, ($0 < \mu < 1$); e
- c) quando $n_{ph} = N_{tph}$, os valores do numerador e do denominador serão iguais, indicando que todos os desníveis entre os pontos homólogos do par de seções verticais do terreno são menores do que o valor de tolerância, ou seja, as duas seções são completamente similares ($\mu = 1$), diante do critério de similaridade e valor de tolerância.

5.4 MÉTODO DA REMOÇÃO PROGRESSIVA

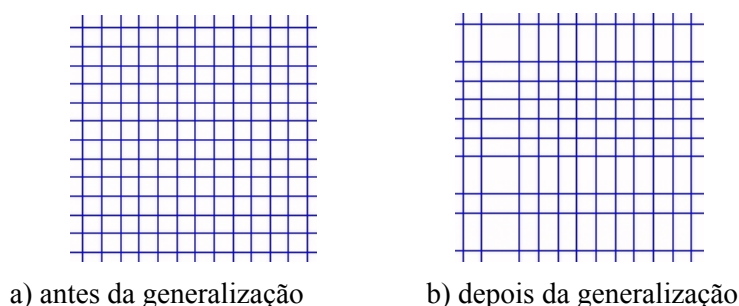
Para a realização do processo de remoção progressiva é necessário conhecer os valores de similaridade de cada seção vertical do terreno com todas as seções da grade. No método da remoção progressiva considera-se que quando uma seção vertical do

terreno apresentar similaridade com mais do que duas seções vizinhas consecutivas, então há seções com informação em excesso.

Inicia-se a avaliação do número de similaridades a partir da primeira seção, ou seção mais a Oeste, que passa a ser considerada como seção *base*. A seção *base* é comparada com a seção *base+1* da grade. Se as seções *base* e *base+1* forem similares, isto é, tiverem valor de similaridade diferente de zero busca-se a similaridade entre as seções *base* e *base+2*. Se estas duas últimas seções forem similares em qualquer grau entende-se que a seção *base+1* pode ser removida dos dados. Quando uma seção é removida, a seção seguinte a esta é tomada como *base* e o processo de busca das similaridades se repete. Se a seção *base* não apresentar similaridade com a seção *base+1*, esta passa a ser a nova seção *base* e o processo continua. As seções verticais do terreno que contêm a máxima altitude e a mínima altitude não são removidas.

O processo de remoção é aplicado tanto para as seções formadas pelos pontos alinhados segundo paralelas ao eixo Y quanto seções paralelas ao eixo X. Dessa forma são removidas seções paralelas aos dois eixos coordenados (Fig. 5.12). A grade resultante continua sendo retangular porém será formada por regiões irregulares. O processo termina quando não houver mais do que duas seções verticais do terreno consecutivas com algum grau de similaridade.

FIGURA 5.12 - MALHAS RETANGULARES: A) ANTES DA GENERALIZAÇÃO E B) APÓS A GENERALIZAÇÃO



Antes da generalização a grade retangular é regular, isto é, tem resolução constante e após a generalização a grade passa a ter resolução variável e contempla faces com a resolução original e faces com resolução dada por múltiplos dos valores

de resolução da grade original. Cada face é conhecida pelas quatro coordenadas que determinam uma região retangular no plano.

Quando se realiza a remoção de seções verticais do terreno formadoras da grade original, considera-se que os pontos que pertencem a estas seções são excessivos e desnecessários para realizar a representação da superfície. A remoção de pontos das seções verticais do terreno resulta na redução de declividade, a não ser que os pontos removidos pertençam a faces coplanares. Portanto, as faces maiores, que são geradas como resultado da aplicação do método de remoção progressiva de seções verticais do terreno, devem preservar a declividade da superfície que pode ser obtida pela determinação das declividades de todas as faces originais.

5.5 VARIAÇÃO NA ORIENTAÇÃO DAS LINHAS DA GRADE RETANGULAR REGULAR

Na representação da superfície topográfica por meio de modelos digitais de terreno, pelo método da grade retangular regular, considera-se que os pontos estão organizados em linhas de pontos com orientação coincidente com a direção dos eixos de coordenadas. Para avaliar a possível influência da orientação da malha em relação à superfície topográfica sobre os resultados de informação útil R , (Eq. 4.5), foram feitas mudanças na orientação desta malha (Fig. 5.13). Considerando-se que, a princípio, a malha tem orientação Norte-Sul e Leste-Oeste, podem ser feitas mudanças na orientação da malha de tal modo que outros pontos da mesma superfície possam ser usados como pontos homólogos.

A mudança de orientação da malha foi realizada pela aplicação de uma rotação ao conjunto de pontos originais. A rotação foi aplicada ao ponto médio da região representada no MDT. A aplicação de uma rotação implica amostrar novos pontos na malha original. A amostragem foi realizada por meio de interpolação bidirecional parabólica de terceiro grau de acordo com Doytsher e Hall (DOYTSHER e HALL, 1997, p.1013-1020). A formulação para a aplicação da rotação encontra-se no Apêndice A e para a interpolação de altitudes está apresentada no Apêndice B.

A rotação da malha de pontos formadores das unidades de seções verticais paralelas do terreno incorre na variação de comprimento das seções, na variação do

número de pontos homólogos e em aumento do número de seções. A variação do comprimento das seções acarreta mudança nos valores de probabilidade visto que o critério para sua determinação leva em consideração o seu comprimento. Para contornar o problema da ocorrência de grades com seções de diferentes comprimentos, após a aplicação da rotação realizou-se um corte nos dados de forma a produzir uma grade retangular regular com borda circular (Fig. 5.14).

FIGURA 5.13 – SEÇÕES VERTICAIS DO TERRENO SEM ROTAÇÃO E COM ROTAÇÃO

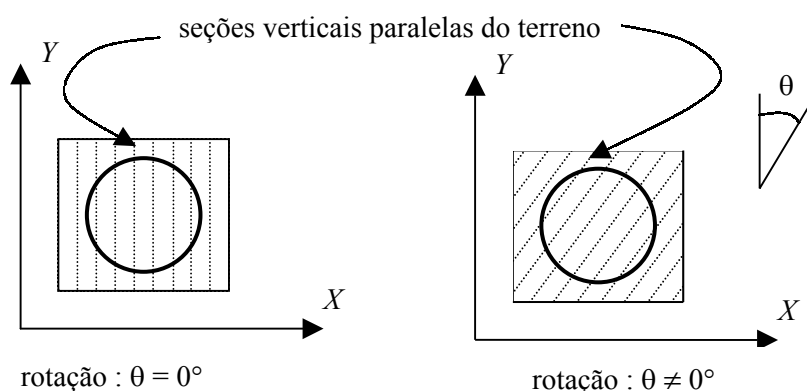
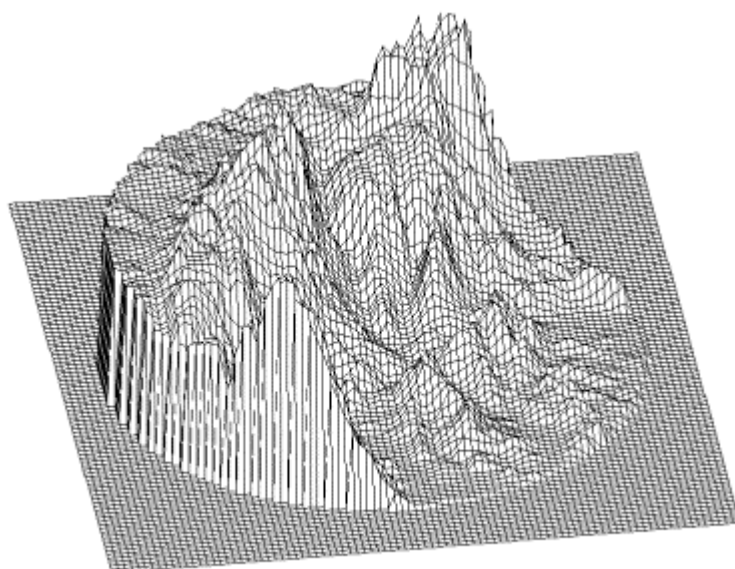


FIGURA 5.14 - MALHA RETANGULAR REGULAR COM LIMITE CIRCULAR



5.6 MÉTODO DA REMOÇÃO PROGRESSIVA COM MANUTENÇÃO DA DECLIVIDADE

O método da remoção progressiva é aplicado para proporcionar a remoção de seções verticais paralelas do terreno que são consideradas desnecessárias pelo critério expresso na função de similaridade. A remoção de seções verticais paralelas do terreno modifica a forma do terreno de modo a produzir sua suavização. Neste trabalho, a detecção da suavização de uma superfície é realizada pela análise da variação da declividade de uma superfície em uma distribuição em classes de frequências de declividade. O controle da manutenção da declividade da representação da superfície inicia-se pela determinação do número de classes de declividade, pelo cálculo das declividades de todas as faces da grade retangular regular e pelo cálculo do percentual da frequência de declividades para cada classe usando a grade retangular regular inicial. O processo de cálculo da declividade média é apresentado no Apêndice C.

Este procedimento é aplicado às seções com orientação Norte-Sul (N-S), e às seções com orientação Leste-Oeste (L-O). Cada um destes processamentos proporciona uma matriz de similaridades. A remoção das seções segue o procedimento já descrito no item 5.4. Se houver similaridades detectadas na primeira iteração, então é gerada uma grade retangular irregular. A declividade de cada uma das faces desta grade retangular irregular é calculada e seus valores usados no cálculo do percentual da frequência de declividades para as mesmas classes de declividade da avaliação inicial (que considera a representação original da superfície).

A diferença entre as frequências de declividade nas classes de frequência é calculada para estes valores correspondentes à representação original da superfície e à iteração realizada. A detecção de uma diferença na frequência dos valores de declividade maior do que o valor expresso no critério de tolerância, para variação de frequência indica que o processo iterativo deve terminar. O processo iterativo também pode ser finalizado se não houver variação no número de elementos da matriz de similaridades em duas iterações consecutivas. Caso não ocorram diferenças maiores do que a tolerância para variação em frequência de declividades, e ainda haja seções passíveis de apresentar similaridade, o processo iterativo é repetido.

A aplicação do método de remoção progressiva com manutenção da declividade requer a definição dos valores de tolerância para o desnível entre pontos homólogos, e para a máxima variação percentual da frequência de declividades em uma classe de declividades. Quanto maiores forem as tolerâncias em desnível e em variação percentual da frequência maior será a suavização ocasionada na superfície.

