

GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE SUPERFÍCIE POR MEIO DE PLATAFORMAS COMPUTACIONAIS COM ESTRUTURA VETORIAL E RASTER

GENERATION OF DIGITAL ELEVATION MODELS USING COMPUTER FRAMEWORKS WITH VECTOR AND RASTER STRUCTURES

Eliane Viviani e Gustavo Garcia Manzato

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Faculdade de Engenharia de Bauru – Departamento de Engenharia Civil
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº – CEP 17.033-360 – Bauru, SP Brasil

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) integrate the technologies related to Geoprocessing, with the ability to manipulate georeferenced information through data storage, management and analysis. One of the GIS applications is the generation of Digital Elevation Models (DEM) as a result of rebuilding the elevation of a region using computation tools and artificial representation. This paper presents the DEM created from a point base in two computational frameworks with different structures (vector and raster), comparing the contour lines generated from these models with the original contour lines from analog cartographic base. It was observed that one of the generated models presented some discrepancies related to real space for both GIS structures. However, using constrained Delaunay's triangulation in raster GIS a digital elevation model was generated with contour lines quite close to the original ones, with satisfactory results. A 3-D terrain representation was also created offering a very useful tool for analysis.

Keywords: Geoprocessing, GIS, DEM, Contour Lines.

RESUMO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) integram as tecnologias relacionadas ao geoprocessamento, apresentando capacidade de manipulação de informações georreferenciadas e oferecendo recursos de armazenamento, gerenciamento e análise de dados. Dentre as várias aplicações dos SIG está a geração de Modelos Digitais de Terrenos (MDT), resultante da reconstrução, com ferramentas computacionais e representação artificial, da altimetria de uma região. Neste trabalho são apresentados os MDT gerados em duas plataformas computacionais de estruturas diferentes (vetorial e *raster*) a partir de uma base de pontos, comparando-se as curvas de nível geradas por esses modelos com as curvas de nível originais da base cartográfica analógica. Os resultados mostram que alguns dos modelos gerados apresentaram inconsistências em relação ao espaço real, nas duas estruturas de SIG. No entanto, a utilização da triangulação de Delaunay com restrições, no SIG *raster*, proporcionou um MDT que resultou em curvas de nível geradas muito próximas às curvas de nível originais, com resultados bastante satisfatórios. Foi gerada também uma representação tridimensional do terreno, oferecendo possibilidades de análises muito úteis.

Palavras-chave: Geoprocessamento, SIG, MDT, Curvas de Nível.

1 – INTRODUÇÃO

Tem sido crescente a demanda para utilização de áreas com vistas tanto à expansão urbana como para utilização do meio rural, o que faz com que as atividades ligadas ao planejamento territorial necessitem cada vez mais integrar estudos abrangentes sobre o meio ambiente, tornando premente o conhecimento detalhado do meio físico. Assim, uma precisa representação de um terreno é de grande importância, e tem sido buscada sob diferentes formas, dentre as quais por meio dos modelos digitais.

Uma definição bastante generalizada de modelo, em âmbito geográfico, é o de “uma representação simplificada da realidade em que aparecem algumas de suas propriedades” (Joly, 1988 apud Pérez, 1994). Um DTM (*Digital Terrain Model*) ou MDT (modelo digital de

terreno), ou ainda MNT (modelo numérico de terreno) pode ser definido como uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dentre as informações espaciais representadas pode-se ter os dados de altimetria, representativos do relevo. Alguns autores propõem o termo DEM (*Digital Elevation Model*) como mais apropriado para a representação específica do relevo, visto ser o termo ‘terreno’ mais abrangente, podendo assim representar outros atributos além da altitude (Burrough, 1986; Felgueiras, 1998; Weibel & Heller, 1999).

Para a representação de uma superfície real através do computador é indispensável a criação de um modelo digital, que pode ser obtido por meio de equações

analíticas ou por uma rede de pontos na forma de uma grade.

Os dados de um modelo numérico de terreno são representados pelas coordenadas xyz, onde z (o parâmetro a ser modelado) é função de xy. Estes dados são usualmente adquiridos segundo uma distribuição irregular no plano xy, ou ao longo de linhas com mesmo valor de z.

A aquisição destes dados pode ser realizada por levantamentos de campo, digitalização de mapas, medidas fotogramétricas a partir de modelos estereoscópicos ou dados altimétricos adquiridos por meio de receptores GPS e satélites. Entretanto, as aplicações ou produtos de MNT não são elaborados sobre os dados amostrados mas sobre os modelos gerados.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), parte integrante das atuais técnicas do geoprocessamento (ou geotecnologias), são destinados à manipulação das informações georreferenciadas (referenciadas espacialmente), oferecendo recursos para armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise de dados, e permitindo a geração de produtos como mapas, relatórios e arquivos digitais.

De um ponto de vista técnico, um SIG pode ser definido como um conjunto integrado de *hardware* e *software*, destinado à aquisição, armazenamento, estruturação, manipulação, análise e exibição gráfica de dados, especialmente referenciados pelas coordenadas geográficas (Burrough, 1986; Meneguette, 1998).

Os SIG têm sido utilizados em inúmeras aplicações, especialmente por permitirem a geração de novas informações a partir de dados básicos armazenados (gráficos e alfanuméricos), fornecendo grandes subsídios para análises, principalmente nas áreas de infra-estrutura, de arrecadação, nos trabalhos de planejamento e de gerência, ou em toda atividade que necessite de tomadas de decisão.

A utilização das geotecnologias certamente resulta em grandes benefícios em inúmeras áreas de atuação. No entanto, isto não acontece de forma simples e automática, pois para a sua utilização, além de *software* e *hardware*, faz-se necessária a coleta dos dados propriamente ditos, além da formação de recursos humanos, esta última uma necessidade premente.

Há que se considerar que, hoje em dia, com a grande difusão das técnicas de geoprocessamento e o lançamento no mercado de diversos programas computacionais de SIG, parece inevitável que dados digitais sejam armazenados e produzidos em diferentes plataformas e sistemas, cada qual com suas ferramentas e potenciais específicos, sendo o vetorial e o *raster* os dois modelos de representação mais utilizados para estabelecer a estrutura geométrica dos dados no SIG. Também, vários SIG têm sido produzidos de forma a oferecer o recurso de geração dos modelos digitais de terreno.

Neste trabalho são apresentados os modelos digitais de terrenos gerados nas duas plataformas mencionadas (vetorial e raster), comparando-se as curvas de nível geradas por esses modelos com as curvas de nível originais da base cartográfica analógica. É apresentada ainda uma representação tridimensional do terreno em estudo,

ilustrando assim o recurso de geração do MDT por meio de um SIG.

2 – ESTRUTURAS PARA A GERAÇÃO DOS MODELOS DIGITAIS DE TERRENO

O processo de geração de um modelo digital de terreno envolve etapas como (Felgueiras, 1998):

- Aquisição dos dados representativos do fenômeno em análise (amostragem);
- Modelagem, que envolve a elaboração de um modelo matemático a partir da criação de estruturas de dados e de funções de interpolação, resultando na definição de superfícies de ajuste com uma representação contínua do fenômeno em análise, a partir da amostragem considerada;
- Utilização do modelo gerado, em substituição à superfície real, com o emprego de diferentes procedimentos de análise.

Na etapa de modelagem, os modelos mais comumente utilizados são os de grade regular retangular e os de grade irregular triangular (também denominados TIN – *Triangulated Irregular Network*), sendo que o ajuste de superfície envolve a definição de uma função interpolante válida para os pontos internos ao elemento básico da grade (Felgueiras, 1998).

As estruturas TIN caracterizam-se por elementos triangulares, em que os vértices são pontos da amostra, havendo diferentes métodos para se proceder a triangulação. Dentre os métodos mais comumente utilizados está a Triangulação de Delaunay, que estabelece que o círculo que passa pelos três vértices de cada triângulo da malha não deve conter, em seu interior, qualquer outro ponto do conjunto da amostragem. Com isso, a malha a ser gerada deve conter triângulos o mais próximo possível de equiláteros, evitando-se a criação de triângulos com ângulos internos muito agudos (Eastman, 2001; Felgueiras, 1998). A Figura 1 ilustra situações que definem ou não os triângulos de Delaunay.

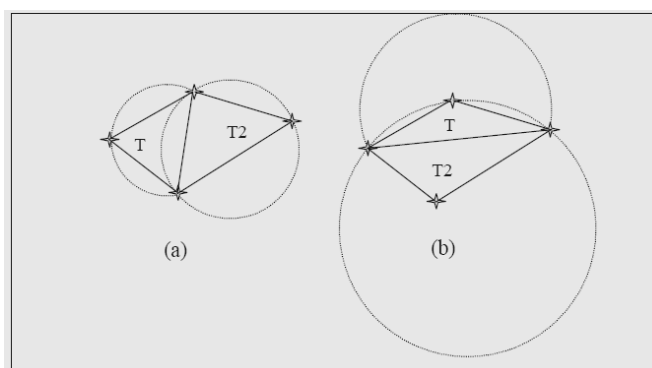


Figura 1. Critério do circuncírculo para a triangulação de Delaunay: (a) Triângulos de Delaunay e (b) Não triângulos de Delaunay (Felgueiras, 1998).

No entanto, muitas vezes os triângulos resultantes do critério de Delaunay podem caracterizar situações que não representam adequadamente as características topográficas da área em análise, como mostrado na Figura 2a (nas três situações apresentadas). Para essas situações há um critério

complementar à triangulação de Delaunay, que apresenta condições adicionais para a seleção dos vértices dos triângulos, denominado “triangulação de Delaunay com restrições” (figura 2b). Nesse método as isolinhas da superfície não podem ser cruzadas durante o processo de triangulação, o que equivale a dizer que deve haver visibilidade entre os vértices dos triângulos, ou seja, não deve haver qualquer segmento entre as laterais dos triângulos a serem gerados. Isto permite preservar as características topográficas da superfície como pontos de pico ou depressão, linhas divisoras de água (linhas de máximo) e linhas de drenagem (linhas de mínimo) (Felgueiras & Goodchild, 1995; Eastman, 2001). A Figura 2 ilustra três situações, sendo que a primeira e a terceira ilustram que a triangulação direta não permite definir linhas características da topografia da superfície (no caso, a isolinha central) e a segunda mostra que a triangulação com restrições evita o problema de criação de patamares (laterais dos triângulos em um mesmo nível).

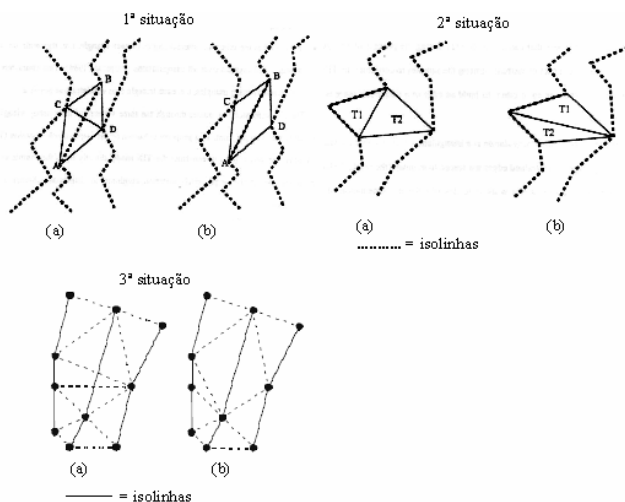


Figura 2. (a) Triangulação de Delaunay e (b) Triangulação de Delaunay com restrições (adaptado de Felgueiras & Goodchild, 1995 e Eastman, 2001).

3 – DADOS INICIAIS E ÁREA DE ESTUDO

Os dados iniciais deste trabalho formam uma base de pontos cotados sobre curvas de nível das cartas topográficas de uma base cartográfica analógica do município de Bauru, contendo informações de latitude, longitude e cota (elevação do terreno), sendo este último o atributo a ser representado pelo MDT, através dos resultados dos processos de interpolação inerentes às plataformas computacionais utilizadas.

O município de Bauru situa-se na região noroeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°03'34" e 22°25'01" de latitude sul e os meridianos 48°55'57" e 49°17'28" de longitude oeste. Com uma altitude média de 579 m, possui uma área total de 702 km² (sendo a área rural da ordem de 578 km²) e faz limite com outros 7 municípios. Segundo o censo demográfico do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2000 o município possuía uma população total de 316.064 pessoas, das quais 5.622 pessoas residentes na área rural.

Este trabalho foi desenvolvido utilizando-se dois programas computacionais, o TransCAD, versão 3.2 (acadêmico), de plataforma vetorial, em uma parceria com o Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – USP e o Idrisi, versão I32.2, de plataforma raster, produzido pela Graduate School of Geography – Clark University, também em parceria com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho – Portugal. Além disso, foi utilizado um micro computador pessoal com a seguinte configuração: PC Athlon XP 1800, com 256 MBytes de memória RAM.

Na Figura 3 está ilustrada toda a área de estudo, com a base de pontos cotados sobreposta à base cartográfica analógica, além de um detalhe, mostrando os pontos cotados inseridos sobre as curvas de nível da base analógica.

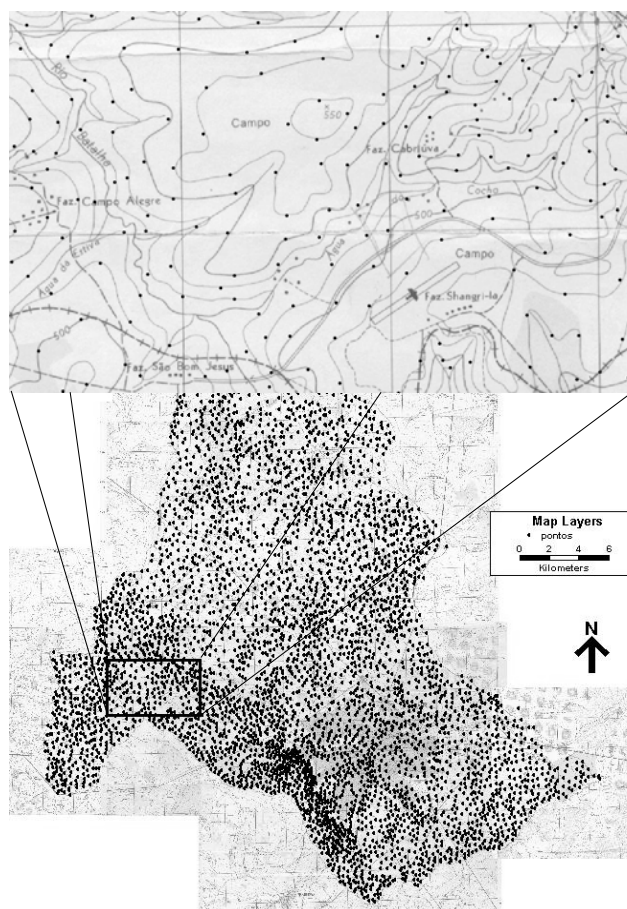


Figura 3. Base de dados de pontos cotados sobre curvas de nível.

4 – GERAÇÃO DE MDT EM UM SIG VETORIAL

Os MDT no SIG TransCAD, de estrutura vetorial, são gerados a partir de processos de interpolação que resultam na estrutura TIN, ou seja, em uma rede irregular de triângulos. Este software apresenta três níveis de interpolação de dados e, conseqüentemente, três estruturas TIN. Neste trabalho foram testados os três níveis para a área em estudo gerando-se, posteriormente, as curvas de nível para cada situação, com equidistância vertical de 20 metros.

Conforme ilustra a Figura 4 os resultados obtidos mostram que as curvas de nível geradas apresentam inconsistências e distorções relacionadas ao seu traçado. Mesmo no nível mais detalhado de interpolação (nível 3), que necessita de características de *hardware* apropriadas e exige um tempo de processamento muito superior se comparado ao nível 1 (aproximadamente 6 minutos no nível 1 para quase 60 horas no nível 3), o traçado das curvas de nível geradas para os três níveis de interpolação foi praticamente o mesmo.

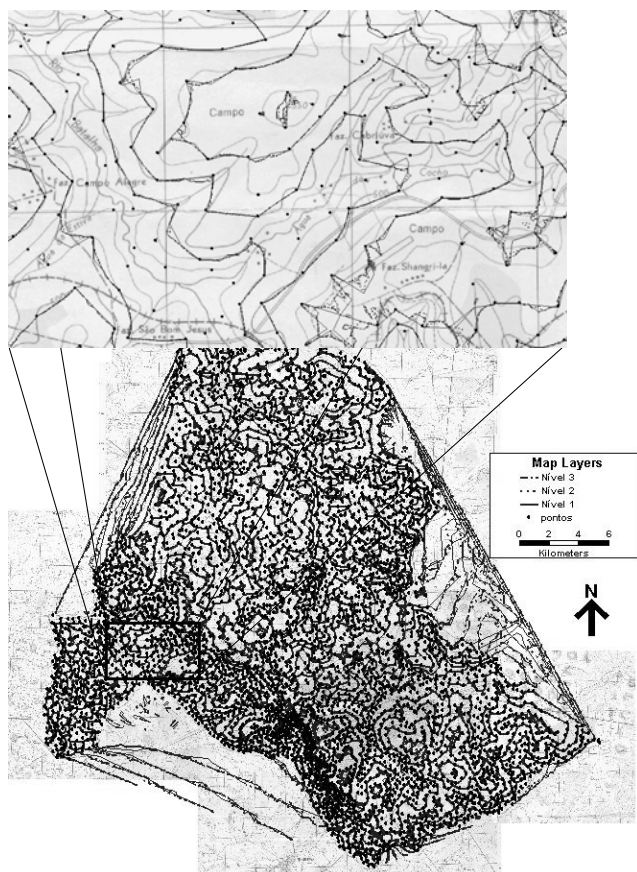


Figura 4. Curvas de nível geradas nos níveis 1, 2 e 3 sobrepostas à base de pontos cotados e à base cartográfica analógica.

Um teste adicional realizado após a obtenção desses primeiros resultados foi a adição de pontos cotados sobre as curvas de nível, com o objetivo de reduzir o espaçamento entre eles. Neste caso os pontos foram adicionados apenas em uma região selecionada, região esta ilustrada no detalhe da Figura 1. Além disso, tomou-se o cuidado de se adicionar pontos além da região selecionada, evitando-se assim possíveis problemas decorrentes do efeito de borda, quando do processo de interpolação dos dados.

Os resultados obtidos a partir desse teste permitiram observar que as discrepâncias ocorridas não estão necessariamente relacionadas ao espaçamento entre os pontos cotados. Embora se tenha notado que, de uma forma geral, quanto menor a distância entre os pontos melhor fica a geração das curvas de nível por meio do modelo digital, em várias circunstâncias isso não se repetiu, ocorrendo graves distorções e ‘erros de

interpretação’, quando uma série de pontos cotados são simplesmente ‘ignorados’, o que resulta em curvas de nível geradas inconsistentes. Nota-se inclusive que isso ocorre especialmente em regiões em que as curvas de nível originais apresentam inflexões acentuadas. A Figura 5 mostra a área selecionada com os pontos adicionados e os resultados obtidos na geração de curvas de nível (neste caso, nível de interpolação 1).

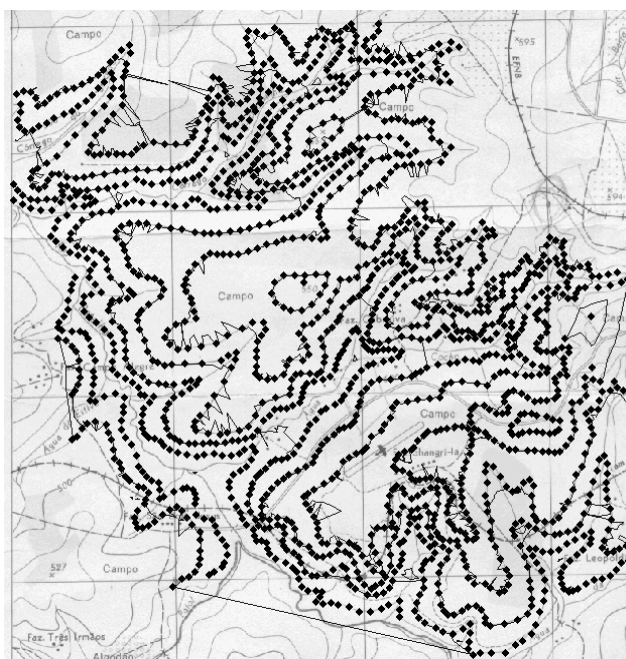


Figura 5. Curvas de nível geradas no nível 1 de interpolação sobre uma região selecionada com menor distância entre os pontos cotados.

5 – GERAÇÃO DE MDT EM UM SIG RASTER

No *software* Idrisi, de plataforma *raster*, os MDT também são gerados a partir de uma estrutura TIN, a exemplo do que ocorre no SIG TransCAD. No entanto, existem algumas diferenças entre esses dois programas, uma vez que o TransCAD oferece três níveis de interpolação, diferenciados entre si desde a construção da estrutura TIN. Já o Idrisi apresenta um único nível de interpolação de dados para a construção da estrutura TIN, havendo uma diferenciação entre os modelos gerados em função das precisões adotadas no momento da sua geração (precisão esta definida com a escolha do número de linhas e do número de colunas).

Para a realização desta etapa do trabalho foi utilizada a interface *shapefile* para a conversão dos dados com diferentes formatos, permitindo que os arquivos gerados no TransCAD pudessem ser utilizados no Idrisi. Após este procedimento, foram gerados os modelos com as precisões de 10 linhas por 10 colunas, 100 linhas por 100 colunas, 1.000 linhas por 1.000 colunas e 10.000 linhas por 10.000 colunas.

Os resultados obtidos, ilustrados na Figura 6, mostram que há diferenças entre os modelos gerados em função da precisão adotada, exceto entre os MDT gerados com precisão de 1.000 linhas por 1.000 colunas e de 10.000

linhas por 10.000 colunas, os quais não apresentam sensíveis diferenças entre si. Apesar dos MDT obtidos nas duas últimas opções de precisão não apresentarem significativas diferenças, o modelo obtido na precisão 10.000 linhas por 10.000 colunas exige melhores características de *hardware*, uma vez que necessita de maior tempo para processamento dos dados além de maior capacidade no disco rígido.

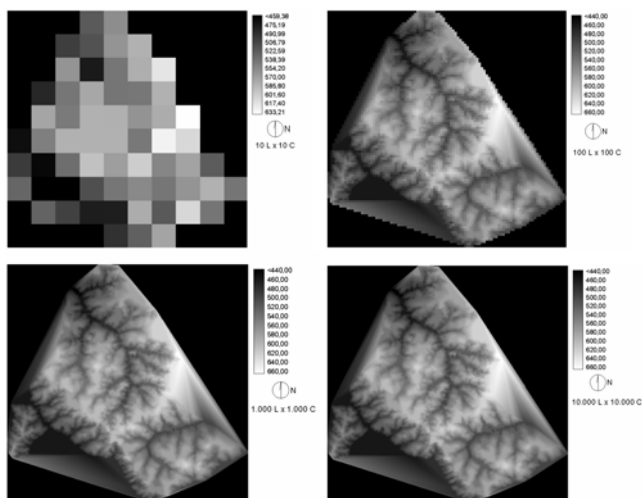


Figura 6. Modelos digitais de terrenos gerados com diferentes precisões.

Assim, optou-se pela geração das curvas de nível a partir do MDT obtido com a precisão de 1.000 linhas por 1.000 colunas. A Figura 7 ilustra as curvas de nível geradas com equidistância vertical de 20 metros, sobrepostas à base de pontos cotados e à base cartográfica analógica.

Comparando-se os resultados mostrados na Figura 7 com os mostrados na Figura 4, observa-se um comportamento semelhante entre as curvas de nível geradas, ocorrendo no SIG *raster* os mesmos padrões de distorção que os verificados na geração de MDT por meio do SIG vetorial.

Então, repetindo-se o que foi feito anteriormente para o SIG vetorial, realizou-se aqui o teste de geração de curvas de nível sobre uma região selecionada, com a adição de pontos cotados, objetivando a redução da distância entre eles. A Figura 8 ilustra os resultados deste teste, com a sobreposição também das curvas de nível geradas pelo TransCAD, além da base de pontos cotados e da base cartográfica analógica.

Analisando-se a Figura 8, percebe-se que a diminuição do espaçamento entre os pontos cotados atenuou as distorções resultantes na geração das curvas de nível. No entanto, ainda assim as curvas de nível geradas pelo Idrisi continuam apresentando discrepâncias, não conseguindo identificar todos os pontos cotados, repetindo com isso o mesmo comportamento ocorrido anteriormente durante a investigação com o SIG TransCAD.

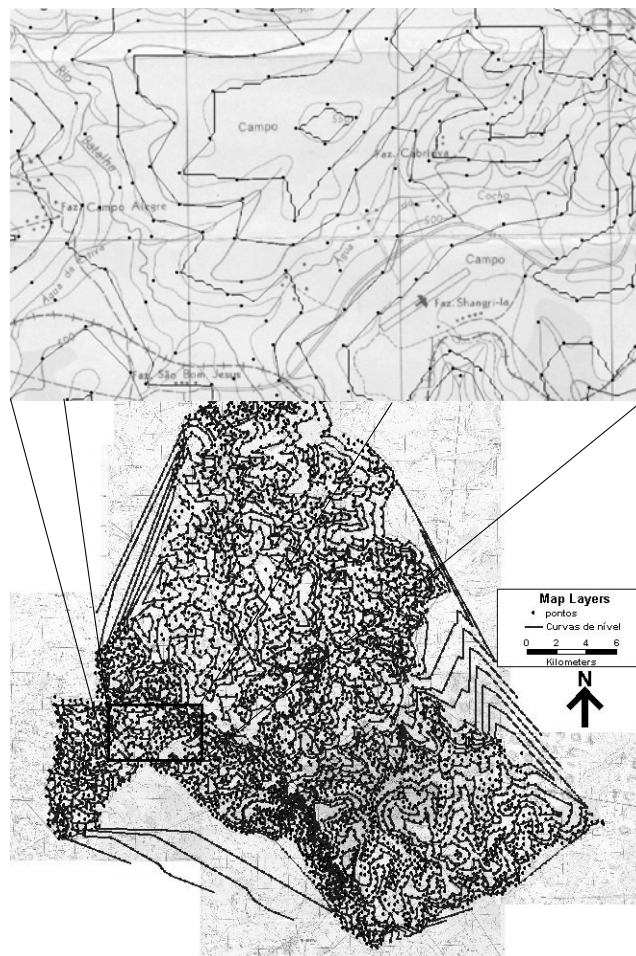


Figura 7. Curvas de nível geradas a partir do MDT de 1.000 linhas por 1.000 colunas, sobrepostas à base de pontos cotados e à base cartográfica analógica.

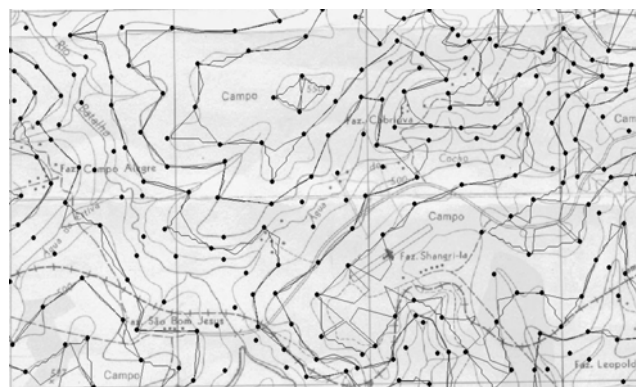


Figura 8. Sobreposição das curvas de nível geradas pelo Idrisi e pelo TransCAD à base de pontos cotados e à base cartográfica analógica.

Na seqüência, com o intuito de investigar as distorções apresentadas no traçado das curvas de nível geradas, novos testes foram realizados. O programa Idrisi possui a opção de gerar MDT a partir de curvas digitalizadas, ou seja, em que os dados de entrada são uma base de linhas contendo o atributo em estudo (altimetria). Nessa opção o programa apresenta ainda dois tipos de triangulação: “*Non-constrained*”, isto é, sem restrição (cujo comportamento é semelhante à geração de MDT a partir de uma base de

pontos) e que representa a triangulação de Delaunay e “*Constrained*”, correspondendo à triangulação de Delaunay com restrições. Neste último caso, objetivando otimizar a triangulação, é ativada a opção “*Perform Bridge and Tunnel Edge removal*” (“*B/T edge*”), que significa identificar lados dos triângulos cujos vértices possuem o mesmo atributo, mas os quais não fazem vizinhança aos pontos de uma isolinha, fazendo com que este triângulo represente um patamar que não condiz com a superfície real. Então, novos pontos (denominados pontos críticos) são criados e adicionados no centro de cada lado desses triângulos, e uma nova re-triangulação da rede é efetuada, em que os pontos críticos são convertidos em vértices de novos triângulos (Eastman, 2001).

O *software* Idrisi apresenta também três métodos para a interpolação dos valores dos pontos críticos adicionados: linear, linear otimizado e parabólico. Com isso, para a sequência das investigações, uma nova base de linhas foi criada na região selecionada para o teste de adição de pontos, na qual foram digitalizadas as curvas de nível de acordo com a base analógica.

A Figura 9 ilustra a base de linhas digitalizadas e os resultados dos três métodos de interpolação mencionados anteriormente. Pode-se observar que as curvas de nível geradas pela opção “*Linear*” não correspondem fielmente às curvas digitalizadas, diferentemente dos casos “*Optimized Linear*” e “*Parabolic*”, em que as curvas geradas apresentam-se com o traçado bastante próximo das curvas digitalizadas.

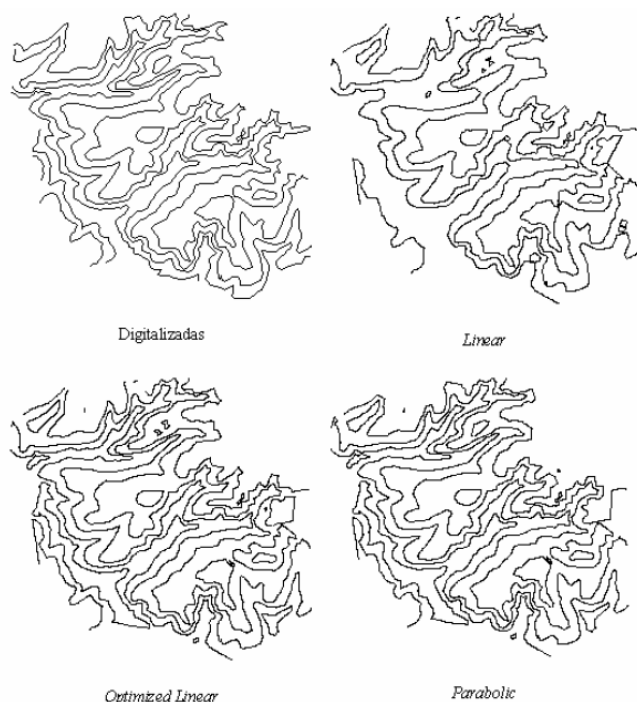


Figura 9. Curvas de nível geradas para cada método de interpolação

6 – REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DO TERRENO

Alguns programas de SIG, além de oferecerem o recurso da geração de curvas de nível por meio dos

modelos digitais de terrenos, fornecem a opção de se gerar uma visualização tridimensional do terreno em estudo. Especificamente no programa Idrisi, esta representação tridimensional constitui-se de uma base de dados *raster*, assim como o próprio MDT gerado.

Neste trabalho a representação tridimensional do modelo foi feita utilizando-se o MDT gerado com a precisão de 1.000 linhas por 1.000 colunas, e o resultado está ilustrado na Figura 10.

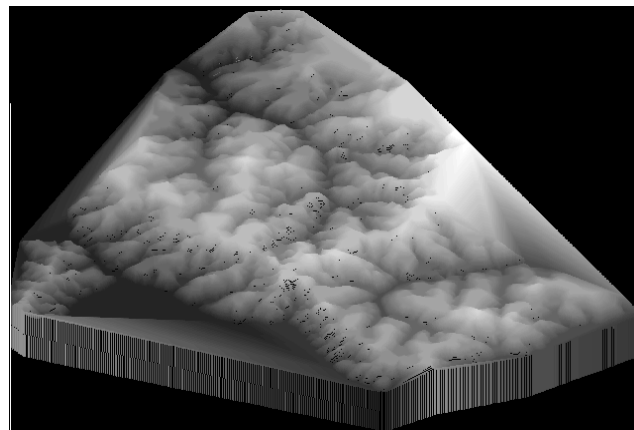


Figura 10. Representação tridimensional do terreno

7 – ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Em virtude da grande variedade atual de programas computacionais de SIG, este trabalho apresenta a geração de modelos digitais de terreno por meio de plataformas SIG com diferentes estruturas (vetorial e *raster*), comparando-se as curvas de nível geradas em cada uma dessas plataformas com as curvas de nível originais contidas na base cartográfica analógica.

No SIG com estrutura vetorial foram gerados modelos digitais de terreno a partir de três níveis de interpolação, tendo-se como base pontos digitalizados sobre as curvas de nível originais. Os resultados mostram que as curvas de nível geradas por esses modelos apresentam inconsistências, independente do nível de interpolação e do distanciamento entre os pontos da base, agravando-se tais distorções em regiões em que as curvas de nível originais apresentam inflexões acentuadas.

Já no SIG de estrutura *raster*, a precisão através da escolha do número de linhas por número de colunas influenciou nos resultados de geração dos MDT, até a precisão de 1.000 linhas por 1.000 colunas. A partir daí, para precisões maiores os resultados não apresentaram diferenças significativas entre si, além de exigirem melhores características de hardware e maior tempo para o processamento. Os resultados mostraram inconsistências semelhantes às ocorridas através do SIG TransCAD, também ligeiramente atenuadas pela diminuição do afastamento entre os pontos da base de origem. Nessa plataforma constataram-se também distorções nas curvas de nível geradas a partir de modelos digitais de terreno que se utilizaram da triangulação de Delaunay (sem restrições). No entanto, resultados muito satisfatórios foram obtidos a partir da triangulação de Delaunay com restrições, que proporcionaram curvas de nível geradas muito próximas às

curvas digitalizadas a partir da base original. Portanto, para o caso dessa plataforma, pode-se afirmar que os resultados mais coerentes foram obtidos a partir de modelos digitais de terreno gerados utilizando-se a triangulação de Delaunay com restrições, tendo-se como dados de entrada isolinhas digitalizadas.

O SIG Idrisi apresenta também a possibilidade de geração de uma representação tridimensional do terreno a partir do modelo digital de terreno gerado. Verifica-se que notadamente esse tipo de visualização proporciona possibilidades de análises muito úteis e interessantes, onde se pode observar tanto o relevo como as linhas de drenagem da área estudada de forma bastante detalhada e ilustrativa.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antônio Néelson Rodrigues da Silva, do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – USP e ao Prof. Dr. Rui António Rodrigues Ramos, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho – Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURROUGH, P. A. “Principles of geographical information systems for land resources assessment”. New York, Oxford University Press, 1986. 193p.
- EASTMAN, J. R. Idrisi 32 Release 2 – Guide to GIS and Image Processing – Manual Version 32.20, v. 2. Clark Labs, 2001. 151p.
- FELGUEIRAS, C. A. & GOODCHILD, M. F. “An incremental constrained Delaunay triangulation”. NCGIA - National Center for Geographic Information and Analysis. Technical Report 95, v. 2, p. 31-46, 1995.
- FELGUEIRAS, C. A. “Modelagem Numérica de Terreno”. In: CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. (eds.). “Geoprocessamento para Projetos Ambientais”. São José dos Campos: INPE, 1998. cap. 4, p. 4-1 – 4-38.
- MENEGUETTE, A. C. *Courseware* em Ciências Cartográficas. Desenvolvido pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 1998. Disponível em: http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/hp_arlete/courseware. 5 Mar. 2003.
- PÉREZ, A. M. F. “Modelos digitales del terreno: principios y aplicaciones en las ciencias ambientales”. Pentalfa Ediciones, 1994. 122p.
- WEIBEL, R. & HELLER, M. “Digital Terrain Modelling”. In: LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. (eds.). “Geographic Information Systems and Science”. 2nd ed. 1999. v. 1, cap. 19, p. 269-297. <http://www.wiley.co.uk/gis/authors.html>

BIOGRAFIA

Eliane Viviani – viviani@feb.unesp.br
Professora Assistente Doutora
UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia - Departamento de Engenharia Civil
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº – CEP 17.033-360 – Bauru/SP – Tel: (14) 3103-6112

Gustavo Garcia Manzato – gmanzato@sc.usp.br
Engenheiro Civil e Mestrando em Engenharia de Transportes – Departamento de Transportes – Escola de Engenharia de São Carlos – USP
Av. Trabalhador São-carlense, 400 – CEP 13566-590 – São Carlos/SP – Tel: (16) 3373-9613

