

Metodologia para Geração de Mapas de Isolinas Objetivando a Otimização do Planejamento de Tráfego: Estudo de Caso

OLIVEIRA, Marcelo Tuler; MACEDO, Fabio Campos

Universidade Federal do Paraná. Departamento de Geociências.
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Caixa Postal 19.011.81531.990
Curitiba - PR. Fone: (041) 366-2323 - Ramal 3258.
E-mail: tuler@alhidade.geoc.ufpr.br
fabiocm@alhidade.geoc.ufpr.br

ABSTRACT

The purpose of this work is using digital terrain modeling (DTM) in engineering projects. So that we can analyze the problems caused by the growth of the amount of cars (vehicles) in public ways in large and medium cities. In the proposed case study, we evaluate the evolution of the traffic in three different periods in Curitiba, Paraná. As a product, the isolines maps, diagram blocks and study analysis of traffic flow propensity are generated. The data were obtained from Curitiba Urban Research Institute (IPPUC).

Keywords: Digital Terrain Model.

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade a utilização da Modelagem Digital de Terrenos (MDT) em projetos de engenharia. Busca-se com este, analisar os problemas originados pelo aumento do volume de veículos automotores em vias públicas nas grandes e médias cidades. No estudo de caso proposto, avalia-se a evolução do tráfego em três épocas distintas, na cidade de Curitiba, Paraná. Gera-se como produto, os mapas de isolinas, blocos diagramas e estudos de análise de tendência do Fluxo de Tráfego. Os dados foram obtidos através do Instituto de Pesquisa Urbano de Curitiba (IPPUC).

Palavras chave: Modelagem Digital de Terrenos.

1. INTRODUÇÃO

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) ou Modelo Numérico de Terreno (MNT) é uma ferramenta computacional, destinada a gerar uma superfície representativa da distribuição espacial de uma determinada característica, possibilitando sua análise, manipulação e avaliação. Entre as muitas aplicações desta tecnologia, pode-se citar a representação de superfícies de nível, onde a partir destas, toma-se conclusões de volumes, linhas de visada, análises de tendência, etc. (Burrough, 1986; Sampaio, 1993).

Na construção de um Modelo Digital de Terreno deve ser claro que a característica a ser modelada pode ser qualquer grandeza que possua variação espacial. Os dados de entrada para estes modeladores podem ser alguns pontos amostrais relativos ao fenômeno em estudo, ou até mesmo parâmetros extraídos da análise de um modelo já existente (Simões, 1993).

Pelo objetivo proposto (otimização do planejamento de tráfego), o dado a ser considerado será o fluxo (ou volume) de tráfego num determinado local. Entre as hipóteses a serem consi-

deradas na metodologia (Item 2), um fator importante é que este dado apresente uma variação espacial, justificando o emprego da tecnologia.

A razão da modelagem do tema proposto, tem como principal objetivo a otimização do planejamento de um sistema viário, tentando minimizar os transtornos enfrentados nas médias e grandes cidades.

No Item 3 elaboram-se dois estudos de caso, aplicando a tecnologia de MDT. A seguir, apresentam-se os resultados destas experiências e discute-se os produtos obtidos através de comparações, propostas e sugetões.

2. METODOLOGIA

Diante da necessidade de compreender a evolução no sistema de tráfego num determinado local, várias metodologias foram propostas de acordo com o órgão responsável pelo controle de tráfego da cidade de Curitiba, o IPPUC (Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba); e a necessidade de uma representação gráfica deste fenômeno geralmente é traçada manualmente, podendo ocasionar erros no produto final e conseqüentemente prejudicando a qualidade no planejamento viário.

Entre as várias tecnologias do Geoprocessamento que auxiliam a automação de processos (do ponto de vista de dados geográficos), neste trabalho reporta-se à Cartografia Digital e a Modelagem Digital de Terreno para atender o objetivo proposto.

A Cartografia Digital, ou seja, a utilização de recursos da informática para auxílio à confecção de cartas, prevê, por si só, uma metodologia própria para a sua utilização, o que não será discutido neste trabalho¹.

A Modelagem Digital de Terreno consiste na determinação de equações matemáticas para representação de superfícies, da qual apenas alguns pontos são amostrados (Campos, 1993; Yamamoto, 1986; Alberti et al., 1995). Em síntese, o processo de modelamento de uma superfície envolve três etapas básicas: *coleta dos dados*, *aplicação dos métodos de interpolação* e *utilização do modelo* (Figura 1).

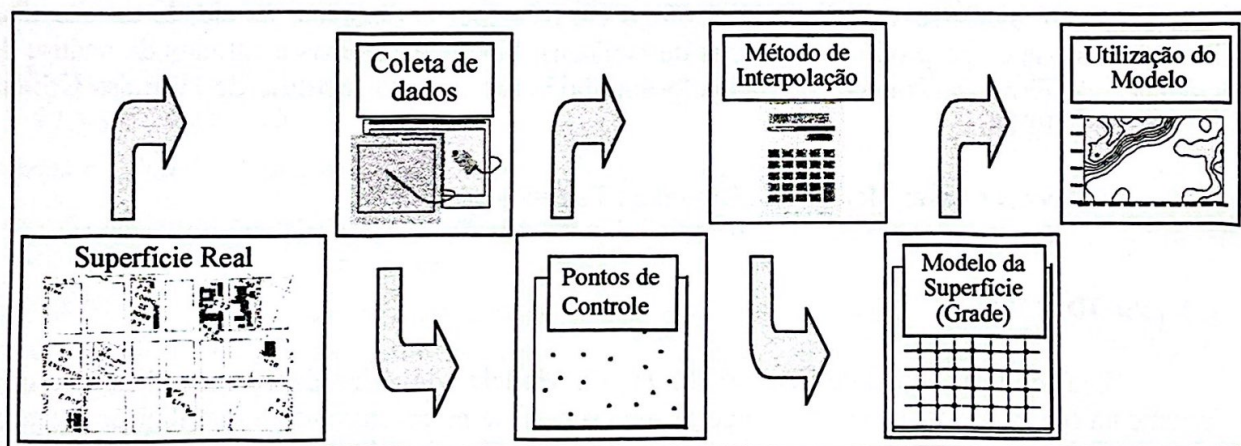


Figura 1: Etapas a serem concebidas para geração de um MDT.

A *coleta dos dados* consiste na amostragem de um certo número de pontos sobre a superfície em estudo (pontos de controle), que caracterizem o comportamento da superfície.

Os pontos amostrais são coletados em campo ou de outras fontes, constituindo triplas formadas por um par de coordenadas, representando a posição na superfície (X,Y), associado a uma variável Z (atributo), ou seja, a variável a ser modelada. A citar, as formas mais usuais de coleta são: digitação de coordenadas (X,Y,Z) de pontos isolados, digitalização de documentos

¹ Maiores detalhes em Cintra (1991) e Ramirez (1991).

cartográficos pré-existentes e restituição digital. Numa coleta de dados, pode-se gerar distribuições regulares, semi-regulares ou irregulares.

Os métodos de interpolação são modelos matemáticos compostos por estruturas de dados e funções de interpolação que simulam o comportamento da superfície. Atualmente existem um grande número de funções de interpolação, estando estas relacionadas a vários aspectos como: densidade da amostra, nível de aproximação e afastamento dos pontos de controle, etc.

A utilização do modelo compreende o produto da manipulação dos dados, visando obter os mais diversos tipos de informação. Como dito anteriormente, os Modelos Digitais de Terreno são capazes de representar digitalmente um conjunto de dados e a partir daí extrair informações da superfície em estudo, de caráter qualitativo, como por exemplo, a visualização da superfície, ou quantitativo, através da extração de informações do tipo do cálculo de áreas, volumes, etc.

Pode-se citar outros exemplos de aplicações como a geração de blocos diagramas, geração de mapas de isopletas, geração de mapas de isolinhas, estimativas de volume, análise de intervisibilidade entre pontos, geração de mapas de declividade, de convexidade, de concavidade e de aspecto, superposição a imagens de satélite, geração de ortofotos digitais, extração de formas do relevo, geração de perfis, estudos de tendência, etc.

Neste processo de modelamento, alguns fatores devem merecer cuidados como:

- a) Análise inicial do dado geográfico (origem, precisão, frequência, custo, quantidade e qualidade, viabilidade, etc.);
- b) Captura ou coleta dos dados geográficos (estrutura de dados, processos de coleta, densidade de amostragem, tempo, etc.);
- c) Definição do pontos de controle (quantidade e qualidade, densidade, etc.);
- d) Utilização dos métodos de interpolação (precisão e acurácia, parâmetros dos modelos, etc.);
- e) Geração da grade de valores (espaçamento, consistência, etc.);
- f) Utilização do modelo (escala, formatos, etc.).

Nos estudos de caso propostos (Item 3), estes aspectos foram considerados para geração e utilização dos modelos.

Esta metodologia para o processo de um Modelo Digital de Terreno pode ser adotada para a representação de quaisquer características de interesse. As variações no processo de geração do MDT estarão apenas relacionadas aos módulos apresentados na Figura 1. Sendo o primeiro módulo tratar-se da razão de aplicar a tecnologia (aspectos da superfície a ser modelada), formas particulares de coleta dos dados, pontos de controle confiáveis e representativos, funções de interpolação específicas e construção da grade, para obter os produtos finais, deverão ser analisados pelo cientista para o caso particular considerado.

3 - ESTUDOS DE CASO

No item anterior viu-se resumidamente uma sequência de operações para geração de um MDT. Afirmou-se que as etapas do processo de modelagem estão relacionadas com os aspectos da superfície a ser modelada. Nos estudos de caso a serem discutidos aqui, a característica a ser modelada será o fluxo de tráfego de determinados locais em diferentes horas do dia.

Para fixação desta metodologia para utilização da tecnologia de MDT, foram propostos dois estudos de caso independentes:

a) O primeiro, propõe comparar a evolução do Fluxo de Tráfego em duas épocas distintas (anos de 1993 e 1994), com amostras do mesmo local, em quatro períodos do dia (7:00 às 9:00h; 9:00 às 11:00h; 11:00 às 13:00h e 13:00 às 19:00h);

b) O segundo, propõe apenas visualizar o comportamento do Fluxo de Tráfego para o ano de 1995, em 3 períodos de pico do dia (7:00 às 9:30h; 11:30 às 14:30h e 17:00 às 19:00h).

Para estes exercícios, algumas considerações foram impostas:

- a) Para o primeiro estudo de caso, a amostra foi composta de 12 pontos de controle, sendo os mesmos pontos para os dois anos considerados (1993 e 1994);
- b) No segundo estudo de caso, a amostra foi composta de 23 pontos de controle;
- c) Ambas as coordenadas foram georeferenciadas por um sistema local, tendo como atributo o "Fluxo Médio de Tráfego (no período considerado)", ou seja, X e Y são coordenadas locais e Z, o valor do "Fluxo Horário Médio de Tráfego = Fluxo Total/período considerado";
- d) Os pontos foram coletados em condições climáticas normais;
- e) Os pontos estão localizados na região central da cidade de Curitiba, Paraná;
- f) A coleta, formato e cálculo do dados de "Fluxo de Tráfego Total" foram obtidos segundo normas utilizadas pelo IPPUC.

3.1. Primeiro Estudo de Caso

Neste primeiro exercício, o principal objetivo será a comparação do "Fluxo Médio Horário" entre duas épocas distintas (entre 1993 e 1994), em 4 períodos do dia (7:00 às 9:00h; 9:00 às 11:00h; 11:00 às 13:00h e 13:00 às 19:00h).

A escolha destes intervalos de tempo vem do fato da necessidade de avaliar o fluxo em valores máximos e mínimos (picos) durante o dia, para otimizar o planejamento das vias (largura das vias, tempo de semáforos, trajetos alternativos, etc.).

O local escolhido para aplicar a modelagem foi a região central de Curitiba, Paraná (Figura 2). A decisão por este local vem do fato do aumento do volume da frota de veículos automotores nas regiões centrais, da maioria das médias e grandes cidades brasileiras. Este problema, não apenas nacional, ocasiona um impacto que deve ser combatido com otimização do planejamento.

Na coleta dos dados, optou-se em tomar como pontos de controle, apenas os pontos que na mesma posição continham os valores de "Fluxo", para os dois anos considerados (pontos que não tinham interseção de dados entre os dois anos, foram desprezados). A amostra foi composta de 12 pontos amostrais.

Entre os vários métodos de interpolação, optou-se em aplicar o método do inverso da distância ao quadrado. Trata-se de um dos métodos mais utilizados de interpolação de uma variável Z não amostrada. Consiste em obter o valor da ordenada Z do nó da grade, a partir da média dos valores de Z dos pontos amostrais que pertençam a vizinhança do nó a ser interpolado. Uma característica do inverso da distância é a geração de linhas de nível em torno da posição observada. É um método muito rápido de interpolação e um dos mais utilizados na Engenharia.

Na criação da grade de valores, gerou-se 3000 valores (X,Y,Z) distribuídos por 51 linhas versus 61 colunas. Para utilização do modelo, gerou-se os respectivos mapas de isolinhas e blocos diagramas (Figuras 3 e 4).

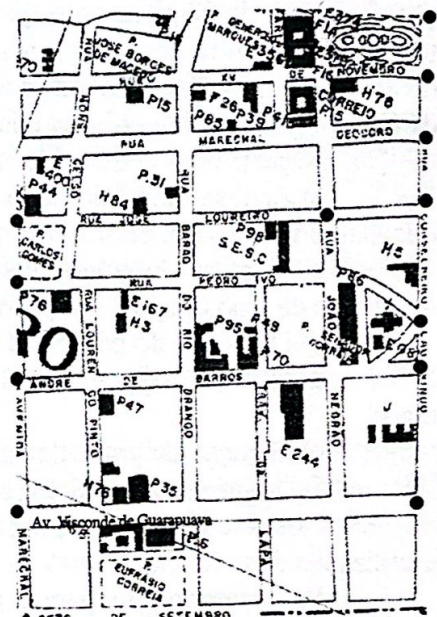


Figura 2: Área de estudo da primeira aplicação. Os pontos amostrados aparecem como círculos.

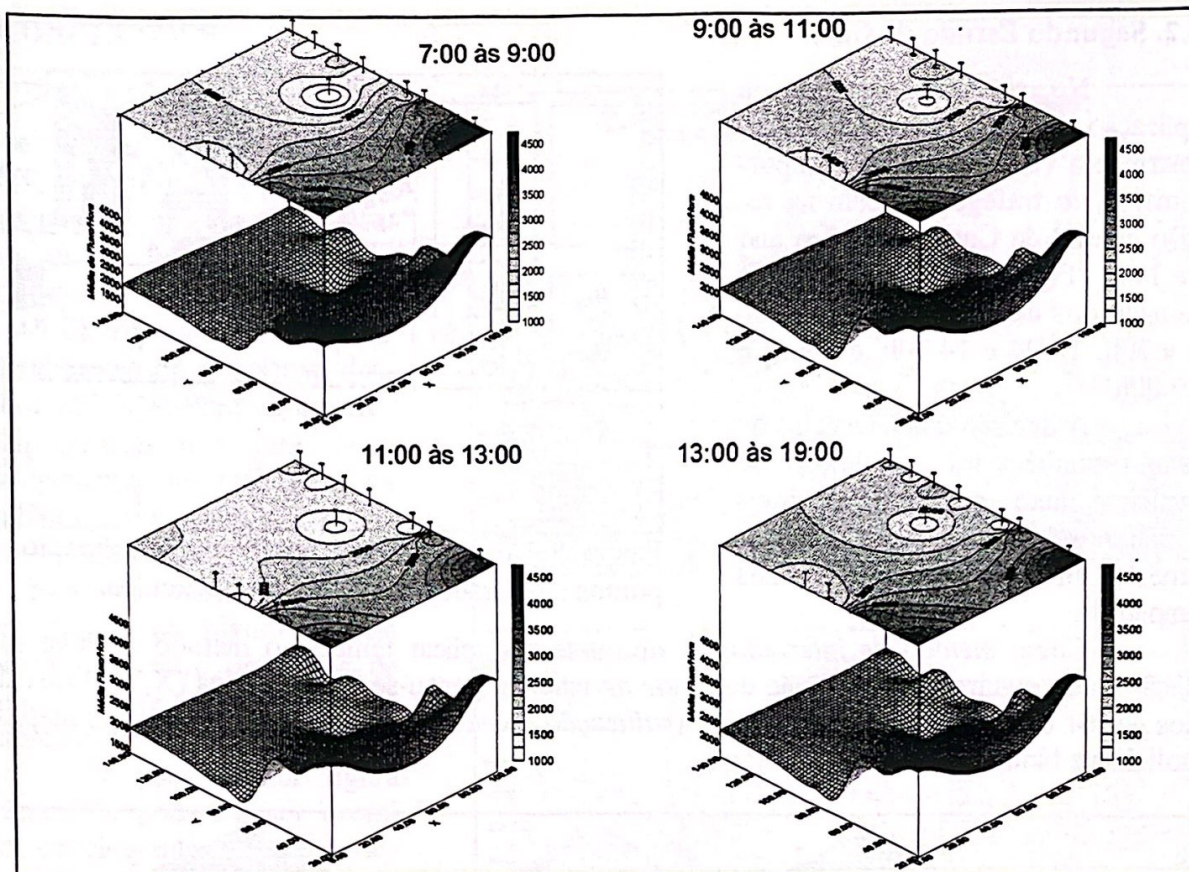


Figura 3: Fluxo médio horário para uma região central (Figura 2) de Curitiba, em 1993, para 4 períodos do dia.

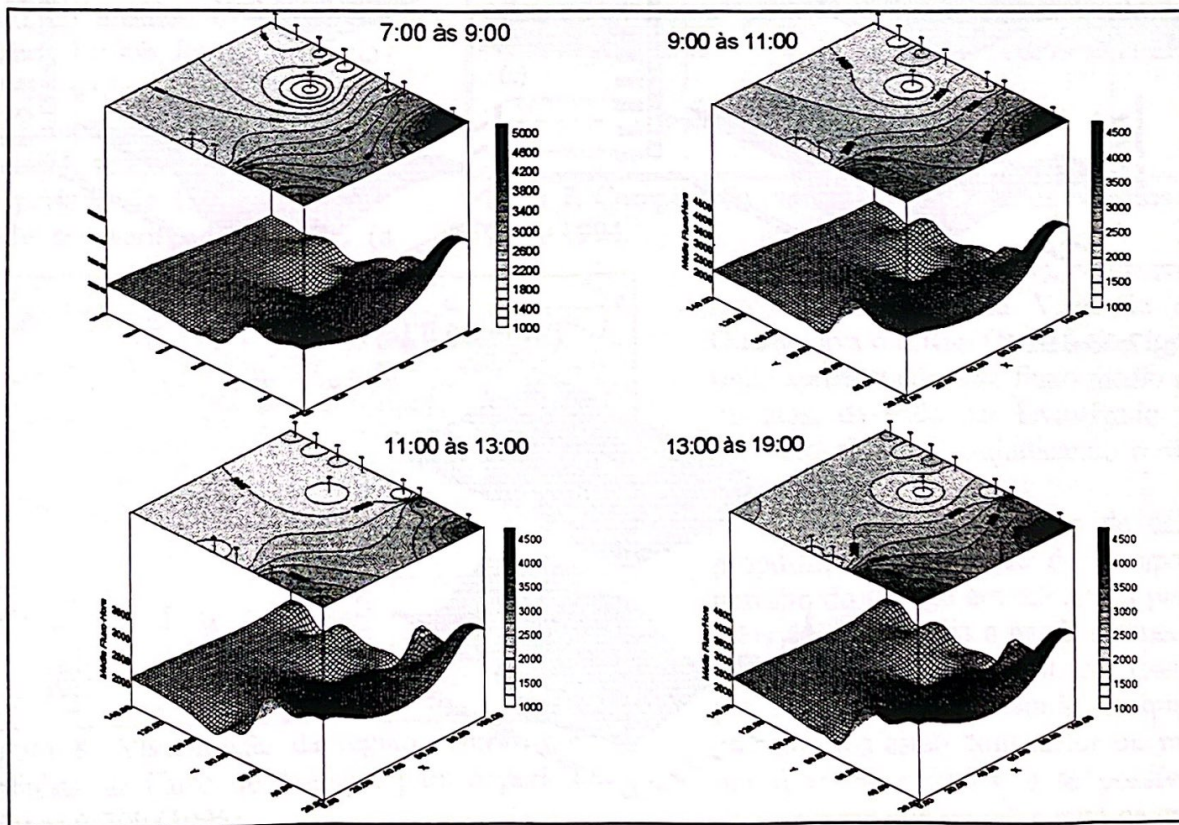


Figura 4: Fluxo médio horário para uma região central (Figura 2) de Curitiba, em 1994, para 4 períodos do dia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTI, M., MACEDO, F.C. & NADAL, M.A. **Testes de Interpolação para Obtenção de Curvas de Nível Utilizando o "Software Surfer"**; XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, anais, Salvador, BA, 1995.
- BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**; Oxford University Press, Oxford, 1986.
- CAMPOS, I.O. & SILVA, I.O. **O Estado da Arte da Modelagem Digital de Terrenos (DTM) e suas Principais Aplicações na Engenharia**; XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, anais 3, Rio de Janeiro, R.J., p.632-640, 1993.
- CINTRA, P.J. **CAD, GIS, DBMS ou Cartografia Digital ?** In: Coletânea de Trabalhos Técnicos, Vol. 2, p.343-347, 1991.
- OLIVEIRA, M.T. **Desenvolvimento de Modelo de Mapeamento Para Determinação de Áreas Aptas em Função do Perfil do Solo e da Topografia, Comparando a Classificação Fuzzy e Booleana**; Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia, R.J., 1995.
- RAMIREZ, J.R. **Computer-Aided Mapping System: The Next Generation**; Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.57, Nº1, January, p.85-88, 1991.
- SAMPAIO, A.C.F. **Uma Ferramenta de Apoio à Identificação de Feições do Terreno**; Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia, R.J., 1993.
- SIMÕES, M.G. **Modeladores Digitais de Terreno em Sistemas de Informação Geográfica**; Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPEE, Rio de Janeiro, 1993.
- SURFER. **Surface Mapping System**; Goldem Software Inc., versão 5.00, 1994.
- YAMAMOTO, J. K. **Representações Gráficas em Geociências**. Simpósio de Quantificação em Geociências, 2, Rio Claro, IGCE/ UNESP, 1986.