

# PRECISÃO NA REPRESENTAÇÃO PLANIALTIMÉTRICA DE UMA ÁREA EM FUNÇÃO DO RIGOR DA INTERPOLAÇÃO UTILIZADA NA MODELAGEM NUMÉRICA DA SUPERFÍCIE

---

Lincoln Gehring Cardoso<sup>1</sup>

Luciano Nardini Gomes<sup>2</sup>

Zacarias Xavier de Barros<sup>3</sup>

Sérgio Campos<sup>4</sup>

CARDOSO, L. G. et al. Precisão na representação planialtimétrica de uma área em função do rigor da interpolação utilizada na modelagem numérica da superfície. *Revista Educação Gráfica*, Bauru, n.8, p.119-125, 2004.

## Resumo

Com o objetivo de estudar a precisão e qualidade da representação planialtimétrica de uma área de 2500 metros quadrados, dados coletados por estação total foram processados pelo software Datageosis, impondo-se para a modelagem numérica da superfície quatro níveis de rigor de malha triangular utilizada no processo de interpolação. Foi imposto ao sistema, a

---

<sup>1</sup> Prof. Titular Depto. Enga. Rural/FCA/UNESP/Botucatu [cardosolg@fca.unesp.br](mailto:cardosolg@fca.unesp.br)

<sup>2</sup> Bolsista FAPESP Depto. Enga. Rural/FCA/UNESP/Botucatu [Ingomes@fca.unesp.br](mailto:Ingomes@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Prof. Titular Depto. Enga. Rural/FCA/UNESP/Botucatu

<sup>4</sup> Prof. Adjunto Depto. Enga. Rural/FCA/UNESP/Botucatu [seca@fca.unesp.br](mailto:seca@fca.unesp.br)

geração de isolinhas com 0,20 m de equidistância vertical.

Os resultados obtidos permitiram constatar que malhas de menor rigor, embora forneçam precisos valores de cotas interpoladas, não permitem que as isolinhas se apresentem com estética aceitável. Constatou-se também que não há necessidade de processamento com malha de rigor máximo, sendo obtido bom resultado com malha de rigor médio, o que reduz o tempo de processamento, gerando arquivos mais compactos portanto mais ágeis para exportação e uso posterior por outros softwares como exemplo Auto CAD.

**Palavras-chave:** modelagem numérica de superfície ; interpolação ; altimetria

#### Abstract

The accuracy and quality of altimetry map were studied using data obtained from a Total Station for a 617.75 acres. The Datageosis software was used considering data in a triangular grid with four resolution levels. The interpolation process provided isolines with 20 cm vertical distance.

Results showed that small grid resolution allows interpolated quota with accuracy but the isolines don't show satisfactory quality for the drawing presentation. The highest resolution grid isn't the because the medium resolution grid showed good quality with lower computation time and creating shorter file, allowing faster transmission velocity with other software as AutoCad.

**Keywords:** surface; interpolation; altimetry

#### Introdução

A precisa representação da planialtimetria de um local é condição importante

para que arquitetos e engenheiros possam definir detalhes da obra, seja calculando cortes e aterros necessários e ou considerando as variações naturais do relevo como elementos de apoio ao requinte do projeto arquitetônico da edificação bem como do projeto paisagístico.

Quando se pretende a representação detalhada do relevo para projetos diversos, tem sido recomendado a aplicação de um reticulado de campo, cuja distância entre as estacas ficará na dependência do rigor que se pretende no resultado final. O valor das cotas entre estacas é resultado da interpolação dos valores das cotas das estacas visadas em campo.

Os procedimentos para obtenção de dados básicos de campo, podem ser encontrados em livros convencionais de topografia, onde são detalhados os vários métodos possíveis, citando-se como exemplo GODOY (1988), BORGES (1992). Conforme GARCIA & PIEDADE (1983), para estudos detalhados de relevo, o levantamento mais utilizado é o geométrico composto, que implica em sucessivas mudanças do aparelho, numa associação de nivelamentos geométricos simples.

Na prática topográfica é corrente a premissa de que o levantamento planialtimétrico por taqueometria é recomendado para áreas grandes, pela possibilidade de obter em tempo hábil a representação do relevo local com boa precisão. SOLARI et al. (1998) ao estudarem comparativamente os métodos taqueométrico e por quadriculação constataram para o primeiro precisão altimétrica de +- 0,04 m e para o segundo precisão de +- 0,10 m. Ressalte-se que os autores mesmo trabalhando com taqueometria, tomaram leituras de uma área de 20,0 hectares que foi previamente quadriculada, ou seja, a distribuição espacial dos pontos considerados foi uniforme para a área toda.

Contudo, CARDOSO et al. (2000) ao estudarem a densidade e posicionamento de pontos de levantamentos topográficos na geração da modelagem numérica da superfície objetivando a obtenção de plantas planialtimétricas, concluíram que em levantamentos taqueométricos em áreas com variações de relevo, todas as feições sejam alvo da mesma densidade de pontos de leitura, regularmente espaçados, sob pena de a maior densidade de leituras em locais de topografia irregular apresentar maior influência na modelagem numérica da superfície, gerando planta planialtimétrica não condizente com a situação real em campo.

A representação tridimensional de uma área, pode levar o estudioso à dirimir em laboratório, dúvidas que somente um detalhado trabalho de campo pode substituir. Assim a possibilidade de utilização da representação 3D de uma área, pode se constituir em valiosa ferramenta de apoio. Sobre esse aspecto, CAMPOS et al. (1997), afirmam que os modelos digitais de elevação DEM, se constituem em moderna ferramenta de inquestionável importância para diferentes estudos que exigem o conhecimento da planialtimetria de um dado local. Esses autores, obtiveram excelente resultado na utilização do sistema Surfer, com dados importados do SIG-IDRISI, gerando representação e edição de Modelo Digital de Elevação superior ao obtido pelo sistema Idrisi.

Objetivando melhorar a classificação da cobertura terrestre através da integração de imagem de satélite e modelo digital de terreno, SOARES et al (2000) elaboraram modelo digital do terreno a partir de interpolação de curvas de nível obtidas de carta topográfica. Esse modelo forneceu as informações de declividade, aspecto e elevação. Concluíram os autores que a integração utilizada permitiu aumento na exatidão dos resultados.

Projetos de engenharia e arquitetura têm atualmente no sistema Auto CAD uma ferramenta de apoio bastante disseminada. Contudo esse sistema não permite geração de isolinhas (curvas de nível) à partir de dados de levantamentos topográficos, o que deve ser feito por um software apropriado que execute modelagem numérica de superfície, preferencialmente com CAD integrado. À partir daí é então possível a importação pelo Auto CAD, da planta planialtimétrica detalhada, na qual engenheiros e arquitetos traçarão seus projetos.

#### **Material e métodos:**

##### **Material:**

Estação total Elta R55, com precisão angular de 05" e acessórios

Software Datageosis, versão 1.32 – profissional

Software Auto CAD Map 2000

Microcomputador Pentium IV, e periféricos

##### **Métodos:**

Foi escolhida uma área de 50 por 50 metros (2500 m<sup>2</sup>) onde variações de relevo fossem compatíveis com o propósito do trabalho. Utilizando a estação total a área foi estaqueada obedecendo um preciso quadriculado, sendo consideradas 36 estacas e distância entre estacas 10 metros. Em seqüência, as estacas foram alvo de leitura pela própria estação total, considerando o procedimento taqueométrico sobre poligonal fechada, objetivando o conhecimento das precisões angular e linear do levantamento.

Os dados coletados pela estação total foram submetidos à cálculo taqueométrico utilizando-se o sistema Datageosis. Após os processamentos de praxe (inserção de dados,

cálculos básicos), os pontos extremos do quadriculado, inseridos em camada própria, foram unidos entre si por meio do recurso *auto croqui* do sistema, permitindo o fechamento do contorno da área. Em seqüência, utilizando os recursos de *engate em pontos* foram definidas linhas internas, horizontais e verticais, passando pelos pontos lidos em campo. Após esse procedimento, utilizando o recurso de *of set* foram criadas paralelas aos alinhamentos internos, na posição central entre a posição de uma estaca e suas vizinhas, gerando assim um reticulado de 121 pontos, conforme apresentado na figura 1. Esses pontos foram assim definidos considerando a proposta de avaliação do valor de cota de pontos interpolados pelo sistema em cada rigor de malha utilizado.

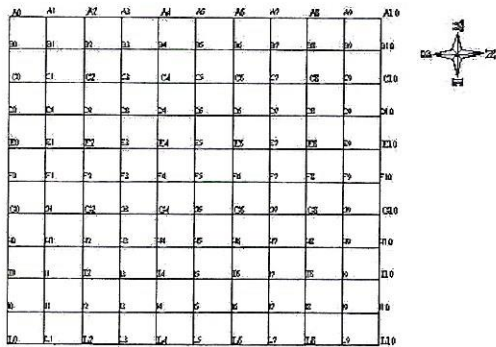


Figura 1 – Quadriculado contendo os 36 pontos lidos em campo (em negrito) e 85 intermediários criados pelo CAD do sistema Datageosis, totalizando 121 pontos

A modelagem numérica da superfície considerou os rigores de malha triangular 50; 1000; 4000 e 8000. O sistema permite a utilização das malhas 50; 100; 500; 1000; 2000; 4000; 6000 e 8000. Em síntese, dependendo da malha escolhida, o sistema, considerará, na interpolação por Voronoi, a subdivisão da área em tantas partes quanto seja o valor da malha escolhida. Optou-se pelas quatro malhas citadas, considerando

cada uma representar um grupo de valores. Assim, por exemplo, se a malha 1000 não fosse eficiente, não haveria porque testar a malha 100 ou 500.

Foram gerados quatro arquivos de modelagem numérica da superfície, sendo em cada um geradas as isolinhas, considerando a equidistância vertical de 0,20 m, resultando em também quatro representações da planialtimetria da área.

Na intersecção de retas geradas entre cada ponto lido em campo, foram criados *pontos fixos* ( opção que o sistema permite, e insere na planilha valores de X ; Y e Z ).

O reticulado final, tomou o aspecto da figura apresentada, a qual após gerada pelo Datageosis, foi exportada para o Auto CAD, objetivando exportação deste para o Word.

## Resultados e discussão:

O processamento inicial dos dados acusou, para a poligonal de base, precisão angular de 00°00'10" , precisão linear de 1/ 15.750 e diferença altimétrica de 0,05 m., o que permite confiabilidade dos dados obtidos.

A tabela 1 apresenta as cotas calculadas pelo sistema, em cada rigor de interpolação utilizada na modelagem numérica da superfície. A referência dos valores foi a cota arbitrária 100,000 metros atribuída 'a primeira estação da poligonal de base. As cotas referentes aos pontos lidos em campo, apresentadas em negrito, não apresentam variação nos quatro rigores da malha visto se tratarem de dados básicos, por meio dos quais os demais foram calculados por interpolação. Naqueles obtidos por interpolação observa-se que os valores de cotas obtidas nos quatro rigores de malha triangular, se apresentam ou sem diferença entre si ou com diferença da ordem de poucos milímetros, permitindo constatar

que a interpolação pelo sistema utilizado, quando o objetivo é apenas o conhecimento de cota de pontos não lidos em campo, é

eficiente independente do rigor utilizado na modelagem numérica da superfície.

As figuras 2 à 5 apresentam a

Estaca	Malhas triangulares				Estaca	Malhas triangulares			
	50	1000	4000	8000		50	1000	4000	8000
A1	94,906	94,906	94,907	94,906	F5	92,897	92,897	92,897	92,898
A3	95,256	95,255	95,255	95,255	F6	93,23	93,232	93,232	93,231
A5	95,236	95,236	95,235	95,235	F7	94,46	94,459	94,46	94,459
A7	96,918	96,915	96,916	96,913	F8	95,786	95,783	95,784	95,785
A9	99,195	99,193	99,193	99,195	F9	96,879	96,879	96,879	96,882
B0	93,95	93,95	93,949	93,95	F10	97,943	97,945	97,945	97,945
B1	94,472	94,473	94,473	94,473	G1	92,303	92,303	92,304	92,302
B2	94,915	94,915	94,915	94,916	G3	92,549	92,549	92,548	92,548
B3	94,784	94,785	94,785	94,786	G5	92,416	92,416	92,415	92,416
B4	94,616	94,616	94,616	94,617	G7	93,967	93,966	93,966	93,965
B5	94,763	94,763	94,762	94,763	G9	96,374	96,373	96,374	96,375
B6	95,097	95,098	95,098	95,099	H0	91,017	91,017	91,017	91,017
B7	96,442	96,441	96,441	96,439	H1	91,692	91,693	91,694	91,692
B8	97,858	97,859	97,859	97,859	H2	92,264	92,264	92,264	92,263
B9	98,788	98,786	98,786	98,787	H3	92,068	92,068	92,068	92,067
B10	99,643	99,645	99,645	99,644	H4	91,812	91,812	91,813	91,812
C1	94,04	94,04	94,041	94,039	H5	91,918	91,918	91,918	91,918
C3	94,317	94,317	94,317	94,316	H6	92,212	92,213	92,214	92,211
C5	94,291	94,291	94,291	94,29	H7	93,471	93,471	93,471	93,469
C7	95,963	95,962	95,961	95,961	H8	94,813	94,813	94,812	94,811
C9	98,369	98,367	98,367	98,368	H9	95,761	95,761	95,761	95,762
D0	93,127	93,128	93,127	93,128	H10	96,656	96,657	96,658	96,657
D1	93,621	93,622	93,623	93,623	I1	91,046	91,047	91,048	91,046
D2	94,036	94,037	94,037	94,037	I3	91,567	91,566	91,566	91,566
D3	93,877	93,879	93,879	93,878	I5	91,427	91,427	91,427	91,427
D4	93,685	93,686	93,686	93,686	I7	92,985	92,983	92,985	92,983
D5	93,833	93,834	93,833	93,834	I9	95,173	95,172	95,173	95,172
D6	94,165	94,167	94,167	94,166	J0	89,551	89,551	89,549	89,551
D7	95,46	95,46	95,46	95,459	J1	90,287	90,288	90,287	90,287
D8	96,84	96,841	96,841	96,842	J2	90,937	90,938	90,936	90,937
D9	97,876	97,875	97,875	97,876	J3	90,944	90,945	90,943	90,945
D10	98,858	98,86	98,861	98,86	J4	90,882	90,883	90,882	90,883
E1	93,203	93,202	93,204	93,202	J5	90,986	90,987	90,986	90,987
E3	93,442	93,442	93,443	93,443	J6	91,259	91,26	91,26	91,259
E5	93,375	93,374	93,375	93,375	J7	92,559	92,559	92,558	92,558
E7	94,957	94,954	94,957	94,955	J8	93,941	93,938	93,938	93,938
E9	97,374	97,371	97,373	97,374	J9	94,851	94,851	94,851	94,853
F0	92,228	92,227	92,228	92,228	J10	95,698	95,699	95,698	95,698
F1	92,764	92,764	92,765	92,764	L1	89,512	89,512	89,514	89,512
F2	93,211	93,21	93,21	93,21	L3	90,306	90,306	90,304	90,305
F3	92,997	92,997	92,998	92,998	L5	90,554	90,554	90,553	90,553
F4	92,747	92,747	92,747	92,748	L7	92,144	92,142	92,144	92,143
					L9	94,569	94,569	94,569	94,57

Tabela 1: Cotas (m) resultantes. Referência 100,000 m atribuída à primeira estação.

planialtimetria obtida segundo os quatro níveis de precisão utilizados na modelagem numérica da superfície. Verifica-se que a pior apresentação ficou para a figura 2, cuja planialtimetria foi obtida à partir de modelagem numérica da superfície considerando a malha 50. Nessa figura, observa-se mudanças abruptas nas direções das isolinhas. Essa situação ocorre, visto que no processo de interpolação, embora sejam obtidos valores precisos conforme atestam os valores apresentados na tabela 1, um menor número de pontos é criado, conseqüentemente o traçado automatizado das isolinhas ao buscar pontos de mesmo valor, os encontra em posições mais distanciadas do que quando o rigor da interpolação é maior. Portanto há um maior número de pontos de mesma cota disponíveis para o traçado, resultando em melhor estética como pode ser constatado notadamente para os valores de malha 4000 e 8000.

É interessante observar também que na porção da área onde a declividade é menor, visualizada pelo maior espaçamento entre isolinhas, o traçado se apresenta, na figura 2, com inflexões mais abruptas que o observado para a região de maior declividade. Isso pode ser explicado pelo fato de, numa quadrícula onde os pontos extremos apresentam entre si, menor variação de cotas, poucas isolinhas serão inseridas internamente, portanto um menor número de pontos interpolados ocorrerão quando a malha é de rigor reduzido. Ocorre o inverso em quadrículas onde a variação de cotas dos pontos extremos é maior.

Para a figura representativa da interpolação considerando malha triangular 1000, é possível, com acurado exame visual, se constatar raros e diminutos traçados não compatíveis com uma exigente apresentação estética. Já para a figura 4, representativa da interpolação que considerou a malha triangular 4000 na modelagem numérica da

superfície, não se constata, visualmente qualquer diferença com a apresentação da planialtimetria que considerou a malha 8000, de maior rigor (figura 5).

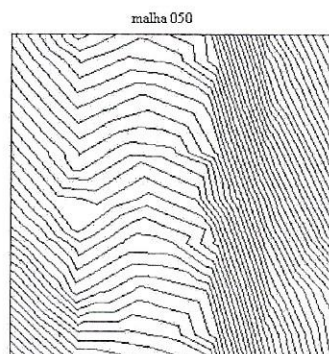


Figura 2 – Planialtimetria obtida à partir da malha triangular 50

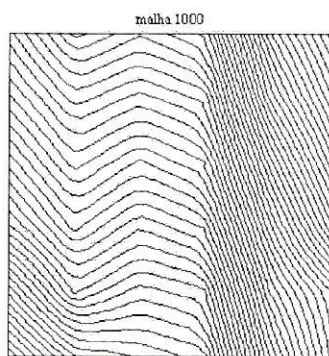


Figura 3 – Planialtimetria obtida à partir da malha triangular 1000

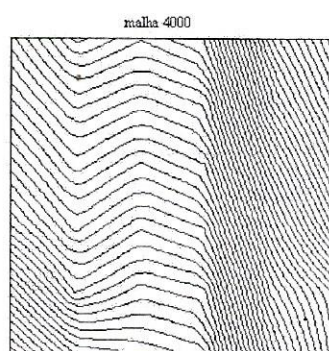


Figura 4 – Planialtimetria obtida à partir da malha triangular 4000

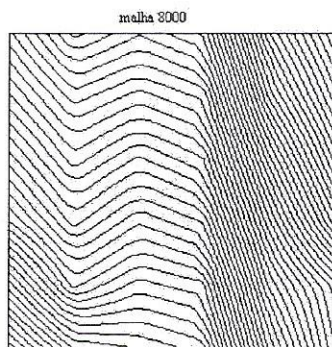


Figura 5 – Planialtimetria obtida à partir da malha triangular 8000

### Conclusões:

Com base nos materiais e métodos empregados no presente trabalho pode-se concluir:

1 – A precisão de cotas interpoladas independe do rigor da malha triangular utilizada na modelagem numérica da superfície;

2 – Malha triangular de baixo rigor utilizada na modelagem numérica da superfície resulta em representação de planialtimetria com estética inaceitável;

3 – Malhas triangulares de mediano rigor utilizadas na modelagem numérica da superfície são suficientes para representação de planialtimetria com boa estética.

### Referências bibliográficas

BORGES, A. de C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. 1.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1992. 232p.

CAMPOS, S.P. de; CARDOSO, L.G. ; CATÂNEO, A. Obtenção de modelo digital de elevação utilizando o SURFER-5.0 com dados importados do SIG IDRISI 4.1. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 26 - 32. 1997.

CARDOSO, L.G.; ARTIOLI, G.M.; GOMES, L.N.; CAMPOS, S. ; BARROS, Z.X. de. **Modelagem numérica da superfície através de um software topográfico: densidade e posicionamento de pontos**. In. REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 7. Botucatu, SP. 2000. Resumos... Botucatu, 2000. p.84.

DATAGEOSIS, **Manual do usuário**. HEZOLINEM, São Paulo, 1999. 214p.

GARCIA, G.J. ; PIEDADE, G.C.R. **Topografia aplicada às ciências agrárias**. 4.ed. São Paulo, Ed. Nobel, 1983. 257p.

GODOY, R. **Topografia Básica**. Piracicaba, FEALQ/USP, 1988. 349p.

SOARES, V. P. ; RIBEIRO, C., A., A., S.; BRITES, R., S. Integração de imagens TM/LANDSAT e modelo digital do terreno para melhorar a classificação da cobertura terrestre. **Revista Ceres**, v.18, n. 273, p. 511 -522, 2000.

SOLARI, F.A.; PAOLINI, A.E.; SEGAT, J.P. Estudio comparativo para obtencion de los factores topográficos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP. v.17, n.4, p.115-120.1998.

