

AVALIAÇÃO DE INTERPOLADORES ESTATÍSTICOS NA GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO A PARTIR DE DADOS DE GPS

Otávio Emerick da Silva, Willian Souza Pereira, Eliton Silvio Lemos Polastreli, Ruan de Rezende Faria, Jéferson Luiz Ferrari

IFES – Campus de Alegre/Departamento de Desenvolvimento Educacional, Rive – Alegre, ES
emerickms@hotmail.com, willian_durande@hotmail.com, elitonpolastreli@hotmail.com,
ruanfaria.rezende@gmail.com, ferrarijuliz@gmail.com

Resumo- Este trabalho objetiva analisar, comparativamente, a eficiência da krigagem ordinária e do inverso do quadrado da distância na geração de modelos digitais de elevação a partir de dados de GPS. Para isso foi realizado levantamentos topográficos numa área de 6.400 m² localizada no município de Alegre, ES. Foram levantados 27 pontos amostrais em grade regular de 20 x 20 m. Os modelos digitais de elevação foram gerados a partir dos métodos krigagem e inverso do quadrado da distância, implementados no software SURFER 8.3. O método mais eficiente, ou seja, o que apresentou o menor erro quadrado residual foi a krigagem (133,17), descrevendo de forma mais acurada a estrutura espacial dos dados do terreno.

Palavras-chave: Modelo digital de elevação, sistema de posicionamento global.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

Os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) vem sendo largamente utilizados em diversos estudos que se baseiam em observações da superfície terrestre real, tais como a determinação de área, de volume, mapeamento de declividade, pesquisas ambientais etc.

Segundo Burrough (1986), o MDE é definido como qualquer representação digital de uma variação contínua do relevo no espaço, onde o processo para a sua geração passa por três etapas: aquisição de dados, geração e controle de qualidade do modelo.

A aquisição de dados, de acordo com Valeriano (2008), pode ser feita por digitalização, restituição fotogramétrica, sensoriamento remoto, levantamento direto no campo. Neste último, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) vem sendo testado na obtenção de cotas altimétricas, pois oferece uma série de vantagens em relação aos métodos convencionais usados na topografia (CORSEUIL & ROBAINA, 2003).

Vale ressaltar que tanto para a geração dos MDEs como para o controle de sua qualidade, podem ser empregados vários métodos, os quais são construídos, basicamente, através de grades regulares retangulares ou redes irregulares triangulares, com diferentes algoritmos de interpolação (VALERIANO, 2008).

Inúmeros métodos de interpolação, com diversos níveis de complexidade, estão disponíveis na literatura, entre eles destacam-se a krigagem ordinária e o inverso do quadrado da distância (CARVALHO et al., 2002).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar, comparativamente, a eficiência da krigagem ordinária e do inverso do quadrado da distância na geração de modelos digitais de elevação a partir de dados de GPS.

Metodologia

A área de estudo ocupa 6.400 m², estando situada no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Alegre, ES, nas coordenadas aproximadas de 20° 45' 50" de latitude Sul e 41° 25' e 41° 27' 25" de longitude Oeste (Figura 1).

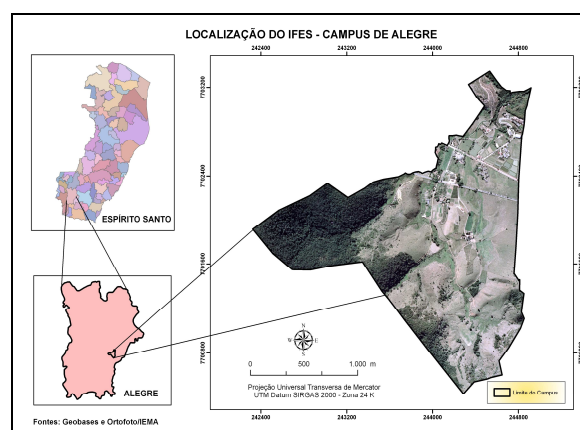


Figura 1 – Localização da área de estudo.

A primeira etapa consistiu da implantação, em toda extensão do terreno, de uma malha regular de 20 x 20 m, totalizando 27 pontos amostrais. Procurou-se dispor os pontos em quatro curvas de

níveis, as quais foram nomeadas por letras A, B, C e D. Em seguida foram realizados dois levantamentos: a) Levantamento utilizando uma Estação Total, marca FOIF OTS 856, considerado como testemunha; e b) Levantamento utilizando um receptor GPS, sem correção diferencial, da marca Garmim, no qual os satélites envolvidos nos cálculos das coordenadas foram: 3, 6, 14, 16, 18, 19, 21, 22, 24 e 29.

Os dados foram organizados em arquivo digital numa matriz (x, y, z) e, em seguida, procederam-se as análises de discrepâncias e as interpolações das cotas altimétricas pelos métodos, krigagem ordinária e inverso do quadrado das distâncias, ambos implementados no Software SURFER 8.3 (GODEN SOFTWARE, 2006).

A análise de discrepância foi realizada pela Equação 1:

$$\Delta \text{Alt}_i = \text{Alt}_r - \text{Alt}_i \quad (1)$$

Em que, ΔAlt_i refere-se a variação das altitudes e os subscritos r e i representam, respectivamente, o valores de altitudes de referência e observado.

A estimativa por krigagem ordinária segue a Equação 2:

$$Z^*(x) = \sum \lambda_i \cdot Z(x_i) \quad (2)$$

Em que,
 Z^* = valor estimado;
 λ_i = pesos de cada valor medido;
 Z = valor medido.

Já a estimativa pelo inverso do quadrado da distância segue a Equação 3:

$$x_p = \sum (1/d_i^2 * x_i) / \sum (1/d_i^2) \quad (3)$$

Em que,
 x_p = atributo interpolado;
 x_i = valor do atributo medido;
 d_i = distância euclidiana entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado;
 n = número de amostras.

O desempenho dos interpoladores foi obtida com base nos valores da validação cruzada, segundo Phillips et al. (1992), conforme a Equação 4 :

$$\text{QME} = \{ \sum (Z_{\text{est},\alpha} - Z^*\alpha)^2 \} / n \quad (4)$$

Resultados

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das altitudes do terreno.

Lev.	Mín.	Máx.	Amp.	Média	DP
Est Total	120,13	135,34	15,21	129,12	5,06
GPS	126,00	145,00	19,00	135,30	5,57

Tabela 2 – Discrepâncias (erros) obtidas nas altitudes dos 20 pontos amostrais.

Pontos	Altitudes Es. Total	Altitudes GPS	Erros (m)
A1	135,251	139	-3,749
A2	135,123	141	-5,877
A3	135,103	143	-7,897
A4	135,263	143	-7,737
A5	135,321	142	-6,679
A6	135,231	143	-7,769
A7	135,345	145	-9,655
A8	135,233	144	-8,767
B1	130,234	134	-3,766
B2	130,214	134	-3,786
B3	130,243	135	-4,757
B4	130,214	135	-4,786
B5	130,132	135	-4,868
B6	130,214	137	-6,786
B7	130,143	136	-5,857
B8	130,111	137	-6,889
C1	125,234	131	-5,766
C2	125,312	132	-6,688
C3	125,232	132	-6,768
C4	125,301	133	-7,699
C5	125,229	131	-5,771
C6	125,312	130	-4,688
C7	125,278	129	-3,722
C8	125,342	128	-2,658
D1	120,134	131	-10,866
D2	120,213	126	-5,787
D3	120,232	127	-6,768

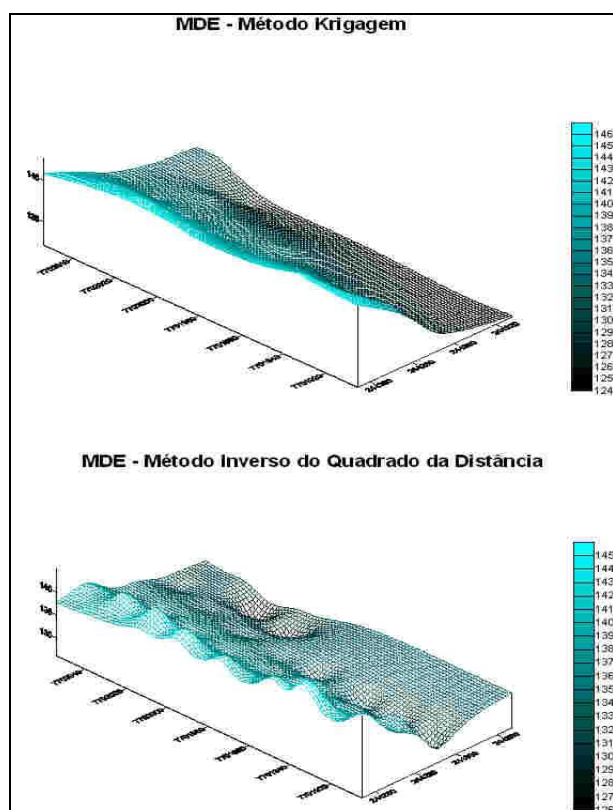


Figura 3 – MDEs obtidos pelos métodos de interpolação a partir de dados GPS.

Tabela 3 - Valores dos quadrados médios dos erros para os interpoladores usados.

QME	
Interpoladores	Altitude (m)
Krigagem ordinária	133,17
Inverso do quadrado da distância	134,16

Discussão

Como se verifica na Tabela 1, há diferenças nas estatísticas quando comparados com os levantamentos topográficos realizados. Tais diferenças podem ser melhor analisadas ao observar as discrepâncias negativas obtidas nas altitudes de cada ponto levantado (Tabela 2). Nota-se ainda que os pontos de maiores altitudes apresentaram menores desvios, provavelmente pelo fato da menor influência do multicaminhamento.

Para Gilbert (1997) o multicaminhamento é uma das mais frequentes fontes de erro em GPS. O multicaminhamento refere-se à reflexão indesejada do sinal de GPS por obstáculos próximos à antena receptora, podendo resultar em degradação da posição, que varia desde alguns metros até dezenas de metros.

O semivariograma experimental para as altitudes são apresentados na Figura 2. Como há

dependência espacial para esta variável, a krigagem ordinária foi usada para estimar valores em pontos não amostrados. Pela comparação dos mapas obtidos (Figura 3), verifica-se que o método de krigagem ordinária apresentou distribuição espacial muito mais homogênea. Tal constatação visual, é confirmado pelos valores dos quadrados médios dos erros para os interpoladores usados, onde o método que apresentou o menor erro médio quadrático foi o da krigagem (133,17), considerado o de maior eficiência neste estudo.

Conclusão

Diante da análise realizada conclui-se que o método mais eficiente, ou seja, o que o apresentou o menor erro quadrado residual foi a krigagem (133,17), descrevendo de forma mais acurada a estrutura espacial dos dados do terreno.

Referências

- BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Monographs on Soil and Resources Survey Nº 12, New York: Oxford University Press, 1986. 193 p.
- CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. **Geostatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 8, p. 1151-1159m 2002.
- CORSEUIL, C. W.; ROBAINA, A. D. **Determinação altimétrica através do sistema de posicionamento global.** Santa Maria: Ciência Rural, v. 33, n. 4, , 673 – 678 p, jul-ago, 2003.
- GILBERT, C. **GPS - Performance sob coberturas vegetais.** Fator GIS, Curitiba, 5, (18), p. 52 – 53, 1997.
- GOLDEN SOFTWARE. **Surfer version 8.0 Surface mapping system.** Colorado, Golden Software, Inc, 1993-2006. 1 CD-ROM.
- PHILLIPS, D. L.; DOLPH, J.; MARKS, D. **A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitations in mountainous terrain.** Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, 60 (1), 119 – 141, 1992.
- VALERIANO, M. M. **Dados topográficos.** In: FLORENZANO, T. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, p. 72 – 104, 2008.