



ANÁLISE DA PRECISÃO DE IMAGENS DO GOOGLE EARTH PARA GERAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

Marco Antônio do Carmo ⁽¹⁾, Maicon Heitor do Nascimento ⁽²⁾

⁽¹⁾ Professor do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí

⁽²⁾ Monitor da Disciplina de Topografia - Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí

marco.carmo@ifmg.edu.br, autor2@ifmg.edu.br

RESUMO

Tendo em vista a importância da utilização de curvas de nível para os mais diversos fins, busca-se cada vez mais a elaboração destas do modo mais rápido e econômico possível. Para tal, tem se utilizado inúmeras tecnologias cada vez mais acessíveis. Porém muitas destas tecnologias não deixam claro informações sobre a precisão das mesmas, podendo mascarar o resultado obtido. O presente trabalho teve como objetivo determinar a precisão da geração de curvas de nível via modelagem do terreno pelo Google, e verificar em qual classe de precisão a medição realizada se encontra de acordo com o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica). Neste trabalho as imagens de 53 pontos pertencentes a seis curvas de nível geradas via imagens do Google Earth no município de Bambuí foram classificadas na classe de precisão B.

Palavras-chave: altimetria. Imagens de satélites. Nivelamento.

1.INTRODUÇÃO

As curvas de nível são formadas por pontos que apresentam mesma cota ou atitude, ou seja apresentam ao longo de sua extensão mesma altura em relação a um nível de referência, são importantes para a implantação de vários projetos, dentre estes os agropecuários, através delas pode-se ter uma ideia do relevo geral da área, e assim permitir a correta elaboração de projetos de irrigação, traçado de estradas, construção de benfeitorias, e de práticas de conservação de solos, que são de suma importância para o proprietário rural, visto que se conserva seu bem mais precioso.(COMASTRI e TULER ,1980).

A determinação de cotas no terreno, visando a confecção de curvas de nível em plantas topográficas é um trabalho árduo técnica e fisicamente.

Porém, hoje em dia com a difusão de aplicativos de imagens de satélite, surgiram novos programas que podem gerar curvas de nível pelo próprio computador, dentre estes programas,

podemos citar o Google Earth, que é de fácil acesso e utilização, e otimiza surpreendentemente o rendimento do trabalho, porém é necessário verificar a precisão desta tecnologia.

2.METODOLOGIA

O trabalho teve como objetivo determinar a precisão da geração de curvas de nível via modelagem do terreno pelo Google Earth, e verificar em qual classe de precisão a medição realizada se encontra de acordo com o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica), foi realizado no Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí, em um terreno com área de 9088,609 m², mostrada na Figura 01, onde foram locadas 06 curvas de nível utilizando nível de precisão e empregando-se o método de nivelamento geométrico composto.

As coordenadas UTM de cada ponto das 06 curvas foram determinadas utilizando o equipamento de estação total, tendo como referência a coordenada UTM conhecida do 1º ponto da curva 01, obtida através de mapa georreferenciado do IFMG – Campus Bambuí, o qual foi confeccionado utilizando o aparelho receptor GNSS. As coordenadas UTM dos 53 pontos que formam as 06 curvas, foram então transferidas para Software AUTOCAD, onde estas curvas foram desenhadas.

Utilizando os aplicativos Google Earth e CAD Earth, foram geradas para a mesma área 06 curvas de nível homologas aquelas locadas diretamente no campo.

De posse do desenho das curvas geradas via CAD Earth e das geradas in loco no terreno, foi feita a sobreposição das mesmas via software AUTOCAD (Figura 02), de onde pode-se retirar as coordenadas UTM dos pontos homólogos das curvas, mostrados na Tabela 01.



Figura 01 – Área de realização do Trabalho

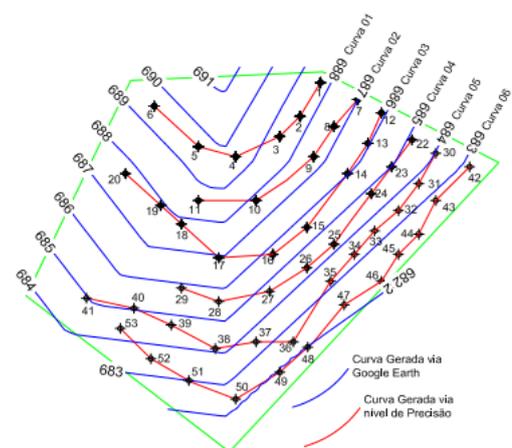


Figura 02 – Sobreposição de curvas de nível

Tabela 01 – Coordenadas dos pontos de verificação das curvas de nível obtidas por GPS/ Estação total e dos pontos homólogos obtidos na imagem do Google Earth



Curva	Pontos	Estação Total/GPS		Google Earth	
		E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
01	1	394031	7784356	394033.4680	7784354.6848
	2	394025	7784346	394027.7975	7784344.0305
	3	394019	7784340	394023.5734	7784336.0967
	4	394006	7784334	394014.1144	7784325.1382
	5	393995	7784337	393892.4785	7784323.3598
	6	393982	7784349	3939709343	7784337.0807
02	7	394042	7784351	394042.0758	7784350.9597
	8	394035	7784343	394036.9543	7784341.3386
	9	394029	7784334	394031.7465	7784331.9746
	10	394021	7784327	394023.0853	7784323.5705
	11	394012	7784321	394014.4491	7784315.4767
03	12	393995	7784321	393991.8065	7784305.8799
	13	394049	7784347	394050.1231	7784346.4013
	14	394045	7784338	394045.5071	7784337.7304
	15	394039	7784329	394039.1889	7784328.7985
	16	394033	7784321	394031.9826	7784322.0449
	17	394027	7784313	394024.999	7784315.5201
	18	394017	7784305	394015.9169	7784306.9885
	19	394001	7784304	394000.7595	7784295.0158
04	20	393990	7784314	393982.1554	7784297.3638
	21	394046	7784323	394044.6343	7784324.1449
	22	394058	7784339	394056.9427	7784339.7557
	23	394052	7784331	394051.8284	7784331.1186
	24	394040	7784315	394037.5335	7784317.4956
	25	394027	7784301	394024.3613	7784305.1465
	26	394016	7784294	394015.1739	7784296.5370

05	27	394001	7784291	393999.8905	7784285.4966
	28	393990	7784295	393988.7359	7784286.9032
	29	393972	7784300	393971.6053	7784289.0638
	30	393962	7784292	393960.6015	7784280.9264
	31	394012	7784279	394011.3410	7784283.2961
	32	394000	7784277	393999.7579	7784275.9913
	33	393987	7784284	393986.2044	7784277.7001
	34	393976	7784289	393973.6638	7784279.2815
	35	394065	7784335	394064.7320	7784335.1426
	36	394060	7784326	394058.5527	7784327.5406
06	37	394054	7784318	394051.3694	7784320.8105
	38	394047	7784312	394045.3872	7784315.2032
	39	394041	7784305	394030.0914	7784300.8591
	40	394034	7784297	394030.0862	7784300.8642
	41	394023	7784279	394018.0612	7784289.5943
	42	393981	7784274	393981.0424	7784268.9324
	43	393993	7784267	393993.0518	7784267.4182
	44	393972	7784328	393973.7644	77843269.8551
	45	394019	7784267	394013.3940	7784275.6824
	46	394006	7784262	394004.1472	7784267.2476
06	47	394065	7784321	394063.5320	7784322.6939
	48	394060	7784311	394055.8865	7784315.4878
	49	394054	7784305	394049.4965	7784309.5118
	50	394075	7784331	394073.3934	7784332.3356
	51	394029	7784279	394022.9776	7784284.6586
	52	394049	7784297	394043.1289	7784303.5442
	53	394038	7784290	394034.4925	7784295.4504

Fonte: O Autor

2.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste trabalho foi analisada a existência de tendência e a precisão geométrica da imagem. Segundo Galo e Camargo (1994, p. 5) a precisão está ligada com a dispersão das observações em torno do valor médio, enquanto que a acurácia (ou exatidão) está relacionada com a proximidade do valor real, ou seja, sem a influência de erros sistemáticos.

A análise de tendência foi baseada na distribuição t Student e a análise de precisão baseada na distribuição qui-quadrado.

Foram calculadas as diferenças entre cada uma das coordenadas originando-se o valor das discrepâncias na coordenada E e na N. (Equação 1):

$$\Delta E = E_{est} - E_{imagem} \quad e \quad \Delta N = N_{est} - N_{imagem} \quad (1)$$

Onde: ΔE ; ΔN discrepâncias
 E_{est} ; N_{est} coordenadas obtida por estação total
 E_{imagem} ; N_{imagem} coordenadas obtida na imagem do Google Earth

Logo após foi calculada a média e o desvio-padrão das discrepâncias. A média das discrepâncias foi calculada a partir da (Equação 2):

$$\bar{\Delta E} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E}{n} \quad e \quad \bar{\Delta N} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta N}{n} \quad (2)$$

onde: $\bar{\Delta E}$ e $\bar{\Delta N}$ são as discrepâncias médias calculadas pelos pontos. O desvio-padrão da média das discrepâncias foi calculado utilizando a (Equação 3):

$$\hat{\sigma} \Delta E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta E - \bar{\Delta E})^2}{n(n-1)}} \quad e \quad \hat{\sigma} \Delta N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta N - \bar{\Delta N})^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

2.1.2 ANÁLISE DE PRECISÃO



Para a análise de precisão é preciso obter o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) e o EP (Erro Padrão), conforme os valores adotados no Brasil (Decreto-lei Nº. 89.817/84) para cada classe. Na tabela 02 estes valores estão calculados para a escala 1:5.000.

Tabela 02 – Valores do PEC e EP para escala 1:5000

Classe	PEC	EP (na escala da carta)	EP (no terreno)
A	0,5 m	0,3 mm	1,5 m
B	0,8 m	0,5 mm	2,5 m
C	1,0 m	0,6 mm	3,0 m

Fonte: Decreto – Lei nº 89.817/84

A precisão foi verificada comparando-se o desvio-padrão das discrepâncias com o Erro Padrão (EP) esperado para a classe.

Portanto o teste de hipótese a ser comprovado é o seguinte:

$$H_0: \begin{matrix} \hat{\sigma}_{\Delta E} = \sigma \\ e \\ \hat{\sigma}_{\Delta N} = \sigma \end{matrix} \quad \text{versus} \quad H_1: \begin{matrix} \hat{\sigma}_{\Delta E} > \sigma \\ e \\ \hat{\sigma}_{\Delta N} > \sigma \end{matrix}$$

Onde o termo σ é o desvio padrão esperado, que é calculado pela (Equação 4):

$$\sigma = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Para que a hipótese H_0 contra H_1 fosse testada foi calculado um qui-quadrado amostral e logo após comparando este, com o valor teórico obtido através da distribuição de probabilidade do qui-quadrado (χ^2).

O valor teórico é obtido em tabelas próprias, onde o grau de liberdade utilizado como argumento é ($U = n-1$) e o nível de confiança ($1-\alpha$).

No presente trabalho o grau de liberdade utilizado foi $U = 53-1$ e o nível de confiança. ($1-\alpha$) = 90%. Em seguida foi aplicado o teste qui-quadrado amostral utilizando a equação 5

$$\hat{X}^2_{\Delta E} = \frac{\hat{\sigma}_{\Delta E}^2}{\sigma^2} (n-1) \quad e \quad \hat{X}^2_{\Delta N} = \frac{\hat{\sigma}_{\Delta N}^2}{\sigma^2} (n-1) \quad (5)$$

Logo após foi verificado se o valor calculado acima está no intervalo de aceitação, ou seja:

$$\hat{X}^2_{\Delta E} \leq X^2_{1-\alpha, U=n-1} \quad e \quad \hat{X}^2_{\Delta N} \leq X^2_{1-\alpha, U=n-1}$$

Após testar a expressão é possível dizer em qual classe está inserida a imagem de Bambuí obtida através do Google Earth.

2.1.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

Nesta análise de tendências é verificado se a média das discrepâncias pode ser considerada igual a zero. Então as hipóteses a serem avaliadas são as seguintes:



$$H_0: \begin{matrix} \bar{\Delta E} = 0 \\ e \\ \bar{\Delta N} = 0 \end{matrix} \quad \text{versus} \quad H_1: \begin{matrix} \bar{\Delta E} \neq 0 \\ e \\ \bar{\Delta N} \neq 0 \end{matrix}$$

Para esta análise foi utilizada a distribuição de probabilidade t de Student, onde é calculado um t amostral contra um valor teórico obtido da tabela, com graus de liberdade $\nu = n-1$ e nível de confiança igual a $1-\alpha/2$. A estatística amostral t foi calculada através da seguinte (Equação 6):

$$\hat{t}_{\Delta E}^2 = \frac{\bar{\Delta E}}{\hat{\sigma}_{\Delta E}} \sqrt{n} \quad e \quad \hat{t}_{\Delta N}^2 = \frac{\bar{\Delta N}}{\hat{\sigma}_{\Delta N}} \sqrt{n} \quad (6)$$

O intervalo de confiança relativo ao teste t de Student analisado foi:

$$|\hat{t}_{\Delta E}| < t_{1-\alpha/2}^{\nu=n-1} \quad \text{ou} \quad |\hat{t}_{\Delta N}| < t_{1-\alpha/2}^{\nu=n-1}$$

3 REULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de média das discrepâncias ($\bar{\Delta E}$ e $\bar{\Delta N}$) e desvio padrão das discrepâncias ($\hat{\sigma}_{\Delta E}$ e $\hat{\sigma}_{\Delta N}$) obtidos foram os seguintes:

$$\begin{matrix} \bar{\Delta E} = 1,253 \text{ m} & \bar{\Delta N} = 2,765 \text{ m} \\ \hat{\sigma}_{\Delta E} = 0,419 \text{ m} & \hat{\sigma}_{\Delta N} = 1,362 \text{ m} \end{matrix}$$

Os valores do desvio padrão e qui-quadrados amostrais calculados para cada classe estão na tabela 03.

Tabela 03 – Desvio Padrão e Qui – quadrados amostrais calculados

ANALISE DE PRECISÃO				
Classe	EP (1:5000)	σ	$\hat{X}_{\Delta E}^2$	$\hat{X}_{\Delta N}^2$
A	1,5 m	1,061 m	8,1 m	85,68 m
B	2,5 m	1,768 m	2,94 m	31,14 m
C	3,0 m	2,121 m	2,029 m	21,44 m

Fonte: O Autor

O valor teórico obtido na tabela de qui-quadrado é $X_{0,9}^{2,53} = 66,536$. Após estes procedimentos constatou-se que os qui-quadrados amostrais são menores que o teórico, podendo-se dizer então, que a imagem do Google Earth da cidade de Bambuí atende ao PEC com 90% de nível de confiança, sendo classificada como classe B para a escala de 1:5000

Verificou-se então se os valores de t amostrais obtidos, estão no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula. Aplicando-se as fórmulas acima obteve-se:

$$\hat{t}_{\Delta E} = 21,77 \quad e \quad \hat{t}_{\Delta N} = 14,78$$

O valor teórico para t student obtido na tabela é $t_{0,95}^{U=53} = 1,677$. Como o valor calculado para t Student a partir das amostras é maior que o valor teórico, então se conclui que a imagem tem um deslocamento de 1,253 m para Leste e de 2,765 m para o Norte.

4.CONCLUSÃO



Neste trabalho ficou constatado que a geração de curvas de nível via o programa Google Earth, utilizando-se o software CAD Earth mostrou-se satisfatória, atendendo ao PEC classe B do Decreto lei 89.817 na escala de 1:5000, com 90% de nível de confiança.

Na análise de tendências, ficou constatado que existem deslocamentos “constantes” nas direções E e N, sendo constantes, estes deslocamentos podem ser corrigidos através da subtração da média do desvio padrão de cada coordenada N e E lida na imagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Galo, M.; Camargo, P.O. **Utilização do GPS no controle da qualidade de carta.** In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1994, páginas 41- 48.

BRASIL. Decreto lei nº 89.817 de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jun. 1984.

COMASTRI, J .A.& TULER, J.C. Topografia: Altimetria. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1980