



AVALIAÇÃO DOS DADOS ALTIMÉTRICOS DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS DA TOPOGRAFIA E GEODÉSIA PARA UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA

Túllio Morais Franca¹, Aurélio Pereira dos Santos², Alisson Neves Harmyans Moreira³, Valtercides Cavalcante da Silva⁴ Marco Aurélio Pessoa de Souza⁵

1 Aluno de graduação em Engenharia Florestal na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (tulliomf@gmail.com) Goiânia-Brasil

2 Aluno de graduação em Agronomia na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

3 Professor Assistente da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

4 Professor Associado da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

5 Professor Assistente da Escola de Zootecnia da Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Recebido em: 15/04/2017 – Aprovado em: 22/07/2017 – Publicado em: 31/07/2017

DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2017a8

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar as alturas de uma grade de pontos regulares, considerando dados coletados por diferentes equipamentos de Topografia e Geodésia, usando como testemunha um Nível Óptico para geração de um Modelo Digital de Terreno (MDT). Os dados foram obtidos na Escola de Agronomia da UFG (Universidade Federal de Goiás), sendo posteriormente processados e manipulados pelos programas de Geodésia e Topografia para representações de curvas de nível e perfis longitudinais. As informações altimétricas obtidas pelos receptores GPS de navegação, GPS geodésico e a Estação Total foram comparadas com aquelas calculadas a partir do levantamento com o Nível Óptico, por meio da aplicação do teste "t" ($\sigma < 0,05$). Verificou-se que apenas as altitudes do receptor GPS de navegação diferiram estatisticamente, com precisão vertical superior a seis metros, sendo inapropriada para aplicações agrícolas como, por exemplo, projeto de sistematização em cana de açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: Geodésia, MDT, precisão vertical, topografia.

EVALUATION OF ALTIMETRIC DATA OF DIFFERENT TOPOGRAPHY AND GEODESIA EQUIPMENT FOR AGRICULTURAL USE

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the heights of a grid of regular points, considering data collected by different Topography and Geodesy equipment, using an Topographic Level to generate a Digital Terrain Model (DTM). The data were obtained from the Federal University of Goiás (UFG) and were later processed and manipulated by the Geodesy and Topography programs for contours and profiles. The altimetric information obtained by the navigation GPS receivers, geodetic GPS and the Total Station were compared with those calculated from the survey with the Topographic Level, by applying the "t" test ($\sigma < 0.05$). It was verified that only the altitudes of the navigating GPS receiver differed statistically, with vertical precision greater than 6 meters, being inappropriate for agricultural applications such as, for example, systematization project in sugarcane.

KEYWORDS: Topography, Geodesy, DTM, vertical precision.

INTRODUÇÃO

A altimetria é a parte da Topografia e Geodésia responsável pela obtenção de distâncias verticais, diferenças de níveis, cotas e altitudes representando assim o relevo (COELHO JUNIOR et al., 2014). Por meio dessa base de dados é possível gerar um conjunto de curvas de nível caracterizando o Modelo Digital de Terreno (MDT) de uma região.

O MDT, que também pode ser chamado por Modelagem Numérica do Terreno (MNT), consiste em um modelo matemático, que, iniciando em uma origem determinada (0,0,0) irradia para cada ponto do terreno em uma coordenada x, y e z, gerando uma visualização tridimensional do terreno (COELHO JUNIOR et al., 2014).

FELGUEIRAS & CAMARA (2001) também afirmam que o princípio de um MDT equivale a um novo método de destacar a questão da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos (grades), consegue-se obter dados de elevação, curvas de nível, perfis longitudinais e declividades.

Na determinação das desigualdades de alturas em terrenos declivosos, o nivelamento geométrico com a utilização do Nível Óptico é o procedimento praticado já há muito tempo, que se baseia na demarcação do desnível através da medida da desigualdade entre pontos posicionados num determinado terreno (MEDEIROS JÚNIOR et al., 2008).

Porém, nos últimos anos, as áreas que requerem mensurações (Topografia, Geodésia, etc.) vêm sofrendo modificações importantes no que se refere à automatização dos levantamentos e do nível de confiabilidade dos resultados obtidos. Na Topografia, por exemplo, os antigos Teodolitos mecânicos estão sendo trocados pelas Estações Totais, equipamentos que mensuram ângulos verticais e horizontais, distâncias e que são constituídos por teodolito eletrônico, distanciômetro e um processador matemático (SARAIVA et al., 2016). Os níveis mecânicos também estão sendo substituídos por níveis digitais e níveis a *laser*.

Contudo, o avanço mais significativo, ocorreu com o surgimento do sistema de medição via satélites conhecidos como Sistema de Posicionamento Global (GPS), que vem inovando a área de levantamentos, apesar de que outros sistemas, como o GLONASS e o GALILEO que compõe o Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) também fazem parte dos avanços na área (PINTO et al., 2013).

O GPS é um sistema de rádionavegação desenvolvido pelo Estados Unidos da América que iniciou suas atividades em 1978, sendo considerado operacional em 1995 e logo então vem sendo utilizado de diversas formas na agricultura (EMBRAPA, 2014). Para TULER & SARAIVA (2014), o uso do GPS na altimetria é uma maneira de agilizar a procedimento na coleta de dados, redução de tempo, baixo custo e os dados obtidos poderão ser utilizados para outras atividades, sendo esta técnica bastante vantajosa para substituir o nivelamento com o nível topográfico em alguns trabalhos.

No mercado há uma grande variedade de GPS, que se diferenciam pelas suas funções e pelo nível de tecnologia aplicado; deste modo alguns são mais apropriados que outros em circunstâncias específicas. O avanço tecnológico permitiu que o GPS viesse a ser utilizado na realização de várias atividades, por exemplo a determinação de distâncias, áreas, perímetros de terrenos, orientação quanto ao norte magnético, bem como a determinação de altitudes geométricas (SOUSA et al., 2014).

GUIMARÃES & CAMARGO (2014) afirmam que um aparelho GPS de navegação mostra grande potencialidade em levantamentos de base curta (até 20

km) e que dependendo do gênero do levantamento, pode vir a substituir o uso de um receptor geodésico ou topográfico.

Visto que a tecnologia nas áreas de mensuração topográfica tem avançado rapidamente com novos equipamentos, o presente trabalho procura apresentar sua contribuição, no que toca à possibilidade do uso de receptores GPS/GNSS de diferentes precisões na determinação da altimetria de áreas, comparando estatisticamente os dados entre os distintos aparelhos, facilitando a visualização das discrepâncias através dos gráficos do perfil longitudinal e das curvas de nível.

MATERIAL E METODOS

Área de Estudo

O trabalho foi realizado nas dependências da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG). A instituição está localizada na região norte de Goiânia, Goiás, com coordenadas geográficas, latitude 16°36'00"S e longitude 49°17'15"W. O clima é Aw, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger e a classe de solo predominante é o Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa.

A grade regular de pontos é caracterizada com 30 amostras, distribuídas em uma área de pastagem de 8.000 m², com dimensões de 80x100m. No que concerne a espacialização da amostragem, trata-se de cinco seções, cada uma contendo seis pontos, espaçados de 20 em 20 metros (Figura 2).

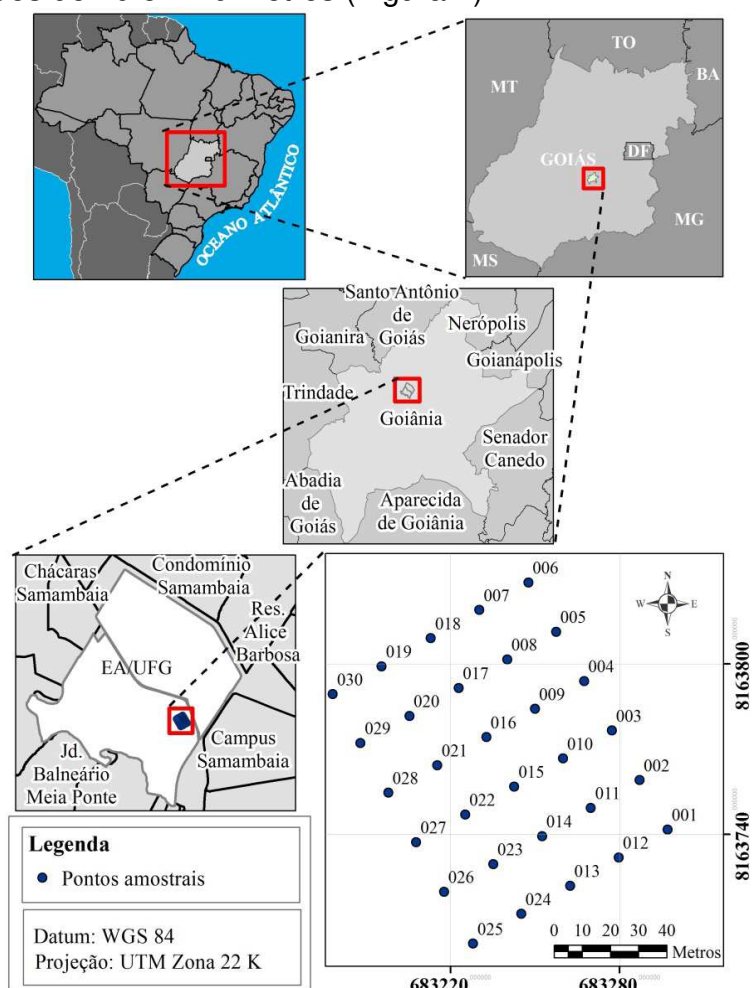


FIGURA 2 – Localização da grade regular de pontos na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Coleta de dados

A aquisição dos dados altimétricos deu-se por meio de diferentes equipamentos de Topografia e Geodésia pertencentes a EA/UFG. Os equipamentos e as precisões nominais (pn) verticais utilizadas nas coletas foram: Nível Óptico Kolida KL 22 (pn de 2,0 mm por km de duplo nivelamento) (ALLCOMP, 2017); a Estação Total Ruide 232; receptor GPS geodésico ProMark™ 3 (pn de 0,01m + 2ppm no método estático e 0,015m + 2,5ppm no método cinemático) (MAGELLAN, 2007) e o receptor GNSS de navegação Garmin eTrex® 20 (especificação técnica sobre a pn vertical indisponível).

Para as observações dos pontos com o receptor geodésico L1, utilizaram-se os métodos de posicionamento relativo estático para a base e relativo semicinemático *stop and go* para o receptor dinâmico. O receptor da base foi posicionado na estação geodésica 92770 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), localizada na estação climatológica da EA/UFG.

Os parâmetros cartográficos usados nos levantamentos com os receptores foram o *datum* WGS 84 e as coordenadas planas com projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM). O tempo de rastreamento no método estático ficou aproximado de duas horas e 40 minutos, enquanto no método semicinemático perdurou um minuto e 30 segundos em cada ponto.

No que tange a obtenção dos dados com nível óptico, realizaram-se o nivelamento geométrico composto e o contra-nivelamento para ter o controle do erro. Com a Estação Total, realizou-se o levantamento planialtimétrico. Em ambos os procedimentos, utilizaram-se o nível de cantoneira nos bastões e nas miras a fim de amenizar os problemas como erros grosseiros, pois nas amostras houve uma leitura por equipamento.

O cuidado obtido no posicionamento absoluto (receptor GNSS de navegação) foi apenas com a disponibilidade de satélites, uma vez que era inexistente a presença de fatores externos como as nuvens no dia da coleta, árvores e as redes elétricas na área. Nesse sentido, verificou-se a estabilização do sinal no almanaque do receptor em todas as observações.

Estruturação dos dados

Os dados coletados com o receptor geodésico foram processados no programa GNSS *Solutions*®. Na base, utilizaram-se as informações do relatório da estação 92770 do IBGE no processo de correção diferencial. As altitudes geométricas obtidas com o pós-processamento foram convertidas para altitudes ortométricas, com o auxílio do programa disponibilizado gratuitamente pelo IBGE denominado MAPGEO2015.

Para determinar as cotas do nivelamento geométrico e do levantamento planialtimétrico, utilizou-se como referência de nível (RN), a altitude ortométrica do ponto 1. No caso do receptor de navegação, admitiu-se como RN, a elevação do ponto 1 adquirida no posicionamento absoluto. As informações planialtimétricas dos pontos possibilitaram a interpolação pelo método TIN.

Os pontos foram interpolados para a geração de curvas de níveis, com espaçamento de 0,25 metros. O método de interpolação foi o TIN para a formação do MDT. A partir desse modelo digital, foram extraídas informações como dados de elevação (cotas e altitudes), perfis longitudinais e declividades.

Análise dos dados

Na análise estatística, as informações como as altitudes e cotas foram submetidas ao teste t ($t < 0,05$) com o intuito de verificar se esses critérios diferem significativamente. Nessa etapa, admitiram-se as informações altimétricas do Nível Óptico como referência devido a precisão nominal e estabeleceram-se as seguintes hipóteses:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

Em que, “t” é o valor de probabilidade de *Student*, “ n_1 e n_2 ” são os tamanhos das amostras 1 e 2; “ \bar{X}_1 e \bar{X}_2 ” são as médias das amostras 1 e 2 e “ σ ” é o desvio padrão das amostras.

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 \\ H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \end{cases} \quad (2)$$

Onde, na hipótese nula (H_0), os resultados obtidos com os equipamentos Estação Total, receptores GPS geodésico e GNSS de navegação (grupo 2) são iguais aos resultados adquiridos com o Nível Óptico (grupo 1). Na hipótese alternativa (H_1), essa condição rejeita a H_0 , apresentando diferença significativa entre os grupos.

As informações com curvas de nível, perfis longitudinais e declividades foram comparadas, graficamente, entre si. Os resultados foram discutidos embasados na norma NBR 13133 (ABNT, 1994), onde foram abordadas algumas especificações quanto a aplicação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação altimétrica e análise estatística

Notam-se na Tabela 1, os valores das altitudes obtidas com os equipamentos de medição GNSS de Navegação, GPS Geodésico e Estação Total em comparação com o Nível Óptico (testemunha). Na Tabela 2, são apresentadas as diferenças de altitudes obtidas a partir dos receptores utilizados, em relação à testemunha.

TABELA 1 – Altitudes (m) dos receptores GNSS/GPS (Navegação e Geodésico), Estação Total e Nível Óptico.

Ponto	GNSS Navegação	GPS Geodésico	Estação Total	Nível Óptico
1	722,000	715,294	715,294	715,294
2	723,000	714,915	714,936	714,896
3	723,000	714,690	714,653	714,661
4	722,000	714,351	714,329	714,332
5	723,000	714,289	714,261	714,259
6	722,000	713,778	713,771	713,769
7	723,000	712,809	712,798	712,780
8	723,000	713,125	713,114	713,096
9	723,000	713,792	713,802	713,792

10	722,000	714,039	714,034	713,998
11	724,000	714,221	714,193	714,191
12	724,000	714,508	714,512	714,477
13	723,000	713,712	713,695	713,701
14	723,000	713,298	713,308	713,304
15	723,000	712,840	712,860	712,838
16	722,000	712,530	712,518	712,511
17	723,000	712,252	712,229	712,255
18	721,000	711,593	711,567	711,593
19	721,000	710,498	710,475	710,490
20	723,000	710,925	710,924	710,936
Ponto	GNSS Navegação	GPS Geodésico	Estação Total	Nível Óptico
21	724,000	711,484	711,468	711,473
22	725,000	711,955	711,951	711,948
23	725,000	712,403	712,403	712,393
24	725,000	712,602	712,595	712,606
25	723,000	711,239	711,231	711,250
26	722,000	710,798	710,821	710,823
27	723,000	710,477	710,516	710,517
28	723,000	710,093	710,067	710,106
29	721,000	709,641	709,625	709,642
30	721,000	709,276	709,240	709,251

Fonte: Elaborado pelos autores.

TABELA 2 – Diferenças das altitudes (m) obtidas pelos equipamentos GNSS/GPS e Estação Total em relação ao Nível Óptico.

Ponto	GNSS Navegação	GPS Geodésico	Estação Total
1	6,706	0,000	0,000
2	8,104	0,018	0,039
3	8,339	0,028	0,009
4	7,668	0,018	0,004
5	8,741	0,030	0,001
6	8,231	0,009	0,001
7	10,220	0,029	0,018
8	9,904	0,029	0,018
9	9,208	0,001	0,010
10	8,002	0,041	0,036
11	9,809	0,029	0,002
12	9,523	0,031	0,035
13	9,299	0,011	0,006
14	9,696	0,006	0,004
15	10,162	0,003	0,022
16	9,489	0,019	0,007
17	10,745	0,003	0,026
18	9,407	0,000	0,026
19	10,510	0,008	0,015
20	12,064	0,012	0,012
21	12,527	0,010	0,005

22	13,052	0,007	0,003
23	12,607	0,010	0,010
24	12,394	0,004	0,011
25	11,750	0,011	0,019
26	11,177	0,026	0,002
27	12,483	0,040	0,001
28	12,894	0,013	0,039
29	11,358	0,002	0,017
30	11,749	0,024	0,011

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por meio das diferenças altimétricas da Tabela 2, verificou-se que as médias da precisão do receptor GNSS de navegação, do GPS Geodésico e da Estação Total foram de 10,261 m, 0,016 m e 0,014 m, respectivamente. A maior discrepância altimétrica encontrada com o receptor GNSS de Navegação foi no ponto 22, com 13,052 m e a menor diferença foi observada no ponto, com 6,706 m.

Essas grandes variações nos resultados do receptor GNSS de navegação são decorrentes da instabilidade das mensagens de navegação no método de posicionamento absoluto, uma vez que essas informações dependem da quantidade de satélites disponíveis e das disposições geométricas no espaço.

A variação nesse tipo de posicionamento, também conhecida como flutuação, é condição inerente a este tipo de equipamento. SANTOS et al. (2016) compararam os dados de um receptor GPS de navegação com um receptor GNSS Geodésico L1 (referência) para fins agropecuários e encontraram diferenças altimétricas menores que 3,10 m. De acordo com os autores, essa precisão é devido a presença de um altímetro no receptor GPS de navegação que ameniza os erros provenientes das flutuações.

Por outro lado, as informações do receptor GPS Geodésico sofreram flutuações nos posicionamentos (estático e semicinemático), entretanto, os dados são passíveis de correção DGPS (Diferencial GPS), tornando-os mais precisos em relação aos receptores de navegação caracterizados pela homogeneidade das observações (variância: $\sigma^2 = 0,000149$).

No que tange aos dados da Estação Total, a variância deste equipamento ($\sigma^2 = 0,000146$) foi semelhante aos resultados do receptor GPS Geodésico. Na prática, as homogeneidades dos resultados oferecem confiabilidade na aquisição de dados, evitando que serviços de campo sejam refeitos. Na Tabela 3, são observados os valores obtidos da comparação estatística das altitudes, respectivamente, entre o equipamento GNSS de Navegação modelo eTrex® 20 (Garmin) e o Nível Óptico, utilizando teste “t”, a 5% de significância.

TABELA 3 – Valores obtidos da comparação estatística de altitudes entre GNSS Navegação e Nível Óptico, usando teste t ($\sigma < 0,05$).

	GNSS Navegação	Nível Óptico
Média	722,833	712,573
Variância	1,247	2,791
Observações	30	
Variância agrupada	2,019	
Hipótese de diferença de média	0	
Graus de liberdade	58	
Stat t	27,965	

P(T≤t) bi-caudal	0,000
t crítico bi-caudal	2,002

Fonte: Elaborado pelos autores.

A comparação estatística dos valores das altitudes, utilizando o teste "t" para variâncias equivalentes, permitiu observar que as altitudes ($t = 27,965$) para o equipamento GNSS de Navegação apresentaram diferenças significativas em relação às médias obtidas com o Nível Óptico, não sendo recomendada a utilização na altimetria para a execução de levantamentos topográficos, pois a imprecisão quanto a norma NBR 13133 (ABNT, 1994) pode ocasionar informações subestimadas e/ou superestimadas em medições de volumes.

Na Tabela 4, são mostrados os valores obtidos da comparação estatística das altitudes, respectivamente, entre o equipamento GPS Geodésico modelo ProMark™ 3 (Magellan®) e o Nível Óptico, utilizando teste "t", a 5% de significância.

TABELA 4 – Valores obtidos da comparação estatística de altitudes entre GPS Geodésico e Nível Óptico, usando teste t ($\sigma < 0,05$).

	GPS Geodésico	Nível Óptico
Média	712,581	712,573
Variância	2,824	2,791
Observações	30	30
Variância agrupada	2,808	
Hipótese de diferença de média	0	
Graus de liberdade	58	
Stat t	0,018	
P(T≤t) bi-caudal	0,985	
t crítico bi-caudal	2,002	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na comparação estatística dos valores das altitudes, utilizando o teste "t" para variâncias equivalentes, observou-se que as altitudes ($t = 0,018$) para o equipamento GPS Geodésico não apresentaram diferenças significativas em relação as médias obtidas com o Nível Óptico. Na Tabela 5, são apresentados os valores obtidos da comparação estatística das altitudes, respectivamente, entre o equipamento Estação Total modelo RTS 232 (Ruide) e o Nível Óptico, utilizando teste "t", a 5% de significância.

TABELA 5 – Valores obtidos da comparação estatística de altitudes entre Estação Total e Nível Óptico, usando teste t ($\sigma < 0,05$).

	Estação Total	Nível Óptico
Média	712,573	712,573
Variância	2,828	2,791
Observações	30	30
Variância agrupada	2,810	
Hipótese de diferença de média	0	
Graus de liberdade	58	
Stat t	0,000	
P(T≤t) bi-caudal	1,000	
t crítico bi-caudal	2,002	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Não houve diferença em relação as médias obtidas pela Estação Total com a média obtida por meio do Nível Óptico, comprovado também pela comparação estatística utilizando o teste “t”. No entanto, comparando as Tabelas 4 e 5, apesar dos valores do receptor GPS Geodésico apresentar maior homogeneidade em relação aos dados do Nível Óptico, a média dos dados coletados com a Estação Total foi mais representativa com nível de significância menor que 1%.

Modelagem Digital do Terreno

Nas Figuras 2, estão representadas as curvas de nível interpoladas a partir dos diferentes equipamentos topográficos e geodésicos. Nesse sentido, assim como na análise estatística, é possível observar que não há similaridade entre os dados coletados dos equipamentos GNSS de Navegação e o Nível Óptico.

A interpolação das curvas de nível é um método que permite estimar linhas imaginárias de altitude denominadas isolinhas, a partir de um conjunto de valores aleatórios conhecidos e pontuais (COELHO JUNIOR et al., 2014; MACHADO, 2015). LIMA et al. (2016) avaliaram diferentes interpoladores para modelagem de elevação em áreas costeiras (relevos mais íngremes) e inferiram que o método TIN foi o mais apropriado para a representação dos dados coletados no estudo devido as suas precisões e acurácias, classificadas como classe A do padrão de exatidão cartográfica (PEC), definido pelo decreto 89.817 de 20 de junho de 1984.

Na interpolação de pontos pelo método TIN com desníveis de 0,25 m, verificou-se no MDT do receptor GNSS de navegação, que a imprecisão dos dados quase gerou uma sobreposição nas isolinhas com altitude ortométrica de 722,8 m. Essa descaracterização do MDT altera toda a orientação de vertentes e, conseqüentemente, a direção de fluxo do escoamento superficial não se torna representativa com os gradientes do relevo.

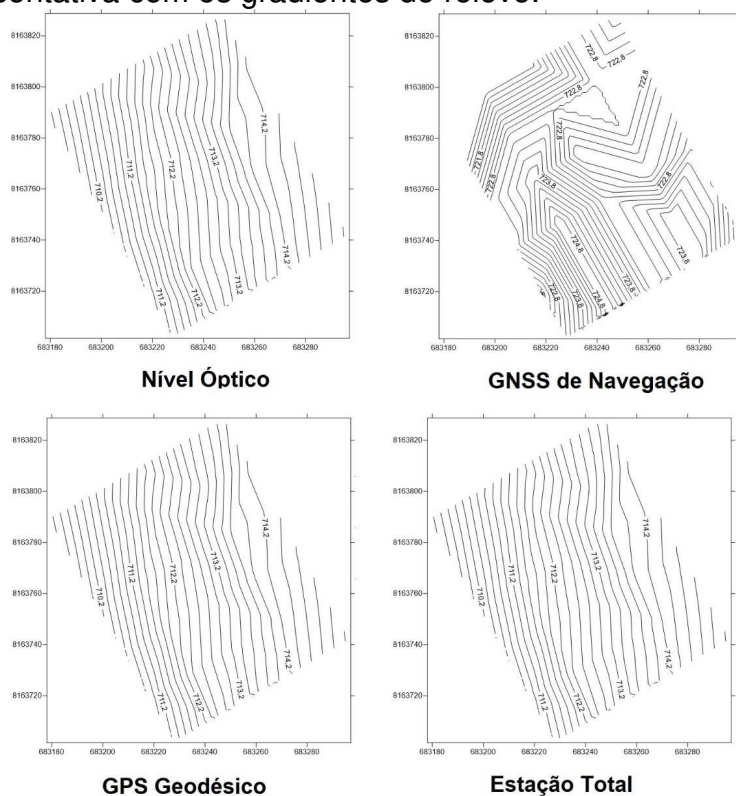


FIGURA 2 - Representações das curvas de nível.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Declividade

Os perfis longitudinais da Figura 3 foram gerados a partir do seccionamento das curvas de nível, tendo como referência a seção de maior altitude até a seção de menor altitude. A representação do perfil longitudinal é uma importante informação que subsidiam estudos geomorfométricos em relações análises físico-hídricas do solo.

Para FLORENZANO (2008), o comprimento de rampa e a variação influenciam no comportamento do escoamento superficial, determinando a velocidade do fluxo e o grau de confluência, tendo em vista a capacidade de remoção e transporte de partículas do solo. No que tange as práticas conservacionistas de solo, o estudo da inclinação do terreno, bem como a dinâmica da água influenciará nos procedimentos mecânicos como, por exemplo, a escolha do terraceamento (em nível ou gradiente), o tipo de base do terraço (curta, média ou larga) e o maquinário a ser utilizado.

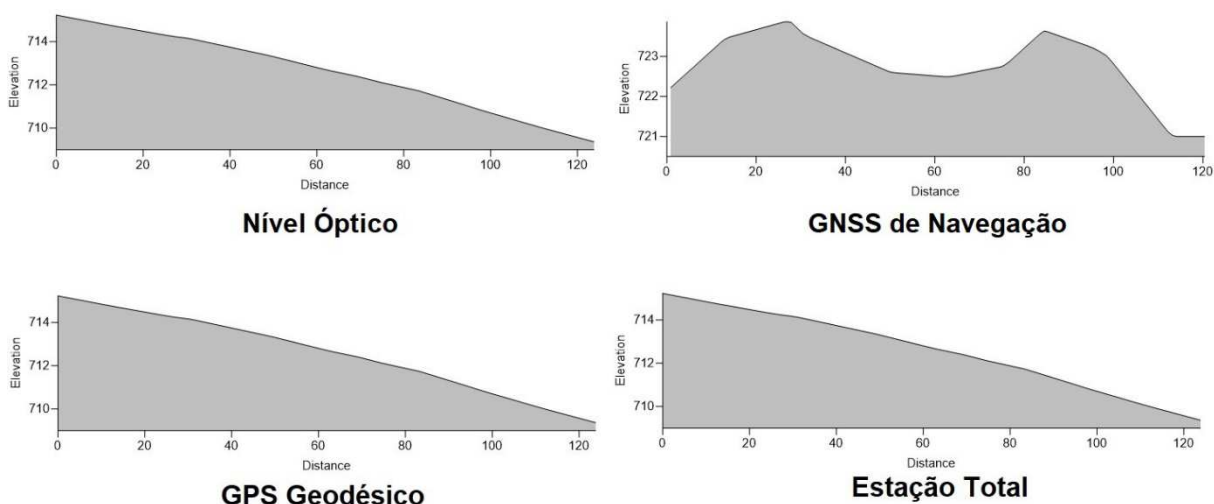


FIGURA 3 - Gráficos dos perfis longitudinais.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos perfis longitudinais, foi possível determinar para os equipamentos Nível Óptico, GPS Geodésico e Estação Total a declividade apresentou 2%, isto é, a área em estudo é classificada como plana conforme EMBRAPA (1979). Já para o aparelho GNSS de Navegação, determinou-se que a declividade média é de 6%, o que significa, por definição da EMBRAPA (1979), tratar-se de um terreno suavemente ondulado.

Na prática, em projeto de sistematização em cana-de-açúcar, as informações de declividade do terreno obtidas por meio do receptor GNSS de navegação são inaceitáveis, pois o MDT não é fidedigno com a realidade. Para BENEDINI & CONDE (2008), as sistematizações dessa cultura terão as sulcações reta, quando a declividade do talhão for inferior a 3% e entre 3% e 5%, a sulcação segue em nível. Em relação à colheita mecanizada, a inclinação máxima é de até 12%, dependendo do maquinário e a direção do sulco.

As informações altimétricas imprecisas obtidas pelo receptor GNSS de navegação caracterizou como *outlier* no que tange a sistematização proposta por BENEDINI & CONDE (2008), evidenciado pela ausência de sulcação em função das

faixas de declividades. No que concerne aos demais equipamentos, verificou-se por meio dos dados altimétricos obtidos que a área teria sulcação reta. No que concerne a gestão em usinas sucroalcooleiras, a precisão dos dados coletados e a fidedignidade da topografia local, oferecem subsídios na tomada de decisões, dando maior confiabilidade e segurança em decisões em relação ao ciclo da cana-de-açúcar, desde o plantio até a colheita.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste trabalho permitem inferir que os equipamentos de GPS Geodésico e Estação Total, ao não apresentarem diferenças significantes dos valores encontrados no Nível Óptico, podem ser utilizados para levantamentos altimétricos e os seus resultados estão aptos a serem utilizados em projetos agrícolas. Por outro lado, os dados altimétricos do receptor GNSS de navegação diferiu significativamente do Nível Óptico, demonstrando assim que este equipamento não apresenta as características necessárias para um levantamento altimétrico.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALLCOMP. **Nível Automático Kolida Série KL**. Porto Alegre: ALLCOMP, 2017. Disponível em: <http://www.allcompgps.com.br/content/produtos/cat_202.pdf>. Acesso em: 13 junho 2017.

BENEDINI, M. S.; CONDE, A. J. Sistematização para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **Revista Coplana**, Guariba, 2008. Disponível em: <<http://www.coplana.com/gxpxfiles/ws001/design/RevistaCoplana/2008/Novembro/pag23-24-25.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2016

COELHO JUNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. C. O. **Topografia Geral**. 1ª ed. Recife: UFRPE, 2014. 97 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião técnica de levantamento de solos , 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agricultura de precisão**: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. 596 p.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, G. (Ed.); DAVIS, C. (Ed.); MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2017.

GUIMARÃES, G. N.; CAMARGO, P. O. Potencialidade do GPS de navegação Garmin 12 XL utilizando um sistema de baixo custo. **Engenharia Agrícola**,

Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 300-310, mar./abr. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000200011>>. doi: 10.1590/S0100-69162014000200011. Acesso em: 27 maio 2017.

LIMA, F. G. F. de; AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T.; SANTOS, A. L. S. dos. Avaliação de métodos de interpolação na geração de modelos digitais de elevação de precisão em zonas costeiras de alta dinâmica sedimentar. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 3, p. 527-538, mar./abr. 2016.

MACHADO, J. Modelo digital do terreno através de diferentes interpolações do programa Surfer 12. **Revista GEAMA**, Recife, v.1, n.1, mar. 2015.

MAGELLAN. **ProMark™ 3 / ProMark3 RTK**: Reference Manual. San Dimas: Magellan Navigation, 2007.

MEDEIROS JÚNIOR, F. A. de; COSME, C. R.; MEDEIROS, F. Nivelamento utilizando o GPS. In: Simpósio Brasileiro de Ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação, 2., 2008, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2008.

PINTO, M. S.; CAMARGO, P. O.; MONICO, J. F. G. Influência da combinação de dados GPS e GLONASS no georreferenciamento de imóveis rurais. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 135-151, jan./mar. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702013000100009>>. doi: 10.1590/S1982-21702013000100009. Acesso em: 28 maio 2017.

SANTOS, R. de S.; BRAGA, J. O. F.; RAMOS, C. R. G.; LANÇAS, K. P. Utilização de Receptor de sinal de GPS de navegação como ferramenta de apoio à atividade agropecuária. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n. 1, p. 97-101, jan./mar. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n1p97-101>>. doi: 10.17224/EnergAgric.2016v31n1p97-101. Acesso em: 13 junho 2017.

SARAIVA, D. H. de O.; SILVA, A. K. P. da; SOUSA, D. M. L.; SILVA, R. W. B. F. da. Uso da estação total robótica como geotecnologia aplicada no monitoramento de barragens de rejeito. In: Simpósio de geotecnologias no pantanal, 6., 2016, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2016. p. 96-103.

SOUSA, T. P.; MAIA NETO, F. E.; SILVEIRA, L. R. S.; SOUSA NETO, E. P.; MELO, R. T. Análise comparativa de precisão entre equipamentos topográficos na determinação de medidas de distância. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 8, n. 1, p. 40-43, jan./dez. 2014.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamento de topografia**. Belo Horizonte-MG: Bookman, 2014. 324p.