

AVALIAÇÃO DE UM ALTÍMETRO PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

Marcelo Carazo Castro¹, Jean Santiago Sabença Esteves², Larissa Nunes Pereira Leite²

RESUMO: Informações altimétricas são importantes para a elaboração apropriada de projetos de sistemas de irrigação. Tais informações podem ser obtidas com altímetros barométricos que medem a pressão atmosférica e a correlacionam com a altitude do equipamento. Assim, este trabalho objetivou avaliar um altímetro barométrico digital, marca Inpelanyu, modelo C01705, para fins de irrigação. O trabalho foi realizado em uma poligonal aberta com 15 pontos, com desnível total de 50,007 m, no IFRJ *campus* Pinheiral. Com as altitudes dos pontos foram determinados os desníveis e comparados com aqueles obtidos em um nivelamento geométrico de precisão. Observou-se que a exatidão média das altitudes e dos desníveis foram, respectivamente, 10,587 m e 4,397 m, sendo 90 % dos erros esperados até o valor de 7,266 m. Esse erro implica em uma carga hidráulica adicional de 71 kPa, a qual, para não interferir na uniformidade de distribuição de água, exige que a pressão mínima de operação dos emissores seja de 355 kPa. Desta forma, o altímetro avaliado deve ser destinado para trabalhos preliminares de planejamento de sistemas de irrigação de média ou alta pressão, utilizando preferencialmente de desníveis ao invés de altitudes.

PALAVRAS-CHAVE: projeto hidráulico, nivelamento, topografia.

EVALUATION OF AN ALTIMETER FOR IRRIGATION PURPOSES

ABSTRACT: Altimetric information is important for the proper design of irrigation system. Such information can be obtained with barometric altimeters that measure the atmospheric pressure and correlate it with the altitude of the equipment. Thus, this paper intended to evaluate a digital barometric altimeter, brand Inpelanyu, model C01705, for irrigation purposes. The work was carried out in an open polygonal with 15 points, with total level difference of 50.007 m, at the IFRJ *campus* Pinheiral. With the altitudes of the points, the

¹ Prof., IFRJ *campus* Pinheiral, rua José Breves 550, CEP 27.197-000, Pinheiral-RJ. Fone (24) 33568202. e-mail: marcelo.castro@ifrj.edu.br.

² Discente do curso técnico em Meio Ambiente, IFRJ *campus* Pinheiral, Pinheiral-RJ.

level differences were determined and compared with those obtained in a precision geometric levelling. It was observed that the average accuracy of the altitudes and of the level differences were, respectively, 10,587 m and 4,397 m, with 90% of the expected errors up to the value of 7,266 m. This error implies an additional hydraulic load of 71 kPa which, in order not to interfere with the water distribution uniformity, requires the minimum operating pressure of the emitters to be 355 kPa. Thus, the altimeter evaluated should be used for preliminary planning works of medium or high-pressure irrigation systems, preferably using level differences rather than altitudes.

KEYWORDS: hydraulic design, levelling, surveying.

INTRODUÇÃO

A altimetria é importante em projetos de irrigação, pois permite determinar a altura manométrica de bombeamento, posicionar válvulas de drenagem e de alívio em adutoras, definir hidrozonas baseadas na declividade e estabelecer o *layout* das linhas laterais visando reduzir a diferença de pressão de operação (Clark, 2011). Além disso, a inclinação do terreno também influencia a distribuição de água na área irrigada por aspersão, observando-se um efeito mais significativo da pressão de operação e do espaçamento em áreas declivosas do que em áreas planas (Zhang et al., 2018).

Para obtenção das informações altimétricas, diversos instrumentos e métodos podem ser empregados. O uso de altímetros digitais permite a identificação imediata da altitude de pontos topográficos, possibilitando também a determinação de desníveis entre eles. Seu funcionamento se baseia no princípio da medição da pressão atmosférica, referente ao peso total da camada de ar existente entre o limite superior da atmosfera e o dispositivo, cujo valor diminui à medida que se aumenta a altitude (Tuler & Saraiva, 2014). A relação entre essas duas grandezas, pressão atmosférica e altitude, é apresentado na equação 1 (James, 1988).

$$P = 101,30 - 1,15 \cdot 10^{-2} * A + 5,44 \cdot 10^{-7} * A^2 \quad (1)$$

Em que,

P – pressão atmosférica, kPa;

A – altitude do equipamento, m.

O uso de altímetros barométricos oferece ainda a vantagem de trabalhos rápidos em grandes áreas (McCormac et al., 2016). Entretanto, faltam muitas vezes informações técnicas para auxiliar a utilização dos mesmos. Assim, este trabalho objetivou avaliar as características de um altímetro digital de baixo custo para aplicações no planejamento de sistemas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma encosta do IFRJ campus Pinheiral, com coordenadas médias de 22° 31' 21,22" S e 43° 59' 27,81" W, onde foram implantados 15 pontos (piquetes) demarcando uma poligonal aberta. Os desníveis entre pontos adjacentes foram determinados com um nível ótico-mecânico de precisão, marca Nikon, modelo AZ-2S, realizando nivelamento geométrico composto e contra-nivelamento. Para fins de comparação posterior, o desnível entre um marco de altitude conhecida de 372,963 m, situado no IFRJ *campus* Pinheiral nas coordenadas UTM 603.841,741 m leste e 7.509.153,402 m norte, quadrícula 23K, e o primeiro ponto foi também determinado e a altitude de cada ponto foi então calculada pelo transporte de altitudes ortométricas.

Foi utilizado um altímetro barométrico digital multifunção, marca Inpelanyu, modelo C01705 (Figura 1), determinando a altitude de cada ponto na primeira semana de maio de 2018, em um total de oito repetições, monitorando-se a temperatura do ar e a umidade relativa, dispondo o altímetro sempre em uma mesma altura em relação ao piquete. Para melhorar a resolução das determinações, configurou-se o altímetro para exibir a altitude em pés ao invés de metros. Imediatamente antes de iniciar os trabalhos, o altímetro era colocado sobre o marco de altitude conhecida e o respectivo valor era fornecido ao mesmo para sua calibração. O desnível entre os pontos foi calculado pela diferença entre suas respectivas altitudes em cada repetição, operação conhecida como nivelamento barométrico. As altitudes e desníveis assim obtidos foram avaliados em termos de precisão e exatidão utilizando-se a metodologia apresentada por Ogundare (2016). Calculou-se ainda o erro individual global máximo esperado dos desníveis barométricos ao nível de 90 % de probabilidade usando-se a equação 2, apresentada por McCormac et al. (2016), e seu valor foi utilizado na determinação da pressão mínima do emissor capaz de suportar este erro sem ultrapassar a variação de 20 % de sua pressão operacional a fim de não afetar significativamente a distribuição de água em parcelas irrigadas por emissores sem dispositivos compensadores de pressão (Trout &

Kincaid, 2007). Ou seja, a pressão operacional mínima de um emissor foi estimada em cinco vezes o valor do erro máximo esperado para os desníveis determinados com o altímetro ao nível de 90 % de probabilidade.

$$EP_{90} = \bar{E} + 1,6449 * \sigma \quad (2)$$

Em que,

EP_{90} - erro máximo da exatidão do desnível com 90% de probabilidade, m;

\bar{E} - erro médio da exatidão dos desníveis, m;

σ - desvio padrão da exatidão dos erros dos desníveis, m.



Figura 1. Altímetro barométrico utilizado nas avaliações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desnível total obtido com o nivelamento geométrico após correção, entre os 15 pontos, foi de 50,007 m, com erro altimétrico de 0,005 m e extensão da poligonal de 412,71 m.

Durante os testes com o altímetro, observou-se uma variação média da temperatura do ar de 2,7 °C e da umidade relativa de 7,6 %. Apesar da calibração prévia em marco de altitude conhecida, a amplitude dos valores das altitudes determinadas em um mesmo ponto variou entre 10,252 m e 35,070 m. Comastri & Tuler (1999) mencionam que a pressão atmosférica varia constantemente, em um mesmo ponto, em função das condições físicas da atmosfera, como temperatura do ar e umidade relativa, podendo chegar a variações de até 40 m. Desta

forma, as amplitudes observadas no trabalho mantiveram-se dentro da normalidade esperada para este tipo de instrumento.

A precisão e exatidão médias das altitudes obtidas com o altímetro nos 15 pontos foram, respectivamente, 9,762 m e 10,587 m. Os desníveis médios em relação ao ponto 1 obtidos no nivelamento geométrico e no nivelamento barométrico podem ser observados na Tabela 1, sendo que a média do desnível barométrico foi sempre inferior ao do respectivo desnível geométrico. As médias da precisão e exatidão dos desníveis dos nivelamentos barométricos foram, respectivamente, 3,603 m e 4,397 m. Assim, tanto na determinação das altitudes quanto na determinação dos desníveis, o uso do altímetro proporcionou melhor precisão do que exatidão, observando-se ainda que a determinação dos desníveis apresentou melhor exatidão que a determinação das altitudes.

Tabela 1. Resultados dos desníveis obtidos por trecho, tomando-se como referência o primeiro ponto, pelo nivelamento geométrico (DN geométrico) e pela média do nivelamento barométrico (DN barométrico), bem como da precisão e da exatidão médias deste último

Trecho	DN Geométrico (m)	Nivelamento Barométrico		
		DN Barométrico (m)	Precisão (m)	Exatidão (m)
1-2	0,625	-0,055	0,903	1,159
1-3	1,245	0,384	1,899	2,110
1-4	5,334	4,319	2,582	2,801
1-5	8,165	7,729	3,600	3,630
1-6	10,632	9,824	4,038	4,132
1-7	15,243	14,846	4,257	4,278
1-8	21,791	21,497	4,597	4,608
1-9	27,713	27,065	5,411	5,455
1-10	31,740	30,850	6,271	6,344
1-11	33,465	32,919	6,672	6,698
1-12	38,424	38,312	7,334	7,335
1-13	42,449	38,661	1,331	4,572
1-14	47,360	43,551	0,623	4,442
1-15	50,007	46,641	0,924	3,995

Analisando conjuntamente todos os erros individuais de exatidão dos desníveis de todos os trechos, observou-se um erro mínimo, médio e máximo de, respectivamente, 0,094 m, 3,154 m e 11,387 m, com desvio padrão de 2,500 m. Isso significa que 90 % dos erros esperados possuem valores de até 7,266 m, ou seja, a probabilidade de ocorrência de um erro maior que este é de uma a cada 10 medições, sendo esta a tolerância que deve ser dada às determinações de desnível. Tal valor implica em uma carga hidráulica de segurança de aproximadamente 71 kPa. Assim, a pressão mínima que um emissor deveria ter para

compensar exclusivamente esse erro é de 355 kPa. Isso seria atendido apenas com os sistemas de média ou alta pressão, como os sistemas autopropelidos, que requerem 700 kPa ou mais, bem como alguns tipos especiais de aspersão convencional e de microirrigação, que podem chegar até 400 kPa, excluindo-se, porém, os sistemas LEPA (*Low Energy Precision Application*) e a grande maioria dos sistemas de irrigação localizada (Solomon et al., 2007).

De forma geral, a grandeza e a variabilidade dos erros observados com o altímetro analisado estão de acordo com a afirmação de Comastri & Tuler (1999) e McCormac et al. (2016), os quais mencionam que os altímetros barométricos devem ser utilizados apenas em trabalhos preliminares ou de reconhecimento.

CONCLUSÕES

Nas condições de avaliação do altímetro utilizado, pode-se concluir que: a) o altímetro deve ser usado apenas em trabalhos expeditos de irrigação; b) deve ser feita mais de uma determinação por ponto; c) deve-se utilizar preferencialmente os desníveis determinados pela diferença de altitudes de uma mesma repetição; d) o altímetro deve ser preferencialmente utilizado em sistemas com emissores não compensados de pressão nominal mínima de 355 kPa, ou auto-compensados; e) em estimativas da altura manométrica total de conjuntos de bombeamento, deve-se considerar uma reserva de pressão de 71 kPa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLARK, M. D.; Irrigation Planning, Site Evaluation, and Design. In: STETSON, L.E.; MECHAM, B.Q. (Ed.). **Irrigation**. 6th. Fall Church: Irrigation Association, 2011. p. 75-89.

COMASTRI, J. A.; TULER, J. C. **Topografia: altimetria**. 3. ed. Viçosa: UFV, 1999. 200 p.

JAMES, L. G. N. **Principles of Farm Irrigation System Design**. New York: John Wiley and Sons, 1988. 543 p.

MCCORMAC, J.; SARASUA, W.; DAVIS, W. **Topografia**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 414 p.

OGUNDARE, J. O. **Precision Surveying**: the principles and geomatics practice. New Jersey: John Wiley and Sons, 2016. 668 p.

SOLOMON, K. H.; EL-GINDY, A. M.; IBATULLIN, S. R. Planning and System Selection. In: HOFFMAN, G. J. et al. (Ed.) **Design and Operation of Farm Irrigation Systems**. 2th. St. Joseph: ASABE, 2007. p. 56-75.

TROUT, T. J.; KINCAID, D. C. On-Farm System Design and Operation and Land Management. In: LASCANO, R. J.; SOJKA, R. E. (Ed.) **Irrigation of Agricultural Crops**. 2th. Madison: American Society of Agronomy, 2007. p. 133-180. (Agronomy Monograph, 30).

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 308 p. (série Tekue).

ZHANG, L.; HUI, X.; CHEN, J. Effects of terrain slope on water distribution and application uniformity for sprinkler irrigation. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**. Beijing, v. 11, n. 3, p. 120-125, 2018.