

POSICIONAMENTO CINEMÁTICO EM TEMPO REAL: QUALIDADE E VIABILIDADE PARA FINS DE LOCAÇÃO DE OBRAS

GUILHERME SUTIL GABRIEL¹, DAVID LUCIANO ROSALEN²

¹Graduando em Agronomia, Depto. Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP), Jaboticabal-SP, Fone: (0xx18) 3209-7286, sutilil@hotmail.com. ²Professor, Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Sistemas GNSS têm diferentes aplicações, dentre elas a locação de obras; sendo que esta ainda não é muito utilizada na realidade brasileira. Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do posicionamento RTK para fins de locação de uma obra de pequeno porte. O receptor utilizado foi da marca Trimble, modelo R6. Foi criado um projeto digital baseado em uma planta de fundações e este foi inserido na planta digital da área experimental. Utilizando-se do posicionamento RTK, as estacas do projeto de fundações foram localizadas. Após a locação, foram medidas as distâncias entre as estacas com trena e estas foram comparadas com as distâncias originais no projeto de fundações, para fins de determinação do erro de locação. Esse erro foi, posteriormente, comparado com o erro declarado pelo fabricante para o posicionamento RTK. O erro de locação obtido no trabalho foi de (9 ± 1) mm e este não apresentou diferença significativa em relação ao erro previsível de 11 mm. Dessa forma, esses resultados indicaram que o método RTK para fins de locação de obra mostrou-se adequado para essa finalidade. O método mostrou-se de fácil operacionalidade, desde que o técnico responsável pelo trabalho tenha adequado treinamento.

PALAVRAS-CHAVE: RTK, GNSS, Acurácia

REAL TIME KINEMATIC: QUALITY AND VIABILITY IN SITE SETTING OUT

ABSTRACT: GNSS systems reached several branches, among them the site setting out; that the last one isn't widely used in the Brazilian reality. Knowing the fact, this study aimed evaluate the RTK positioning in a site setting out of a small work. The receiver used was of Trimble brand, R6 model. A digital project has been made and added to the map of the experimental area. Using the set operating with RTK, the project's foundation stakes were located in the field. After the site setting out, the distances between stakes were measured using a measuring tape and these were compared to the original project distances, in order to determine the topographical work location error. This error was compared to the error declared by the equipment's manufacturer for the RTK positioning. The obtained error, of (9 ± 1) mm did not differed statistically from the error tolerance for the equipment, which in this case, was 11 mm. Thus, these results indicated that the RTK method is adequate for topographical work location, as well as presenting an easy operability, since the technical responsible for the job has an adequate training.

KEYWORDS: RTK, GNSS, Accuracy

INTRODUÇÃO: Com o desenvolvimento dos sistemas de navegação via satélites e os avanços tecnológicos dos receptores do Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS), a utilização desta tecnologia atingiu vários segmentos da engenharia, como a agricultura de precisão, a navegação, o rastreamento de veículos e a locação de obras. A locação de uma obra consiste em transmitir informações de um projeto, seja ele em formato digital ou analógico, demarcando no terreno os pontos de importância da obra a ser realizada, como por exemplo, as estacas do projeto de fundações. Com relação à locação de obras, na construção civil brasileira, o uso de posicionamento por satélites ainda

não é muito utilizado para obras de porte médio ou inferior. São, usualmente, utilizados métodos com menor grau de tecnologia e, muitas vezes, com rendimento operacional inferior. Destaca-se que dentre os diferentes métodos de posicionamento GNSS, o posicionamento relativo cinemático, tem como observável fundamental, a fase da onda portadora, podendo também utilizar as pseudodistâncias; nesse método é fundamental a solução das ambiguidades para alcançar a qualidade centimétrica e os dados obtidos podem ser pós-processados ou processados durante o próprio trabalho de campo (processamento em tempo real), neste último caso é necessário que os dados coletados na estação de referência sejam transmitidos para a estação móvel por meio de algum recurso de comunicação, como um *link* de rádio; esse posicionamento em tempo real é denominado de RTK - *Real Time Kinematic* (MONICO, 2008; LANGLEY, 1995). Dentro deste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho do posicionamento RTK numa locação de obra de pequeno porte, avaliando sua qualidade e viabilidade nessa operação.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi realizado numa área experimental próxima ao Departamento de Engenharia Rural (DER) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV), utilizando *softwares* e equipamentos do Núcleo de Geomática e Agricultura de Precisão (NGAP) localizado no DER/FCAV. A partir de um projeto de fundações de uma edificação de pequeno porte, em formato analógico, foi elaborado um desenho em formato digital com a disposição das 37 estacas presentes no projeto original (Figura 1).

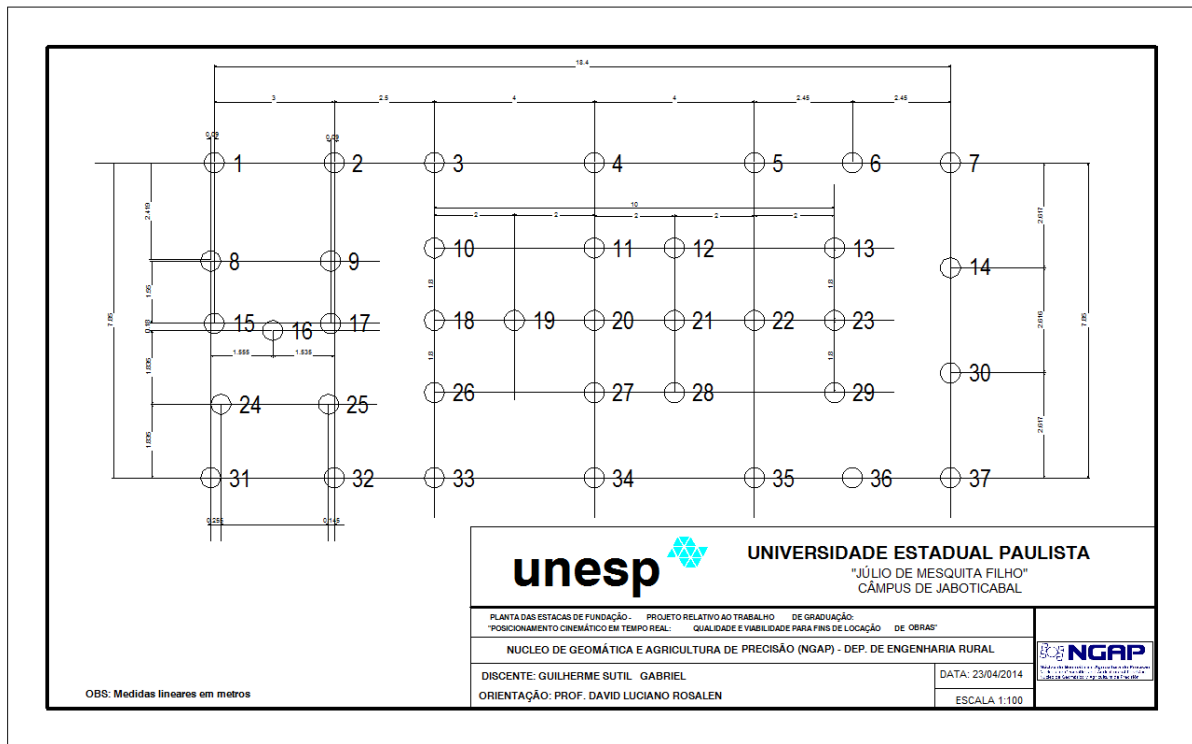


FIGURA 1. Planta do projeto de fundações utilizado no experimento.

Posteriormente, foi realizado o levantamento planimétrico cadastral de uma área relativamente plana e de proporções suficientes para a locação do projeto de fundações selecionado. O levantamento dessa área, situada nas proximidades do DER/FCAV, foi realizado utilizando-se de uma estação total, marca Leica, modelo TS15 de precisão angular de $\pm 3''$ e linear de $\pm (1 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm km}^{-1})$. Os dados coletados pela estação total foram exportados para um computador e por meio do *software* DataGeosys, gerou-se a planta planimétrica cadastral da área. Na planta planimétrica da área experimental foi inserido o projeto de fundações anteriormente elaborado, no qual se encontrava a disposição das 37 estacas do projeto de fundações da obra. Essa planta foi georreferenciada a partir de estações geodésicas presentes na área e as coordenadas das 37 estacas foram exportadas para a controladora TSC4, da marca Trimble para dar prosseguimento a locação destas. A locação das estacas

foi realizada utilizando-se do método de posicionamento RTK utilizando-se do receptor GNSS marca Trimble, modelo R6, de precisão horizontal igual a $\pm (8 \text{ mm} + 1 \text{ mm km}^{-1})$ e vertical de $\pm (15 \text{ mm} + 1 \text{ mm km}^{-1})$ em conjunto com a controladora TSC4. Durante a operação de locação, foi montada a antena receptora base (Figura 2a) na estação geodésica SAT 93901 numa altura de 0,38 m e a antena receptora móvel foi montada num bastão de fibra de carbono com 2 m de altura (Figura 2b).

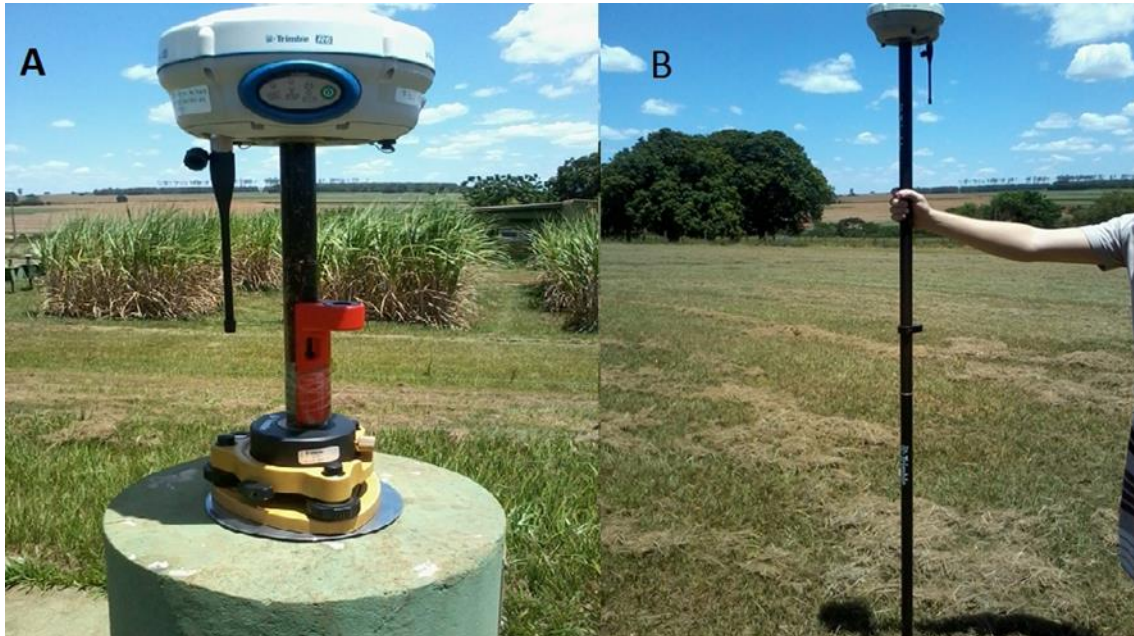


FIGURA 2. Conjunto GNSS Trimble R6, estação base (a) e estação móvel (b).

Através da controladora TSC4 a posição de cada uma das 37 estacas foi determinada e estas posições foram materializadas por meio de piquetes de madeira. O tempo gasto para a locação de cada piquete foi cronometrado para fins de posterior avaliação da operacionalidade do método. Com todas as estacas da obra locadas, foi feita a medição das distâncias entre estacas utilizando-se de uma trena de aço. Foram feitas um total de 42 medições. Essas distâncias foram comparadas com as distâncias do projeto original de fundações, determinando-se dessa forma os respectivos erros de locação. Esses erros foram comparados com a expectativa de erro prescrita pelo fabricante, aplicando-se o Teste Z de comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 exhibe os resultados da avaliação da locação. Nessa tabela encontram-se os 42 alinhamentos avaliados e suas respectivas medidas no projeto original (D_p) e em campo (D_t), assim como a diferença absoluta entre essas medidas (ΔD). Cada linha é designada pela respectiva estaca inicial e final do projeto de fundações.

TABELA 1. Distâncias, em metros, entre duas estacas medidas na planta digital (Dp) e medidas no campo (Dt) e as respectivas diferenças absolutas entre essas medidas (ΔD).

Linha	Dp			Linha	Dt		
	(m)				(m)		
01-02	3,000	3,010	0,010	34-35	4,000	3,997	0,003
02-03	2,500	2,480	0,020	35-36	2,450	2,455	0,005
03-04	4,000	4,020	0,020	36-37	2,450	2,460	0,010
04-05	4,000	4,000	0,000	01-08	2,450	2,460	0,010
05-07	4,900	4,905	0,005	08-31	5,400	5,390	0,010
08-09	3,000	2,990	0,010	02-17	4,001	4,020	0,019
10-11	4,000	3,970	0,030	25-32	1,841	1,835	0,006
11-12	2,000	2,030	0,030	10-18	1,800	1,800	0,000
12-13	4,000	3,970	0,030	18-26	1,800	1,785	0,015
15-17	2,910	2,935	0,025	11-20	1,800	1,810	0,010
18-19	2,000	2,000	0,000	20-27	1,800	1,790	0,010
19-20	2,000	2,010	0,010	12-21	1,800	1,795	0,005
20-21	2,000	2,000	0,000	21-28	1,800	1,810	0,010
21-22	2,000	2,005	0,005	13-23	1,800	1,810	0,010
22-23	2,000	1,990	0,010	23-29	1,800	1,797	0,003
26-27	4,000	4,000	0,000	07-14	2,617	2,610	0,007
27-28	2,000	2,000	0,000	14-30	2,616	2,625	0,009
28-29	4,000	4,010	0,010	30-37	2,617	2,625	0,008
31-32	3,090	3,080	0,010	03-10	2,125	2,123	0,002
32-33	2,500	2,500	0,000	26-33	2,125	2,125	0,000
33-34	4,000	4,006	0,006	34-37	8,900	8,912	0,012

Considerando-se a média das diferenças de distância como Erro Médio Quadrático (EMQ), o EMQ obtido na locação das estacas através do posicionamento RTK foi de (9 ± 1) mm. Tanajura et al.(2011) analisaram as acurácias de diferentes equipamentos e métodos em um levantamento de um esporão arenoso localizado na Ilha do Mel, município de Paranaguá, PR. Nesse trabalho avaliaram a solução RTK utilizando-se de um receptor Leica 1200, com uma base situada a, aproximadamente, 700 m de distância. Nessas condições, esses autores obtiveram um EMQ para a componente Norte de 3 mm e para a componente Este de 7 mm, com uma resultante de aproximadamente 8 mm. Portanto, resultado semelhante ao obtido no presente trabalho. Baseando-se nas especificações técnicas do equipamento utilizado na locação, considerou-se o valor de 11 mm como a Tolerância de Erro para as medidas de distância entre estacas no experimento, isto é para o erro médio de locação ou EMQ. O Teste Z de comparação de médias, a um nível de 99% de confiança, não indicou diferença estatística entre o EMQ (9 mm) e a Tolerância de Erro (11 mm), indicando que a operação de locação não apresentou erro acima da expectativa prevista pelo fabricante. Com relação à operacionalidade, a média de tempo gasto para o rastreamento de um ponto foi de 45 s e para a implantação de um piquete foi de 44 s, totalizando cerca de 1 h para a locação completa das 37 estacas, tempo relativamente curto. Destaca-se que o operador da locação não tinha experiência anterior na operação de receptores GNSS e/ou *softwares* específicos para essa finalidade, porém com o treinamento adequado foi capaz de realizar todo o procedimento de campo e escritório no tempo citado.

CONCLUSÕES: A utilização da tecnologia RTK para fins de locação de obra foi adequada, visto os erros residuais apresentados. O tempo e a operacionalidade do método mostra-se viável, vista a facilidade no manuseio dos equipamentos e *softwares* envolvidos no processo, desde que o técnico responsável pelo trabalho tenha adequado treinamento.

REFERÊNCIAS

- LANGLEY, R. RTK GPS. **GPS World**, Setembro 1995.
- MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2.ed. Ed. São Paulo:Editora UNESP, 2008. 475p.
- TANAJURA, E. L. X., KRUEGER, C. P. Análise da acurácia dos métodos cinemáticos de posicionamento GPS em aplicações costeiras. **Bol. Ciênc. Geodésia**, Curitiba, v. 17, n. 1, p.23-36, jan.mar. 2011.