

EQUIPAMENTOS DE GEOMENSURA NA LOCAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE OBRAS

FABIO SANTUARIO¹, ADRIANE BRILL THUM²

¹Eng. Civil, UNISINOS, São Leopoldo-RS, fabios1992@hotmail.com;

²Prof. Dr^a. da Escola Politécnica, UNISINOS, São Leopoldo-RS, adrianebt@unisinobr.br.

RESUMO: Com a evolução constante das técnicas construtivas e dos equipamentos topográficos e geodésicos, torna-se fundamental o acompanhamento e monitoramento das edificações durante a execução. O monitoramento visa garantir a precisão dimensional de seus elementos estruturais e compatibilização com os demais projetos existentes, o que motivou o trabalho que tem o intuito de demonstrar através de estudos de caso, a importância de executar trabalhos topográficos aliados à construção civil por intermédio de aparelho de precisão, na fase de locação e durante a execução. Os estudos de caso foram realizados no município de Garibaldi/RS e retratam situações em que a topografia se faz necessária nas obras, utilizando diferentes equipamentos de precisão e comparando eles com métodos artesanais, ressaltando a importância da melhor escolha. A utilização de trena para conferência entre as medidas locadas com Estação Total, auxiliou na percepção dos resultados. Constatou-se nos estudos de caso apresentados para locações de elementos estruturais, acompanhamento de obras, monitoramentos e conferências que a Estação Total tem melhor precisão em comparação aos demais equipamentos (na ordem de milímetros), além de se encaixar nos parâmetros das Normas Técnicas. O receptor GNSS registrou valores com precisão centimétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Construção. Engenharia. Precisão. Topografia.

GEOMENSURE EQUIPMENT FOR LOCATION AND CONSTRUCTIONS MONITORING

ABSTRACT: With the constant evolution of construction techniques and topographic and geodetic equipments, monitoring buildings during execution is essential. Monitoring aims to guarantee the dimensional accuracy of its structural elements and compatibility with other existing projects. This article intends to demonstrate through case studies, the importance of performing topographic jobs combined with civil construction through precision equipment, during the location and during the execution. The case studies were conducted in the municipality of Garibaldi / RS and portray situations in which the topography is necessary in the works, using different precision equipment and comparing them with handcrafted methods, emphasizing the importance of the best choice. The use of measuring tape for checking between measures located with Total Station, helped in the perception of the results. In the case studies presented for the structural elements location, works monitoring and conferences, the Total Station has better precision compared to other equipment (in the order of millimeters), in addition to fitting the Technical Standards parameters. The GNSS receiver recorded values with centimeter accuracy.

KEYWORDS: Construction. Engineering. Precision. Topography.

INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta-se como uma das áreas com impacto financeiro significativo dentro da economia dos países, devido à geração de empregos, participação de outras empresas durante o processo de construção e utilização futura do empreendimento. Como em qualquer área de atuação, busca-se na Engenharia Civil a máxima qualidade e excelência durante a execução das edificações, além de cumprir as metas no menor tempo possível.

De acordo com situações presenciadas pelo autor, percebe-se que na maioria das edificações verticais em pequenas cidades do Rio Grande do Sul a utilização de métodos tradicionais é comum. A locação de obras, nestes casos, ocorre com a utilização de trena e régua com nível bolha. Devido às dificuldades impostas pelos terrenos, aliadas à um processo artesanal de execução e ao levantamento topográfico ser considerado algo caro e desnecessário pelos

empreiteiros, acarreta em obras com defeitos construtivos, incluindo erros de prumo nos pilares, paredes fora de esquadro e dimensões divergentes do projeto, que poderiam ser minimizados com o emprego de técnicas e instrumentos que visem maior qualidade e precisão, fazendo do uso da tecnologia um investimento indispensável, e não um gasto. (Figueredo et al., 2021).

Em algumas construções, principalmente onde são utilizadas peças pré-moldadas e estruturas metálicas, é necessário um encaixe perfeito entre esses elementos e o que foi executado *in loco*, como por exemplo na interface entre parafusos de chumbadores dos pilares concluídos com os furos das estruturas a serem instaladas. Caso contrário, será necessário alterar as características desses elementos para que sejam compatíveis com o que foi executado. Com a evolução constante das técnicas construtivas, juntamente com a implementação de equipamentos topográficos e geodésicos, torna-se fundamental o acompanhamento e monitoramento das edificações durante sua execução, garantindo precisão dimensional de seus elementos estruturais e compatibilização com os projetos existentes.

O objetivo do presente trabalho é demonstrar a importância de se executarem trabalhos topográficos aliados à construção civil por intermédio de aparelhos de precisão, na fase de locação e durante a execução, identificando o melhor equipamento a ser utilizado para cada caso.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada no presente trabalho baseia-se na associação de conceitos teóricos aos estudos de caso na prática para um entendimento da situação existente no local, com acompanhamento de forma presencial e/ou participando da execução de serviços topográficos, além de realizar conversas com profissionais da construção civil, mestres de obras e topógrafos, onde obteve-se informações acerca dos métodos construtivos empregados e das dificuldades encontradas para se executar determinadas estruturas que compõem as edificações.

Para a realização dos estudos de caso, utilizou-se para locação e acompanhamento das obras a Estação Total de modelo *Trimble M3*, que, de acordo com o fabricante, possui precisão angular de 2", precisão linear de 2mm + 1 ppm e leitura sem prisma. Foram necessários, ainda, equipamentos auxiliares como o tripé de alumínio, bastão telescópico com prisma, mini prisma e trena de fibra de vidro.

Para efeito de comparação com a Estação Total, utilizou-se a trena de fibra de vidro devidamente aferida e alguns equipamentos de precisão GNSS. Os equipamentos de tecnologia GNSS utilizados foram o *Topcon Hiper GD/GGD*, com precisão horizontal de 3mm + 1 ppm no modo estático, e o *Spectra Precision SP60*, no modo estático pós-processado (precisão horizontal de 3mm + 0,5 ppm) e cinemático em tempo real (precisão horizontal de 8mm + 1 ppm), conforme os fabricantes.

Foram identificadas situações ou problemas relacionados à locação ou acompanhamento de obras, citando as falhas nas quais podem ser incluídas as divergências entre projeto e execução, erros de prumo, esquadro, nivelamento, entre outros, destacando a possibilidade de serem necessários reparos ou demolições destas estruturas, o que acabou acarretando um impacto financeiro não previsto. Através de análise comparativa, relacionaram-se cadastros em obras realizados com trena de fibra de vidro, equipamentos GNSS e com Estação Total, ressaltando as divergências encontradas e seu impacto na operação dos empreendimentos ou equipamentos a serem implementados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma edificação localizada na cidade de Garibaldi/RS, foi realizada durante a sua execução a locação de pilares com Estação Total sobre cada uma de suas lajes. A obra é constituída por uma estrutura de concreto armado, com pilares e vigas concretados *in loco*, e lajes em concreto protendido alveolar. São dois blocos (A e B), sendo que cada um destes possui dois pavimentos destinados à garagem, um mezanino, cinco pavimentos tipo, cobertura e laje técnica (reservatório).

Com base em um levantamento planialtimétrico, foi elaborado o projeto da obra. Com isso, o perímetro da obra e os níveis para terraplenagem foram implantados no local. Após o término da terraplenagem, executou-se a locação das sapatas com auxílio de um gabarito. Para a locação e acompanhamento da obra durante sua execução, definiu-se dois pontos topográficos, um destes era um piquete onde foi instalada a Estação Total com tripé à Oeste da obra e o outro era uma visada de ré fixa, situada no topo de uma igreja (para-raios) à Leste. Realizou-se a visada no para-raios obtendo-se o azimute para a locação da obra. Rotacionou-se o equipamento apenas em torno do eixo horizontal para instalar uma vante no centro da laje a ser locada/conferida. O centro da laje do presente estudo de

caso foi definido através da intersecção entre o eixo longitudinal Norte-Sul da obra e o alinhamento formado entre a base e a ré, evitando-se girar o equipamento em torno do eixo vertical.

Instalou-se o equipamento no ponto implantado no centro da laje para iniciar a locação. Marcou-se três pontos para cada pilar, relativos aos seus eixos (x e y), sendo dois pontos paralelos ao comprimento e um ponto paralelo à largura do mesmo. Posteriormente, locou-se três eixos principais, ortogonais entre si e distribuídos ao longo da extensão da laje, sendo um no sentido Sul-Norte e dois no sentido Oeste-Leste (Eixo E1 e E2). Com o término da locação com Estação Total, efetuou-se uma conferência deste serviço, a fim de se estimar sua precisão. Puxou-se uma trena de fibra de vidro, anteriormente aferida, entre os eixos principais e os eixos locados em cada pilar, conferindo-se com o projeto de locação. Todas as medidas conferidas se mantiveram dentro de uma tolerância de 3mm.

De acordo com a ABNT NBR 8798 (1985) e ABNT NBR 14931 (2004), os elementos estruturais, que forneceram alinhamentos para a elevação das alvenarias, foram executados dentro das tolerâncias previstas em relação ao posicionamento. Ainda, esses pequenos erros podem ter ocorrido na centragem e operação da Estação Total, na pintura com marcador permanente ou nas dificuldades impostas pelo uso da trena, onde se incluem falhas no nivelamento e incidência de vento. (Espartel, 1987; Silva & Segantine, 2015). O uso de trena para fins de conferência da locação mostrou-se um método eficiente pois o resultado da locação pode ser visualizado de uma forma mais intuitiva.

Após, foi feita a utilização de equipamento GNSS para estimar sua precisão em um serviço que demanda erros na ordem de milímetros, conforme a ABNT NBR 8798 (1985) e ABNT NBR 14931 (2004). Após a locação e conferência com trena, inseriu-se a locação da obra em um equipamento RTK, no sistema UTM SIRGAS 2000. A base dele foi instalada em um local livre de interferências. Conferiu-se alguns alinhamentos anteriormente locados com Estação Total, posicionando-se o receptor (*rover*) sobre eles, atendo-se quanto ao prumo do equipamento num período de aproximadamente 10 segundos.

Constatou-se na análise dos pontos que a distância de deslocamento apontada pelo aparelho em relação a locação anterior ficou entre 3,3 e 4 cm. No momento, a coletora indicava uma precisão horizontal de 0,7 cm, ou seja, as diferenças no posicionamento dos elementos estruturais ficaram em média entre 2,6 e 4,7 cm. Conforme Rosa et al. (2014), essa divergência pode ter se originado por erros de multicaminhamento, sendo que no local existe um desnível acentuado e algumas edificações próximas. Ainda, conforme Alves (2008), a mal distribuição de satélites (geometria) quando os dados foram obtidos pode produzir um deslocamento destes pontos para um mesmo lado, como observado. Verifica-se então que o RTK não é indicado para ser utilizado neste local. Em situações que demandam uma precisão menor, como levantamentos iniciais e serviços de terraplenagem, aliado à sua maior produtividade, sua implementação é uma alternativa. (Monico et al., 2010).

No mesmo pavimento, o RTK foi utilizado de outra forma, onde foi proposto um cadastro geral da situação locada anteriormente com a Estação Total. Essas informações foram pós-processadas em *software* computacional, a fim de verificar a eficiência da metodologia utilizada, comparando-se com a locação existente. A base do RTK permaneceu instalada no mesmo local do caso anterior utilizando tripé, e o *rover* foi empregado para o cadastro das informações, observando-se o prumo correto do bastão. Finalizado o cadastro, transferiu-se as informações para o computador e realizou-se o devido processamento, onde as coordenadas foram transformadas para Plano Topográfico Local. Este arquivo foi sobreposto ao projeto de locação com auxílio do AutoCAD, para possibilitar a visualização dos deslocamentos entre os dois métodos topográficos, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Diferenças entre Estação Total x RTK (unidade: m).

Elemento verificado	Deslocamento encontrado ao longo do alinhamento/face
Eixo principal Sul-Norte locado	-0,003 à -0,015
Eixo principal Oeste-Leste (E1) locado	0 à -0,003
Eixo principal Oeste-Leste (E2) locado	+0,004 à + 0,006
Elevador - Face Norte executada	0 à -0,006
Elevador - Face Sul executada	+0,023 à +0,027
Elevador - Face Leste executada	+0,011 à +0,049
Elevador - Face Oeste executada	+0,026

Com o pós-processamento realizado, alguns deslocamentos obtidos foram menores em relação aos valores indicados pelo RTK em tempo real, *in loco*. Apesar da proximidade entre essa metodologia proposta e a locação com Estação Total, os resultados em geral estão fora da tolerância necessária para este tipo de serviço, pois de acordo com a ABNT NBR 8798 (1985), a execução da alvenaria, que é alinhada no sistema estrutural, estaria em desacordo com o projeto de locação.

Outra dificuldade imposta pela escolha do pós-processamento como metodologia é a necessidade de se realizar a locação em duas etapas. Torna-se necessário implantar alguns pontos de referência na obra, cadastrá-los, pós-processar, transformar em Plano Topográfico Local e, através de uma comparação destas informações com o projeto de locação, obter os deslocamentos a serem impostos a estes pontos a fim de corrigir sua posição.

No Bloco A da edificação apresentada nos casos anteriores, realizou-se a conferência da posição e prumo de alguns pilares situados na face Norte e Leste da mesma. Com a conclusão da estrutura de concreto armado, foi proposta essa verificação a fim de determinar se a obra ficou devidamente no prumo. A Estação Total foi instalada em um local de coordenadas conhecidas, com visibilidade para todos os pilares a serem medidos. Locou-se os alinhamentos da face deles, de acordo com o projeto de locação, onde deveriam coincidir com o executado.

Os deslocamentos podem ser observados na Tabela 2, apresentando desaprumos de no máximo 1 cm entre base e topo dos pilares analisados, e um deslocamento em relação ao projeto entre 0,2 e 1,3 cm, dentro da tolerância prevista pela ABNT NBR 14931 (2004).

Tabela 2. Diferenças entre projeto e execução (unidade: m).

Pilares	Altura do ponto cadastrado	Deslocamento	Desaprumo
Pilar P47 (Face Norte)	3,20	-0,010	0,003
	19,40	-0,013	
Pilar P51 (Face Norte)	3,20	+0,002	0,010
	19,40	+0,012	
Pilar P25 (Face Leste)	3,20	+0,004	0,000
	19,40	+0,004	
Pilar P41 (Face Leste)	3,20	-0,003	0,000
	19,40	-0,003	

Verificou-se que não houve a transferência de erros consideráveis na prumagem da estrutura. A não propagação de erros possibilita uma verticalização adequada da obra, respeitando também os recuos impostos pela Legislação Municipal quanto ao posicionamento em relação às divisas do lote.

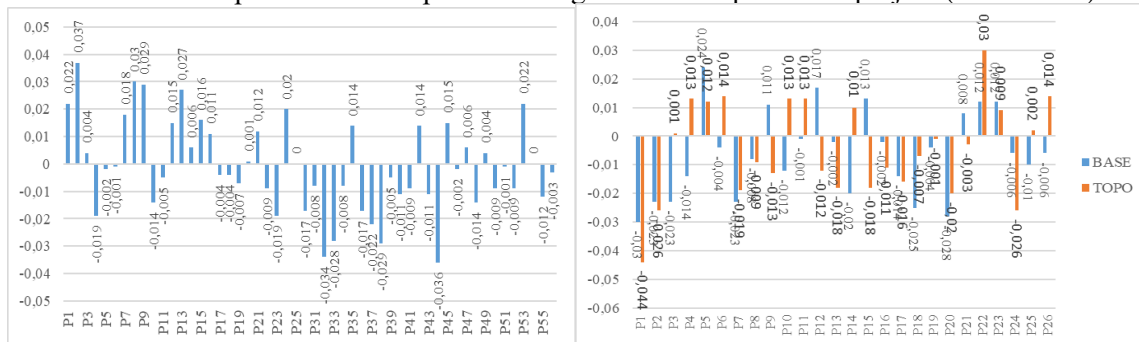
Em outra edificação existente próxima ao local, relativa à um pavilhão industrial, foram locados os eixos das fundações sobre os gabaritos. Nestes castiçais, já executados, foram implantados pilares pré-moldados em concreto armado, com aproximadamente 10 m de comprimento cada. Através do uso de 2 Estações Totais ortogonais aos eixos de cada pilar, estes foram devidamente prumados e locados. Uma semana após sua implantação, foi realizada uma escavação internamente ao pavilhão. Após, durante a instalação das tesouras metálicas da cobertura, houve a necessidade de aumentar o diâmetro dos furos para esta ser inserida nos chumbadores situados no topo dos pilares, ou seja, o posicionamento dos pilares não estava de acordo com o projeto pois as tesouras foram usinadas com um elevado controle de qualidade. Devido à ocorrência dessas divergências entre estrutura metálica e estrutura de concreto pré-moldado, foi solicitada a conferência do prumo dos pilares pré-moldados.

Para tal, cadastrou-se duas coordenadas em cada pilar, uma na base e outra no topo, obtendo-se a posição, prumo e vão entre cada pórtico. Este estudo foi realizado com Estação Total, com leituras diretamente na face dos pilares com o laser. Cada pórtico era composto por dois pilares com um vão de 16,70 m entre eles, totalizando 26 pórticos e 52 pilares. Com base nestes deslocamentos, foi calculada a distância real entre pórticos, a diferença em relação ao projeto e o prumo de cada pilar. No Gráfico 1, a seguir, observam-se os desaprumos encontrados em cada pilar, e no Gráfico 2 observam-se as diferenças dos vãos internos de cada pórtico na base e topo em relação ao projeto.

Com os dados obtidos, foram constatadas diferenças no prumo dos pilares entre 0 e 3,7 cm e nos vãos dos pórticos de 1 mm a 4,4 cm. Esses valores representam uma dificuldade para a montagem da estrutura metálica, justificando a necessidade de aumentar o diâmetro dos furos. A escavação realizada internamente ao pavilhão, aliada ao pouco tempo para cura do concreto dos castiçais, pode

ter contribuído para a movimentação destes, e por consequência, dos pilares pré-moldados. Também será instalada uma ponte rolante no local, tornando-se fundamental a realização deste serviço.

Gráfico 1 e 2. Desaprumo em cada pilar e Divergências entre pórticos e projeto (unidade: m).



CONCLUSÃO

Como pode ser observado nos estudos de caso, a locação de pilares com Estação Total sobre cada uma das lajes induz à uma boa exatidão no posicionamento da edificação, minimizando a propagação de erros de sua base para o topo. A utilização de trena para conferência entre as medidas locadas com Estação Total auxiliou na percepção dos resultados. Através da comparação entre métodos e equipamentos, verifica-se uma incerteza nos resultados apresentados pelos aparelhos GNSS neste tipo de serviço, não atingindo valores confiáveis para o posicionamento dos elementos estruturais. A utilização de equipamentos GNSS deve ser analisada, buscando instalar os receptores em locais visivelmente livres de obstáculos e com uma geometria de satélites adequada.

Uma locação em desacordo com o definido em projeto impacta negativamente na qualidade, na precisão dimensional e na execução das etapas subsequentes. Em paralelo à evolução tecnológica e industrial na construção civil, torna-se necessário um constante monitoramento das edificações durante o seu processo construtivo, garantindo precisão dimensional dos elementos estruturais ao término da obra. Com base nos resultados obtidos, ressalta-se a importância da escolha da Estação Total para locações e acompanhamento de obras de construção civil, minimizando a incidência de erros construtivos, diminuindo a possibilidade de geração de impactos financeiros desnecessários e cumprindo os prazos pré-estabelecidos para a conclusão e entrega dos empreendimentos.

REFERÊNCIAS

- Alves, D. B. M. Posicionamento baseado em redes de estações de referência GPS utilizando o conceito de estação virtual. Presidente Prudente: UNESP, 2008. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas).
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14931 - Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 8798 - Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- Espartel, L. Curso de topografia. 9.ed. Rio de Janeiro: Editora GLOBO, 1987. 656p.
- Figueredo, R. H. B.; Matias, F. E. da S.; Silveira, B. D. A. da; Vasconcelos, R. T. F. de; Júnior, A. M. de S. Comparação do desempenho de levantamentos topográficos planimétricos realizados sob o uso de Vant e Estação Total. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 7, 2021, Brasília. Anais... Brasília: CONFEA, 2021.
- Monico, J. F. G.; Barbosa, E. de M.; Alves, D. B. M.; Oliveira, L. C. de. Integridade no Posicionamento RTK e RTK em Rede. Bulletin of Geodetic Sciences, v.16, n.4, p.589-605, 2010.
- Rosa, G. O. L.; Perez, L. de O. R.; Barbosa, L. G. Avaliação da performance de receptores GNSS e softwares de vários fabricantes em locais com mata. In: Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, 11, 2014, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2014.
- Silva, I. da; Segantine, P. C. L. Topografia para engenharia: teoria e prática de geomática. 1.ed. Rio de Janeiro: Editora ELSEVIER, 2015. 412p.