

LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA FINS DE LOTEAMENTO UTILIZANDO DIFERENTES INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS¹

Allyson Tolentino Mendes

Graduando do 10º período do curso de Engenharia Civil do UNIPAM.

E-mail: allysoneng9@gmail.com

Rodrigo Mendes de Oliveira

Professor do curso de Engenharia Civil do UNIPAM.

E-mail: rodrigomo@unipam.edu.com.br

RESUMO: O levantamento planialtimétrico é um dos projetos essenciais para realização de um loteamento. A partir dele, é possível reconhecer o relevo, as dimensões e os contornos de um terreno, possibilitando ao profissional a projeção de todos os lotes de uma forma precisa e confiável. Atualmente existem diversos aparelhos capazes de realizar medidas que possibilitam reproduzir o terreno com todas as informações necessárias, porém poucos são os estudos que confirmam a precisão e a qualidade final do levantamento. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo verificar a precisão de um levantamento planialtimétrico para projeto geométrico de um loteamento, utilizando-se GPS geodésico, por meio do método RTK; GPS de simples frequência, utilizando-se o modo de posicionamento relativo estático pós-processado, e Estação Total, por meio do método de irradiação. A área do loteamento estudada pertence à zona de adensamento 3 e está situada no município de Patos de Minas-MG. Após a realização de todos os levantamentos, os resultados das discrepâncias horizontais e verticais dos pontos topográficos de todo levantamento, além das diferenças de áreas dos lotes, foram apresentados em tabelas e mapas. As maiores desigualdades se estabeleceram no GPS de simples frequência, com áreas das quadras de até 372,83 m² a mais que os demais aparelhos, remetendo, nos lotes, uma diferença de até 83,64 m². Finalizou-se o estudo com as curvas de nível e perfis gerados pelos levantamentos. Ressaltam-se as diferenças de cotas de até 2,35 m na comparação do GPS L1 com GPS RTK e Estação Total. Diante todos os resultados e desempenhos de cada aparelho, frisou-se a ineficiência do GPS L1 para realização de levantamentos que requerem precisões de áreas ou curvas de nível, sendo este aparelho indicado apenas para aproximação de área. Já os levantamentos realizados pelos aparelhos GPS RTK e Estação Total apresentaram grandes semelhanças.

PALAVRAS-CHAVE: Estação Total. GPS. Planialtimetria. Precisão.

¹ Trabalho apresentado na área da Engenharia Civil vinculado a categoria (Comunicação Oral)- Novas tecnologias e ferramentas para gestão empreendedora do XIV Congresso Mineiro de Empreendedorismo, realizado de 5 a 7 de novembro de 2018.

ABSTRACT: The planialtimetric survey is one of the essential projects for the realization of a land subdivision, since from it it is possible to recognize the relief, the dimensions and the contours of a surface, allowing the professional the projection of all the lots in an accurate and reliable form. Currently there are several devices capable of performing measurements that will enable to reproduce the surface with all the necessary information, however only a few studies confirm the accuracy and final quality of the survey. Considering the above, the present study aimed to perform a verification of the precision of a planialtimetric survey for the geometric design of a subdivision using GPS geodesic using the RTK method, simple frequency GPS using the post-processed static relative positioning mode and Total Station by irradiation method. The studied area of the subdivision belongs to the zone of densification 3 and is located in the municipality of Patos de Minas-MG. After all the surveys, the results of the horizontal and vertical discrepancies of the topographic points of each survey, in addition to the differences of the plot areas, were presented through tables and maps, whose greatest inequalities were established in simple frequency GPS, with areas of up to 372.83 square meters more than the other appliances, sending in the lots a difference of up to 83.64 m². The study was completed with the level curves and profiles generated by each survey, where differences of up to 2.35 m in the comparison of GPS L1 with GPS RTK and Total Station were emphasized. In view of all the results and performances of each device, the inefficiency of the GPS L1 was emphasized in order to carry out surveys that require area precisions or contours, and this device is only recommended for area approximation. The surveys performed by the GPS RTK and Total Station devices showed similarities.

KEYWORDS: Total Station, GPS, Planialymetry, Precision.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei Federal 9.785 (1999), que altera o Decreto-Lei 6.766 (1979) que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, antes de se iniciar um projeto de loteamento, é necessário ter em mãos o projeto da gleba a ser fracionada, contendo os limites do terreno, curvas de nível, localização de construções existentes e etc. Percebe-se, portanto, que é de suma importância conhecer todas as características físicas do terreno onde o loteamento será implantado.

Diante da busca do melhor aproveitamento urbanístico, condicionado pelo fracionamento de terras, surge a necessidade de se realizarem medidas precisas. Para isso, é necessário o envolvimento de profissionais adequados. McCormac (2011) cita que esse profissional é conhecido como topógrafo, apto a realizar todos os levantamentos de medição para determinação dos limites do lote, além de gerar os documentos legais do imóvel, por meio de levantamentos cadastrais.

A constante evolução tecnológica tem alterado significativamente as funcionalidades e a eficácia dos aparelhos topográficos em obter medidas acuradas e precisas. Há algumas décadas, o ato de determinar diretamente distâncias, áreas e perímetro de um terreno era algo considerado impossível, mas, nos dias atuais, tornou-se uma atividade simples devido à infinidade de funcionalidades oferecidas

pelos modernos aparelhos topográficos, como a estação total, que fornece medidas angulares e de distâncias de forma rápida e confiável (CASACA; MATOS; DIAS, 2014).

Além das estações totais utilizadas nos levantamentos topográficos, os receptores GPS (*Global Positioning System*), criados no final do século passado para posicionamento de navegação, foram utilizados para outras funções, como posicionamento geodésico e agricultura. Com a sua evolução, passaram a ser utilizados também em serviços topográficos. Esse sistema permite ao usuário uma abrangência maior da área de estudo, a partir do rastreamento de sinais emitidos por, no mínimo, quatro satélites em órbita ao redor da Terra, sendo capazes de determinar as coordenadas de localização do ponto onde se encontra estacionada a antena do receptor GPS na superfície terrestre (MONICO, 2008).

Com o passar dos anos, a precisão do receptor GPS foi aumentada, e o tempo de coleta, reduzido. Esse aperfeiçoamento foi realizado no método de posicionamento relativo cinemático em tempo real, gerando um dos métodos de posicionamento mais evoluídos da atualidade, conhecido como RTK (*Real Time Kinematik*) (MONICO, 2008).

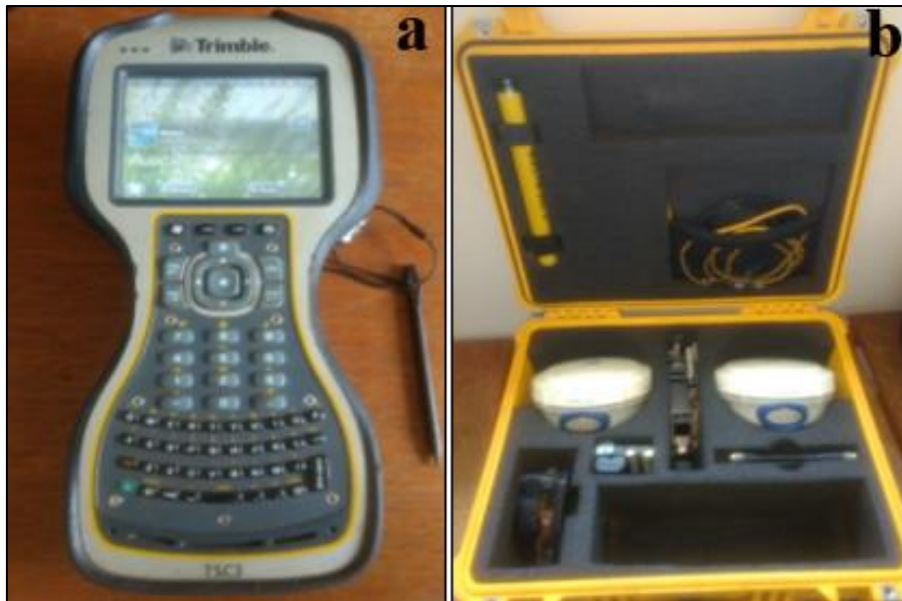
Todo processo de medição está sujeito a erros e a interferências. Apesar da grande evolução tecnológica sofrida na topografia, ainda existem alguns parâmetros que limitam os usos dos seus aparelhos e condições a serem respeitadas para efetivação de um levantamento topográfico aceitável. Sendo assim, o presente projeto teve como objetivo verificar a precisão de um levantamento planialtimétrico para projeto geométrico de um loteamento, utilizando-se GPS RTK, GPS de simples frequência e Estação Total.

2 DESENVOLVIMENTO

O levantamento de dados para realização do projeto foi realizado em uma área urbana situada no município de Patos de Minas-MG, no mês de agosto de 2018, em dias com nuvens dispersas, evitando-se possíveis erros de distorção do sinal satélite e refração atmosférica. Foram utilizados três diferentes levantamentos para formulação dos resultados, por meio dos seguintes aparelhos: Estação Total, GPS de simples frequência (L1) e GPS geodésico (RTK). Posteriormente, os dados foram processados em softwares específicos para geração dos mapas e discussão dos resultados obtidos. Para materialização dos pontos limites das quadras e ruas, bem como dos pontos de instalação da base do GPS RTK e Estação Total, além do ponto de apoio para zeragem do ângulo horizontal da Estação Total, fixaram-se pregos no asfalto, com o uso de uma marreta; posteriormente, foram demarcados com um círculo de tinta a sua volta para melhor identificação e visualização.

O levantamento geodésico da área foi realizado por meio dos seguintes aparelhos: receptor GPS, marca TRIMBLE, modelo TSC3; base de correção equipada com antena e coletora (*Rover*), marca TRIMBLE, modelo R6m, 72 canais paralelos capazes de rastrear o GPS e GLONAS e frequências L1/L2, L2C e L5, com precisão pós processada horizontal de 3 mm + 0,1 ppm rms e vertical de 3,5 mm + 0,4 ppm rms, com alcance do rádio interno de até 5 quilômetros; tripé para instalação da base de correção e um bastão para acoplamento do receptor GPS e *Rover* (Figura 1).

Figura 1 – Coletora Trimble modelo TSC3 (a); Conjunto Base e Rover marca Trimble modelo R6 (b)



Fonte: autores, 2018.

A base do equipamento foi instalada em um ponto interno do loteamento (Figura 2), obtendo-se um período de rastreamento de satélites igual a 2 horas e 15 minutos. Foram 56 pontos necessários para determinar os limites de todas as quadras e gerar as curvas de nível; entre esses pontos, está também o ponto de ré, necessário para o levantamento com a Estação Total. O tempo que o receptor *Rover* permaneceu em cada ponto foi de cinco segundos.

O segundo aparelho utilizado foi o GPS de simples frequência, da marca Trimble, modelo Juno AS, possuindo 12 canais paralelos com uma antena interna capaz de rastrear os sinais satélites, através da portadora L1, com precisão dos dados pós processados entre um a três metros. Foi utilizado o modo de posicionamento relativo estático pós-processado, permanecendo, em cada ponto topográfico, um período de rastreamento de três minutos (Figura 2), contado pelo próprio aparelho, tomando todos os vértices que delimitam a área estudada.

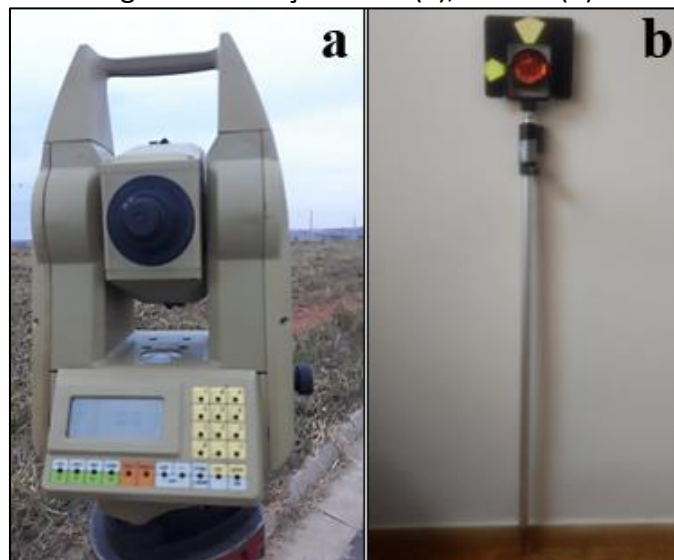
Figura 2 – Base do GPS RTK sendo instalada (a); aparelho GPS L1 estacionado em um ponto (b)



Fonte: autores, 2018.

Para obtenção dos dados por meio da Estação Total, utilizou-se um aparelho da marca Leica, modelo TC605L, com precisão de cinco segundos (Figura 3); um tripé para instalação e nivelamento do aparelho e um Prisma de dois metros de extensão (Figura 3) para as visadas de ré e irradiações dos pontos de interesse.

Figura 3 – Estação Total (a); Prisma (b)



Fonte: autores, 2018.

Com a Estação Total, os pontos de detalhes foram coletados por meio do método de irradiação. O ponto de instalação do equipamento foi o mesmo em que se instalou a base do GPS RTK. Para esse levantamento, foi necessária a presença de um auxiliar para posicionar o prisma em todos os pontos do loteamento.

Durante o levantamento com cada aparelho, foram cronometrados os tempos de realização. Os tempos de execuções, juntamente com as áreas encontradas, serviram de parâmetros para que houvesse as comparações entre os levantamentos topográficos.

O *software* utilizado para tratamento e exportação dos dados coletados pelo GPS RTK foi o Trimble Business Center (TBC). A base do levantamento foi corrigida 48 horas depois de ser realizado o levantamento, no site do IBGE, pelo método PPP (Posicionamento por Ponto Preciso). Após a correção da base, os pontos levantados foram corrigidos no TBC e, em seguida, exportados em formato DXF (*Drawing Exchange Format*) para produção dos mapas no *software* AutoCad.

A importação e a correção diferencial dos dados coletados com o GPS de simples frequência foram realizadas pelo *software* computacional GPS PATHFINDER OFFICE versão 5.0. Utilizaram-se, para correção das posições, as bases das estações de Lagoa formosa - MG, Rio Paranaíba e Uberlândia, por serem as mais próximas do local em estudo. Após corrigidos os pontos, foram exportados em formato DXF e posteriormente editados no *software* AutoCad para geração das quadras do loteamento.

Os dados coletados pela Estação Total foram descarregados no Programa TOPOGRAPH 98 SE. Para início do processo, inseriram-se, no *software*, as coordenadas do ponto onde a Estação Total foi instalada, obtidas anteriormente com o GPS RTK, ajustando, assim, todas as outras coordenadas dos pontos do loteamento. Posteriormente, geraram-se as curvas de nível e exportou-se o arquivo em formato DXF, para criação dos mapas de elevações.

O TOPOGRAPH 98 SE também foi utilizado para geração das curvas de nível dos dados obtidos pelo GPS RTK e GPS L1. As diferenças de distâncias horizontais e verticais e a área das quadras e lotes para comparação dos resultados foram processadas por meio do *software* Excel da Microsoft.

O aparelho GPS de simples frequência (L1) foi disponibilizado pelo Laboratório de Topografia, localizado no segundo piso do bloco H do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, assim como o programa *Pathfinder Office*, para processamento dos dados. A Estação Total, os acessórios Prisma e Tripé e o GPS RTK foram disponibilizados pela empresa Caixeta Engenharia de Agrimensura Ltda, além do computador com os *softwares* Topograph, TBC e Convert to Rinex, adequado para processamento dos dados coletados pela Estação Total e GPS. Os pregos, marreta e tinta foram adquiridos pelo próprio autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira análise do trabalho se deu com a planimetria do terreno, dando continuidade com o estudo altimétrico. Ao fim das duas análises, foi possível distinguir quais as possíveis interferências que levaram aos resultados encontrados, além das vantagens e desvantagens de cada aparelho, definindo-se qual possui o melhor custo benefício.

Antes de se levantarem as áreas de todas as quadras do loteamento, processaram-se as coordenadas dos pontos de vértices de cada uma, obtendo-se,

então, uma relação quantitativa, que mostrou as diferenças horizontais em metros de cada ponto coletado com os três aparelhos. Concomitantemente, foram calculados e analisados a média e o desvio padrão das discrepâncias desses pontos, além de seu valor máximo e mínimo, expressos na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatística descritiva das discrepâncias horizontais dos pontos

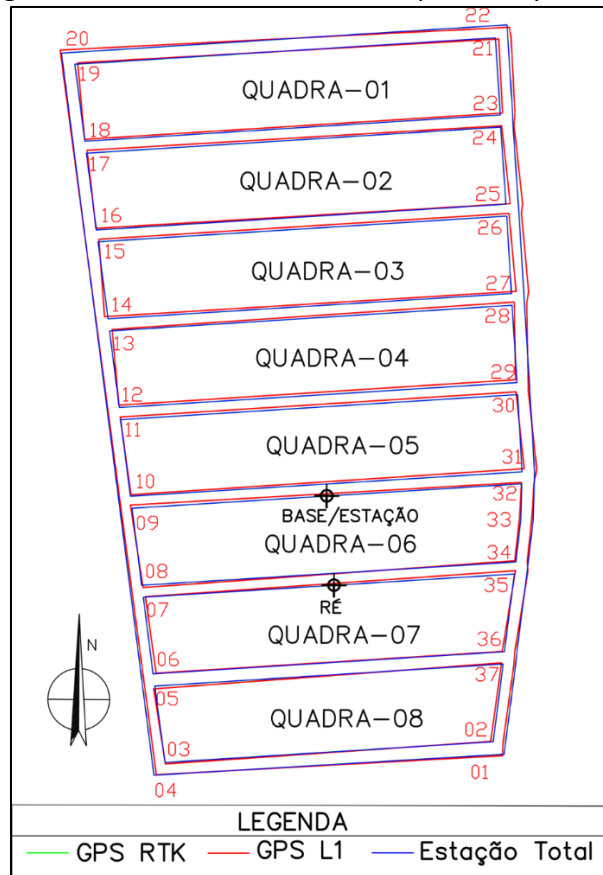
Aparelhos	Discrepância horizontal			
	Mínimo (metros)	Máximo (metros)	Média (metros)	Desvio padrão (metros)
GPS RTK x GPS (L1)	0,9032	3,1223	1,7041	0,5357
GPS (L1) x Estação Total	0,8969	3,0913	1,6945	0,5315
GPS RTK x Estação Total	0,0078	0,0960	0,0460	0,0243

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

A média dos pontos que menos sofreu variação nas distâncias horizontais foi entre o GPS RTK e a Estação Total, apenas 0,0460 m, com um desvio padrão de 0,0243 m. Esses mesmos aparelhos, quando comparados com o GPS de simples frequência (L1), apresentaram uma média de 1,7041 m em relação ao GPS RTK e 1,6945 m entre a Estação Total, com desvio padrão de 0,5357 m e 0,5315 m, respectivamente.

Essas diferenças horizontais dos pontos afetam diretamente as áreas que seus vértices formam; sendo assim, após a ligação com polilinhas dos pontos de cada levantamento, realizou-se a interpolação em coordenadas dos três mapas no *software* AutoCad. Gerou-se, então, um total de oito quadras do loteamento (Figura 4). A quadra que mais sofreu variação em sua área, comparando-se apenas o GPS RTK com a Estação Total, foi a quadra de número 01, visto que a área apresentada por esse primeiro aparelho foi equivalente a 11.843,4159 m²; com a Estação Total, o valor foi de 11.857,1617 m², apresentando-se, assim, uma diferença de 13,7458 m².

Figura 4 – Loteamento levantado pelos 3 aparelhos



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Analisando-se a parcela de solo com o aparelho GPS L1, a área que mais apresentou variância em relação ao GPS RTK e a Estação Total foi a quadra de número 06, com uma diferença de 372,8355 m² a mais que o GPS RTK e 369,716 m² maior que a área aferida com a Estação Total. Assim como foi mostrada a estatística dos pontos na Tabela 1, a Figura 4 ilustrou como a diferença de área entre o GPS RTK e a Estação Total foi mínima, tendo suas linhas que formam as quadras bastante indefinidas; já com GPS L1, o deslocamento da quadra foi bastante visível nos vértices de número 27 e 25, por exemplo.

Após a análise das quadras, procedeu-se ao estudo mais aprofundado com a interferência dessas áreas em cada lote. Como a área estudada está contida na Zona de Adensamento (ZA) 3 da cidade de Patos de Minas – MG, foram realizadas as divisões dos lotes, tomando-se como frente mínima para lotes de esquina 12,00 m e para os demais lotes 11,00 m; a área mínima respeitada foi de 200,00 m² para cada lote, de acordo com a Lei Complementar nº 320 do município de Patos de Minas- MG (2008).

Comparando-se os aparelhos GPS RTK com GPS L1 e Estação Total com GPS L1, obtiveram-se lotes com áreas bem distintas. Mas, como as discrepâncias entre os pontos coletados pelo GPS RTK e Estação foram muito baixas, os valores comparados de ambos os aparelhos com o GPS L1 foram próximos. Sendo assim, optou-se por apresentar, na Tabela 2, somente a relação RTK e GPS L1, que mostra a quantidade de

lotes e suas correspondentes áreas da quadra de número 06, pois foi a que apresentou a maior discrepância de área em todo o loteamento aferido por ambos os aparelhos.

Tabela 2 – Lotes dimensionados pelo GPS RTK e GPS L1 na Quadra 06

GPS RTK		GPS L1	
Área (m ²)	Quant. de lote	Área (m ²)	Quant. de lote
357,37	01	441,01	01
257,80 a 257,99	32	260,06 a 273,45	32
321,34	01	361,05	01
323,40	01	293,96	01
301,80	01	293,59	01
258,60	01	274,29	01
263,87	01	254,20	01
332,48	01	371,54	01
357,55	01	343,48	01
366,40	01	333,46	01

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Conforme mostrou a Tabela 2, o aumento mais significativo foi de 83,64 m²; além deste, houve outras variâncias como 39,71 m², 29,44 m² e 39,06 m² nos lotes, sendo todas as áreas maiores com o GPS L1. Sabendo-se que a discrepância de área mais significativa encontrada nas comparações feitas entre o GPS RTK e a Estação Total foi na quadra de número 01, foi estabelecida a quantidade de lotes por área, elaborando-se a mesma divisão geométrica da quadra para ambos os aparelhos. Os resultados obtidos estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Lotes dimensionados pelo GPS RTK e Estação Total na Quadra 01

GPS RTK		Estação Total	
Área (m ²)	Quant. de lote	Área (m ²)	Quant. de lote
256,86 a 257,55	38	257,15 a 257,60	38
264,00	02	264,00	02
249,61 a 249,63	03	250,20 a 251,10	03
281,42	01	285,60	01
258,58	01	260,00	01
252,66	01	254,20	01

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Diferentemente da comparação RTK e GPS L1, a diferença de área na quadra 01, igual a 13,7458 m², encontrada com os aparelhos GPS RTK e Estação Total, não apresentou elevada significância quando realizado o fracionamento da quadra. Assim como mostrou a Tabela 3, a maior diferença entre todos os lotes da quadra 01 foi de 4,50 m² a mais que o mesmo atribuído pelo GPS RTK.

Além das coordenadas levantadas para representação planimétrica das quadras, foram coletadas as suas respectivas cotas e a de mais outros 18 pontos

aleatórios do loteamento para análise altimétrica, por meio da geração de mapas de elevações do terreno. Após a obtenção de todas as cotas com os três aparelhos, calcularam-se as discrepâncias entre cada uma. Os resultados da média e do desvio padrão estão expressos na Tabela 4, assim como os valores máximos e mínimos.

Tabela 4 – Média e desvio padrão das discrepâncias verticais dos pontos

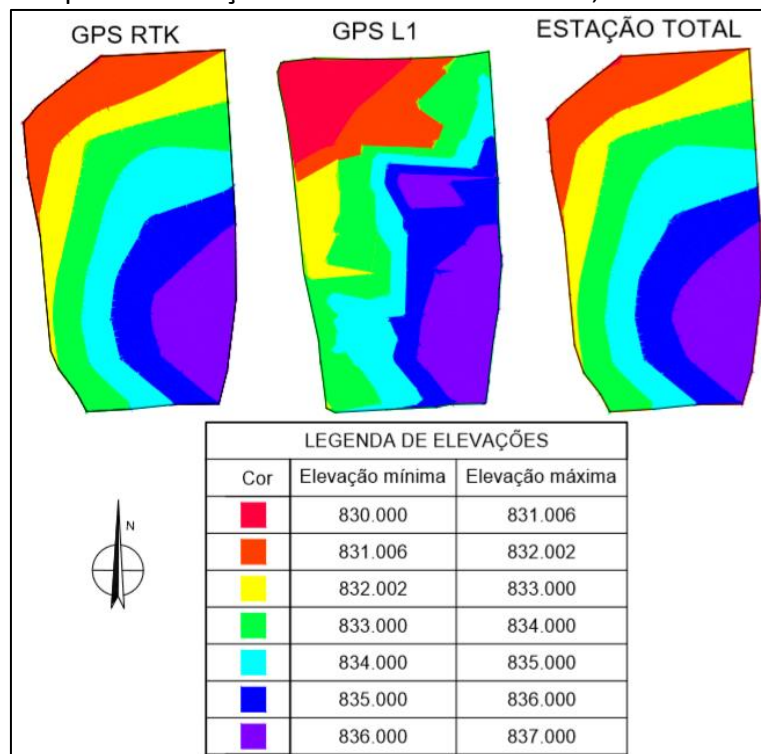
Aparelhos	Discrepância vertical			
	Mínimo (metros)	Máximo (metros)	Média (metros)	Desvio padrão (metros)
GPS RTK x GPS (L1)	0,003	2,350	0,7203	0,5967
GPS (L1) x Estação Total	0,010	2,306	0,7130	0,5881
GPS RTK x Estação Total	0,001	0,0530	0,0314	0,0087

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Comparando-se as discrepâncias verticais e horizontais dos pontos, observou-se uma nítida diminuição nas diferenças de cotas entre os aparelhos RTK e GPS L1, mesmo com o desvio padrão um pouco maior nas cotas, visto que a média das diferenças verticais dos pontos entre o GPS RTK e GPS L1 foi de 0,7203 m; nas discrepâncias horizontais, o valor foi de 1,7041 m, ou seja, uma diminuição de 0,9838 m das cotas para as coordenadas horizontais. Essas diferenças se apresentaram bem parecidas quando comparado o GPS L1 com a Estação Total.

Devido às defasagens entre RTK e GPS L1, Estação Total e GPS L1 serem muito próximas, as diferenças das cotas entre os aparelhos RTK e Estação Total foram muito baixas, conforme mostrou a Tabela 4. Comparando-se as discrepâncias horizontais e verticais, também houve uma leve queda, já que a média horizontal foi de 0,0460 m e a vertical foi de 0,0314 m, com um desvio padrão diminuindo também cerca de 0,0156 m. Para uma melhor visualização das interferências causadas por ambos aparelhos, geraram-se os mapas de elevações para os três aparelhos (Figura 5) no AutoCad Civil 3D, identificando-se por cores as diferenças de cotas.

Figura 5 – Mapas de elevações obtidos com o GPS RTK; GPS L1 e Estação Total



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Por meio do mapa de elevações, Figura 5, é possível visualizar uma nítida variância obtida com o GPS L1 em relação ao RTK e Estação Total, já que estes apresentaram curvas muito semelhantes. Com suas linhas distorcidas, as curvas originadas com o GPS L1 apresentaram cotas elevadas em vários pontos do terreno, enquanto em outros, menores. É possível notar uma modificação na forma geométrica do mapa obtido pelo GPS L1, pois, no seu canto superior esquerdo, obtiveram-se cotas de 830 m, o que não foi encontrado com os mapas do RTK e Estação Total, que possuíam cotas mínimas de 831 m.

Após os resultados obtidos dos levantamentos planimétricos e altimétricos do loteamento, é possível destacar uma grande diferença em ambos os levantamentos feitos pelo GPS L1, apresentando diferenças de área nas quadras de até 372,8355 m² a mais se comparadas com o RTK e 369,716 m² a mais que a Estação Total. Essas diferenças podem ser associadas à própria precisão do aparelho, que está entre 2 e 3 metros após a correção diferencial, expressa nas especificações técnicas da revendedora Embratop (2018).

Esse nível de precisão do aparelho e os resultados obtidos condizem com as conclusões de Silva (2002), que considera o modelo de GPS de simples frequência, conhecido como de navegação, inadequado para determinação de áreas urbanas ou rurais, sendo utilizado apenas para aferição de aproximação de áreas e divisões de pastagens.

Ao contrário do GPS L1, com os aparelhos GPS RTK e Estação Total houve pequenas discrepâncias verticais e horizontais nos pontos de todo loteamento, que

podem ser explicadas pelas interferências dos erros instrumentais ou pessoais, classificados como acidentais ou sistemáticos.

Diante da necessidade de um auxílio para posicionar o prisma da Estação Total no ponto de interesse, destaca-se a possibilidade de aquele desaprumar este em seu eixo, o mesmo acontece na operação com GPS RTK no posicionamento do *Rover*. Ressalta-se que se optou por todos os levantamentos serem realizados sem a presença de um Bipé, acessório para suporte do Prisma, GPS L1 e *Rover*, pois, nos levantamentos gerais, os profissionais não costumam utilizar esse equipamento, buscando agilizar os serviços.

Para analisar qual aparelho possui o melhor custo benefício, é preciso considerar, além do preço de cada um, alguns fatores que podem impossibilitar ou dificultar os levantamentos, exigindo-se, assim, um maior tempo nas execuções. Como no loteamento não havia obstáculos que dificultassem a leitura do prisma pela Estação Total, não houve a necessidade de mudança do aparelho para visualização de pontos de interesse; caso contrário, gastar-se-ia um tempo maior em função da locomoção e reinstalação do equipamento.

Salientam-se também as condições ideais para o levantamento em RTK, ressaltando-se as interferências causadas pelo multicaminhamento e perda de sinal satélite, acarretando falhas na comunicação entre satélite, base e *Rover*, devido à presença de árvores e edificações, além das condições climáticas. Boscatto (2014) cita que a precisão do método RTK pode diminuir quando a linha de comunicação da rádio entre a Base e *Rover* excede o seu limite de extensão. Todos esses fatores não preponderaram sobre o levantamento, pois não havia árvores ou construções ao redor, além da base instalada no próprio loteamento, com distância máxima entre base e *Rover* de apenas 312 m, medida bem inferior ao alcance do rádio interno do modelo RTK utilizado, definido nas suas especificações técnicas como sendo 5 km.

Sabendo-se que a NBR 13133:1994 recomenda para uma melhor referência o conhecimento das coordenadas de, pelo menos, dois pontos de partida para o levantamento topográfico com a Estação Total, utilizou-se o GPS RTK para construção desses apoios topográficos. De acordo com Vargas (2001), por meio da inserção de coordenadas em levantamentos topográficos, é possível inserir os resultados dos levantamentos no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

Para mensuração dos tempos de realização de cada levantamento, é importante enfatizar o período necessário para obtenção das coordenadas da base do método em RTK. Nessa ocasião, o levantamento topográfico perdurou por mais de duas horas para construção dessa base, com a coleta de todos os pontos finalizada em 1 hora e 05 minutos. Já o tempo gasto com a Estação Total foi equivalente a cerca de 2 horas e com o GPS L1, 6 horas. Desconsiderando-se o tempo de construção de base no método RTK, tem-se um levantamento mais rápido e com menos mão de obra.

Ao se realizar uma pesquisa em relação aos preços de cada aparelho, constatou-se que o GPS RTK, em comparação com a Estação Total, possui um custo cinco vezes maior, enquanto o GPS L1 encontra-se com o menor valor entre os três aparelhos. Apesar de o aparelho RTK possuir um valor elevado, ele dispensa a presença de um auxiliar topógrafo; sendo assim, reduz-se o custo com encargos

trabalhistas e salários, compensando a sua diferença de preço, além de ele evitar uma possível fonte de erro.

4 CONCLUSÃO

Por meio dos mapas gerados, é possível concluir que o GPS L1 foi o que proporcionou resultados mais dispersos em relação aos encontrados pelo GPS RTK e Estação Total, o que foi observado principalmente pelo mapa de elevação. Dessa forma, fica nítida a imprecisão do aparelho GPS L1 para projetos de loteamento ou qualquer outro que exija precisões de áreas ou de curvas de nível e perfis, sendo reforçada a indicação desse aparelho apenas para uma estimativa de área.

Os resultados dos aparelhos GPS RTK e Estação Total apresentaram poucas alterações; sendo assim, ressalta-se a praticidade, na operação, do GPS RTK na execução do levantamento, podendo ser realizada por apenas uma pessoa com uma agilidade e precisão que só dependem do sinal satélite para sua efetivação. O mesmo não acontece com a Estação Total, devido à necessidade de um auxiliar para posicionar o prisma nos pontos topográficos, além da presença de obstáculos que podem dificultar a leitura de mira, tornando necessária a mudança do aparelho e a construção de poligonais ou abertura de caminhos para leitura.

Portanto, apesar de o GPS RTK possuir um custo maior que a Estação Total, as suas funcionalidades garantem um levantamento mais rápido e prático, além de fornecer o projeto do loteamento em coordenadas georreferenciadas. Em virtude das semelhanças nos levantamentos topográficos de ambos os aparelhos, os dois podem se complementar, dependendo das circunstâncias que se encontra o terreno a ser representado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13133**: execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências**. Brasília, 1979.

BRASIL. Lei n. 9.785, de 29 de janeiro de 1999. **Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano)**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9785.ht

BOSCATTO, Flávio. **Diretrizes para o levantamento topográfico e geodésico do patrimônio cultural material**. 2014. 264 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2014.

CASACA, João Martins; MATOS, João Luís de; DIAS, José Miguel Baio. **Topografia geral**. 4. ed. atual. e aum. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

EMBRATOP. Trimble Juno SA – **Descrição**.

Disponível em: <https://www.embratop.com.br/produto/trimble-juno-sa/>.

MCCORMAC, Jack. **Topografia**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MONICO, José Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações** 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008. 476 p.

PATOS DE MINAS (Município). Lei nº 320, de 31 de dezembro de 2008. **Institui a revisão da Lei de zoneamento, uso e ocupação dos terrenos e edificações no município de Patos de Minas**. Patos de Minas, 2008.

SILVA, Sérgio Teixeira. **Análise comparativa entre equipamentos eletrônicos (GPS) para levantamento de dados topográficos**. 2002. 40 p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. Belo Horizonte, 2002.

VARGAS, Rosane Maciel de Araújo. **Análise da aplicação do sistema de posicionamento global (GPS) em levantamento topográfico de vias urbanas**. 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.