



ANÁLISE DA PRECISÃO E DA ACURACIA DO GPS DE NAVEGAÇÃO PARA LEVANTAMENTO DE LOCAÇÃO DE PEQUENAS ÁREAS

Analysis of the accuracy of the navigation GPS for surveying leasing small areas.

Celso Pereira De Oliveira¹

Selma Maria De Arruda Silva²

Rodrigo Venancio Santana³

RESUMO

O sistema de posicionamento global - GPS vem sendo empregado para levantamento de áreas por ser uma tecnologia que garante ao usuário facilidade e praticidade. O objetivo deste artigo foi avaliar a precisão e a acurácia da constelação GPS definidas previamente no aparelho quanto as medidas de área e perímetro. Avaliou-se com GPS de navegação Garmin Etrex 20 nos dias 11, 12, 13 e 14 de agosto de 2015 quatro medições com dois tempos avaliando a precisão e a acurácia, tomando como base a medição obtida por teodolito. Os resultados confirmaram que houve variação na localização espacial dos pontos coletados com aparelho GPS, e demonstrou diferença de aumento ou decréscimo nos valores das áreas calculadas. Quanto a comparação da medição do GPS com os valores medidos com o teodolito conclui-se que os tempos utilizados com o receptor GPS de navegação não apresentaram resultados satisfatórios para serem utilizados em operação de alta precisão.

¹ Docente do Centro Universitário São Lucas de Ji-Paraná. Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso. Mestrado Profissional em Olericultura pelo Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. Especialista em Gestão e Perícia Ambiental e Especialista em Georreferenciamento de Imóveis. E-mail: celso.oliveira@saolucas.edu.br

² Pesquisadora Associada ao Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental da Universidade Federal de Rondônia. Pelo Programa de Pós-graduação Mestrado e Doutorado em Geografia, Ambiente e Território no Pan Amazônia. E-mail: selmamarruda@gmail.com

³ Bacharel em Agronomia pelo Centro Universitário São Lucas de Ji-Paraná, RO. E-mail: venancio_lv@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Levantamento topográfico, Acurácia do receptor GPS, Sobreposição de polígono, Área urbana.

ABSTRACT

The global positioning system-GPS is currently being used in survey of areas as it is a technology that guarantees the user ease and convenience. The objective of this paper was to evaluate the accuracy of GPS for the measurements of area and perimeter. It was evaluated with a navigation Etrex 20 GPS on the 11th, 12th, 13th and 14th of August 2015, four two-stroke measurements. The results confirmed a variation in the spatial location of the points collected with GPS device, and demonstrated difference of increase or decrease in the values of the calculated areas. When compared to the values measured with the theodolite, it is concluded that none of the times used with the GPS navigation receiver did not present satisfactory results to be used in high precision operation.

KEYWORDS: Mensurement topographic, GPS Navigation Accuracy, Polygon Overlay. Urban area.

INTRODUÇÃO

O primeiro sistema de satélites colocado à disposição para a sociedade civil foi TRANSIT, disponível desde 1967 esta tecnologia permitiu aos geodestas georreferenciar pontos com a precisão da ordem de decímetro. O sistema trouxe uma oportunidade de estudos mais complexos, sendo utilizado principalmente para a navegação, prospecção de recursos naturais e para o controle de redes geodésicas (LETHAM, 1996).

O *Navigation Satellite with Time And Ranging – Global Positioning System* (NAVSTAR-GPS), ou GPS, apresentado ao mundo na década de 1970, é um sistema de radionavegação desenvolvido inicialmente para utilização militar pelo *Department of Defense* (DoD) dos Estados Unidos, e a partir de 1982 teve seu uso aberto para aproveitamentos civis devido a sua ampla potencialidade de uso (MONICO, 2007).

O sistema GPS consiste de 24 satélites, distribuídos em seis órbitas planas, com inclinação de 55° em relação ao plano do Equador. Essa gama de satélites consegue garantir uma cobertura bidimensional a todo instante. O mapeamento dos

satélites é dividido em três segmentos: segmento espacial; segmento de controle e segmento dos usuários (QUAN et al., 2015).

O satélite transmite sinais em duas ondas portadoras L, a frequência da primeira onda portadora L1 é de 1575.42 MHz e a frequência da segunda onda portadora L2 é de 1227.60 MHz, correspondendo a um comprimento de onda de 19cm e 24 cm (STABILE e BALASTREIRE, 2006).

Os receptores do Sistema de Posicionamento Global (GPS) de navegação, funcionando com posição por ponto simples, conseguem captar medidas com precisão planimétrica de ordem de 3 a 10 metros, impedindo as aplicações que precisam de maior precisão (SILVA JUNIOR et al., 2010).

Até recentemente, os processos de levantamento de dados de campo para aquisição de bases cartográficas baseavam-se na utilização de medidas de ângulos e distâncias terrestres para atingir seus objetivos. O mal tempo ou presença de nuvens causavam restrições severas entre os pontos a serem medidos. Além disso, as observações sempre se dividiam em um componente horizontal e outro vertical, assim os resultados sofriam alterações, devido ao trabalho de serem coletados em sistemas diferentes (ROCHA, 2000).

Barreto (2004) afirma que o avanço na característica das informações adquiridas com o GPS provocou a possibilidade de uso do equipamento chamado de navegação para as diversas áreas, como topografia, agricultura de precisão, recreação, entre outros sobretudo por ser de baixo custo de obtenção, quando comparados aos preços dos equipamentos geodésicos.

Atualmente na área rural, *softwares* de agricultura de precisão são utilizados e disponibilizados por grande parte dos fabricantes de equipamentos agrícolas, essa ideia de realizar levantamento da área em função da variabilidade espacial está ganhando aceitação em escala global (ROVIRA-MÁS et al., 2015).

O uso de receptores de navegação de baixo custo e menor precisão quando comparados com os receptores topográficos e geodésicos podem gerar problemas de localização quando utilizado de forma incorreta, devido principalmente a falta de conhecimento sobre as limitações do equipamento (KABIR et al., 2016).

Com a implementação dos programas estaduais de regularização ambiental nos estados brasileiros, observou-se a inconsistências de informações na base de dados quanto ao uso de receptores de sinal de GPS de navegação para a realização do mapeamento das áreas por não possuírem acurácia e precisão de ordem

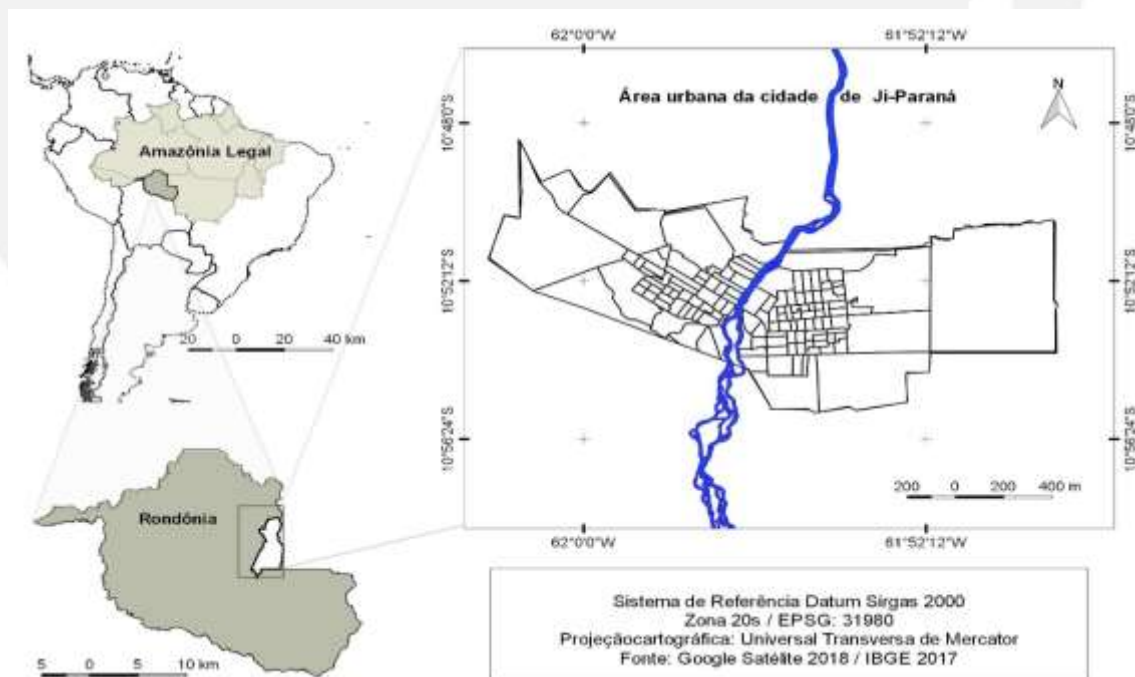
submétrica das informações geográficas coletadas, que resultam em sobreposição das áreas das propriedades levantadas e geram dúvidas na confiabilidade e qualidade destas informações (SANTOS et al., 2016).

O objetivo desse artigo foi avaliar a precisão e a acurácia do GPS de navegação empregado na demarcação de perímetro e área de pequenas propriedades rurais de até 1,0 ha.

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental da pesquisa foi realizado na área do Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná (CEULJI/ULBRA), atualmente Centro Universitário São Lucas de Ji-Paraná, localizado no município de Ji-Paraná-RO, com a coordenada geográfica indicada pelo paralelo de latitude $10^{\circ} 51' 40,32''$ sul e intersecção com o meridiano de longitude $61^{\circ} 57' 34,56''$ oeste do meridiano de Greenwich, altitude de 175 metros (SEDAM, 2016) (Figura 01).

Figura 01- Mapa da área urbana da cidade de Ji-Paraná – RO.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o procedimento metodológico a campo foram utilizados um teodolito eletrônico KT-02 da Kolida, um tripé para o teodolito, uma trena de fibra de vidro de 50m, um aparelho GPS de navegação da marca Garmin Etrex 20, prancheta para anotação e microcomputador.

Na execução do levantamento da área com o GPS foi configurado para o sistema métrico, DATUM em WGS 84 com sistema de coordenadas em UTM ajustada para o Hemisfério Sul, fuso 20.

O levantamento com o GPS de navegação foi realizado em dias consecutivos com dois tempos para a leitura das coordenadas, o primeiro sem o tempo de estabilização do aparelho, e o segundo com 5 minutos de estabilização selecionando o botão para marcar pontos e esperando os minutos necessários para a definição de triangulação dos satélites e apertar novamente concluir tarefa. Foram feitas quatro repetições nos dias 11, 12, 13 e 14 de agosto de 2015 sempre no mesmo horário 10h50min período matutino, com 4 pontos sempre na sequência (P1, P2, P3 e P4) respectivamente.

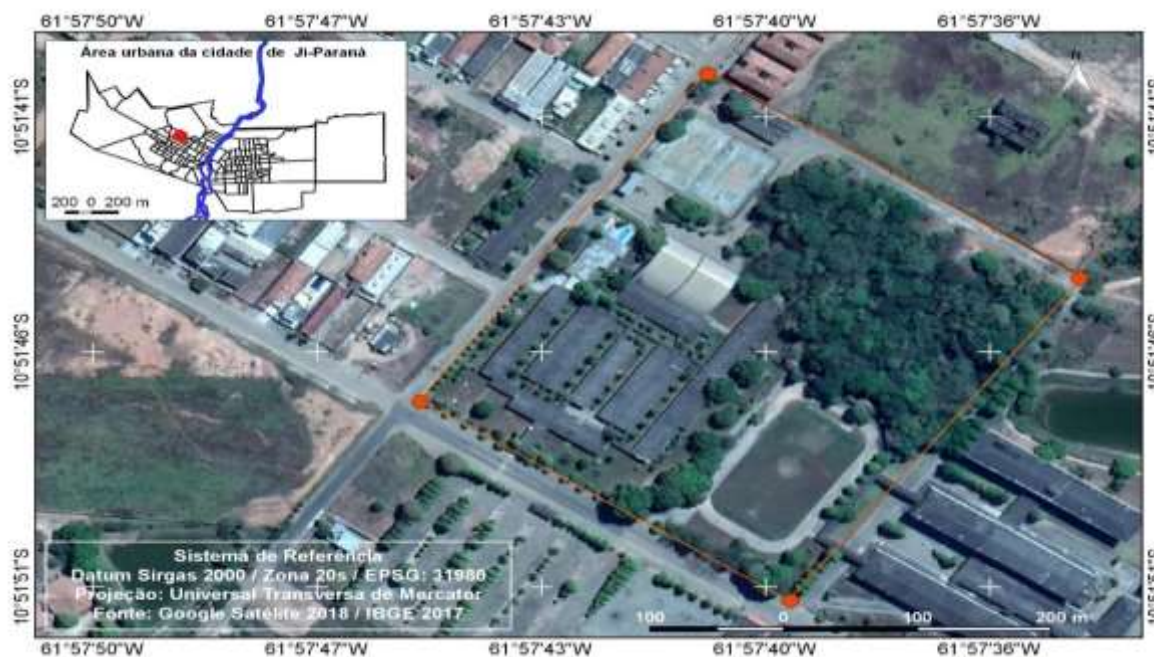
Após a coleta dos vértices a campo as coordenadas geográficas armazenadas no aparelho GPS foram transferidas para o programa GPS TRACKMAKER® recomendado para armazenamento e gerenciamento de dados previamente instalado no microcomputador sendo a interface realizada com auxílio de um cabo serial.

Com a conexão do cabo USB os dados armazenados dos vértices levantados foram transferidos para o computador como Waypoints, Trilhas (Tracklogs) e Rotas (Routes). Os dados descarregados após a seleção foram exportados para a planilha do programa EXCELL separando os dados de área e perímetro para comparação com os valores encontrados no levantamento executado com o teodolito, sendo a acurácia calculada não se referindo ao posicionamento dos pontos, mas sim às distâncias, ângulos e áreas do polígono gerado pelos dois métodos distintos.

Para aferir a precisão da demarcação realizada com o GPS de navegação, a mesma área foi demarcada com teodolito eletrônico KT-02 da Kolida®, com leitura angular no sentido horário e anti-horário, percentagem de rampa, zeragem automática, precisão 2", prumo óptico, resolução 160x64 px, teclado duplo, alfanumérico, temperatura de operação -20°C até +45°C, tipo de tela duplo, no sistema de duplas leituras (ré-ré, vante-vante), a medição da distância horizontal foi realizada por estadimetria e diretamente com trena de fibra de vidro de 50m.

O levantamento a campo com aparelho teodolito foi executado com o levantamento do vértice número 1 ao vértice 4 com a utilização do método de ângulos internos e os dados de cada ponto na forma de rumo e distancias. A leitura com teodolito eletrônico KT-02 da Kolida seguiu o mesmo caminhamento feito com o aparelho GPS para o levantamento da trajetória dos vértices (Figura 02).

Figura 02- Mapa de levantamento da área de estudo com a utilização do teodolito eletrônico KT-02 da Kolida® na cidade de Ji-Paraná – RO.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para cada repetição foi realizada apenas uma leitura usando o aparelho GPS de navegação da marca Garmin Etrex 20 sendo os dados coletados, pós processados e os resultados foram plotados para serem comparados com as áreas e perímetro encontrados com o Teodolito.

O processamento dos dados utilizou o método analítico para o cálculo das coordenadas retangulares dos vértices do polígono, da área e do perímetro. Para o cálculo de área foi empregado o método de Gauss, sendo áreas em coordenadas X e áreas em coordenadas Y (Equação 01 e Equação 02 respectivamente), com resultado encontrado para área de 5,45 ha e perímetro 933 metros realizado em planilha eletrônica Excel.

$$X: 2S = \sum Y_i (X_{(i-1)} - X_{(i+1)}) \quad (1)$$

$$Y: 2S = \sum X_i (Y_{(i-1)} - Y_{(i+1)}) \quad (2)$$

A partir das informações obtidas nos vértices do polígono foi calculado a área e o perímetro no Programa GPS Track Maker-Pro versão 4.9. Após os cálculos os dados foram analisados em planilha EXCEL para comparar possíveis diferenças de valores registrados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento a campo realizado com o GPS de navegação Garmim Etrex 20 possibilitou a verificação dos dados de área e perímetro. Observou-se que os dados processados com o levantamento dos vértices sem o tempo de estabilização do aparelho GPS, (Tabela 1), e a leitura dos vértices feito com o tempo de estabilização de 5 minutos (Tabela 2), apresentaram diferenças significativas tanto no perímetro como na área.

Tabela 1 - Dados processados de perímetros e áreas para o levantamento a campo em diferentes pontos com GPS Garmin Etrex 20 sem o tempo de estabilização do aparelho localizado no município de Ji-Paraná –RO, 2015.

Data	Perímetro (m)	Diferença (m)	Diferença (%)
11-08-2015	929,140	-	-
12-08-2015	948,260	19,120	2,057
13-08-2015	921,760	26,500	-2,794
14-08-2015	921,520	0,240	-
			0,026
Data	Área (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)
11-08-2015	5,387	-	-
12-08-2015	5,604	0,217	4,028
13-08-2015	5,302	0,302	5,389
14-08-2015	5,302	0,000	0,000

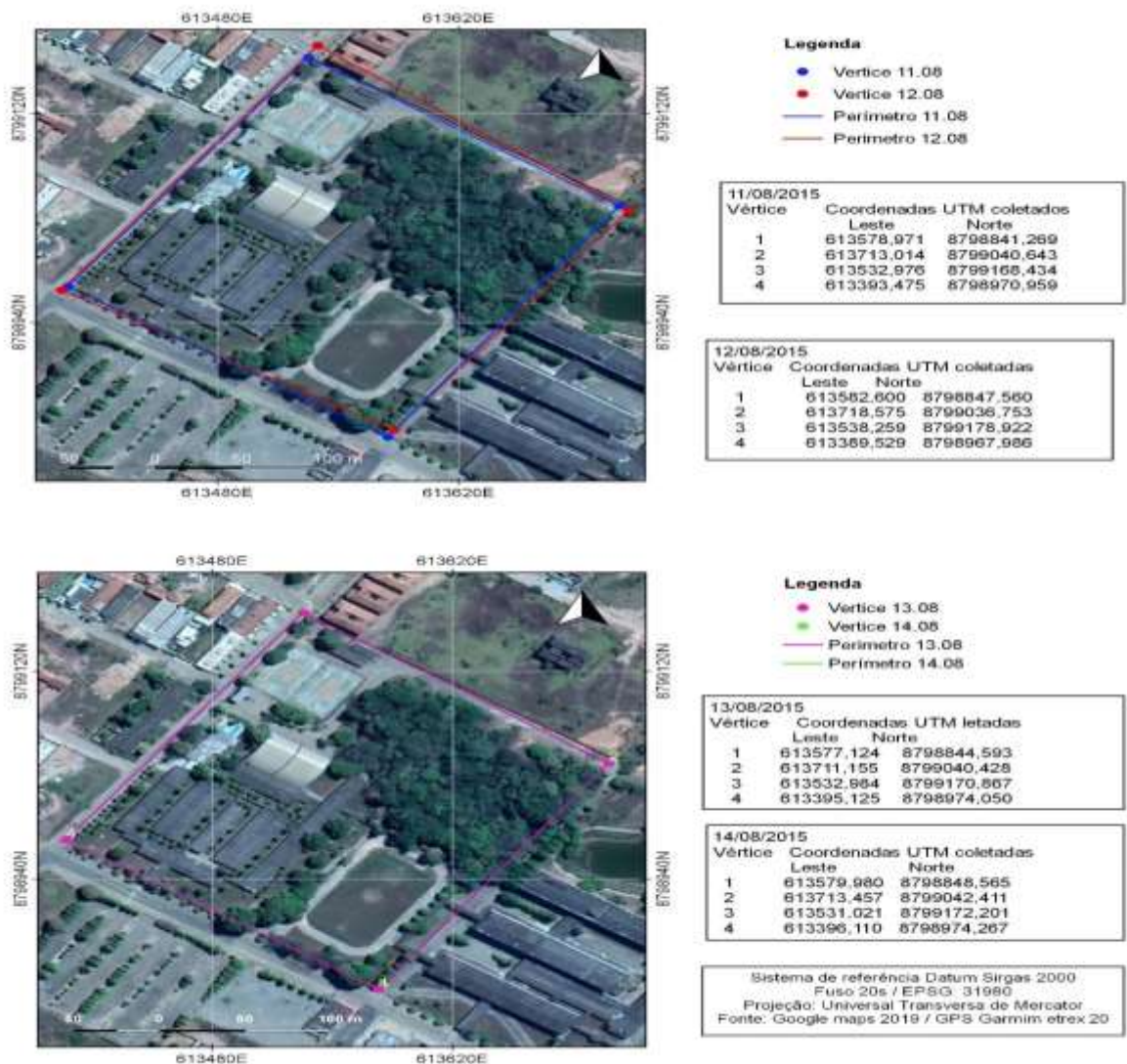
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o processamento dos vértices levantados sem o tempo de estabilização do aparelho GPS (Tabela 1), no dia 11/08/2015 comparado com o dia 12/08/2015 houve diferença no perímetro que foi de 19,12 metros e na área de 0,217 ha correspondente a 2170,00 m² e diferença de 4,028 %, demonstrado na Figura 3.

No dia 12/08/2015 para o dia 13/08/2015 foi constatado a maior diferença, sendo 26,5 metros de perímetro, e área de 0,302 ha correspondente a 3020,00 m² e diferença de 5,389 %, conforme Tabela 1 e Figura 3.

Já no dia 13/08/2015 para o dia 14/08/2015 a diferença foi menor sendo de 0,24 metros no perímetro e zero para diferença da área, demonstrado na Tabela 1 e Figura 3.

Figura 3 – Perímetro e vértices dos pontos levantados com o GPS Garmin Etrex 20 sem o tempo de estabilização do aparelho.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Santos (2016), a flutuação de posicionamento das coordenadas obtidas com receptor GPS de navegação sobre o marco ocupado, é condição inerente a este tipo de equipamento, ou seja, a precisão alcançada na determinação da posição depende do receptor GPS utilizado, bem como, do método empregado.

Para dados processados dos vértice com tempo de estabilização de 5 minuto (Tabela 2) foram encontradas diferenças significativas no perímetro e na área (Figura 4).

Tabela 2 - Dados processados de perímetros e áreas para o levantamento a campo em diferentes pontos com GPS Garmin Etrex 20 com tempo de estabilização de 5 minuto localizado no município de Ji-Paraná –RO, 2015.

Data	Perímetro (m)	Diferença (m)	Diferença (%)
11-08-2015	918,30		-
12-08-2015	924,35	6,05	0,658
13-08-2015	927,09	2,74	0,296
14-08-2015	927,06	0,03	-0,003
Data	Área (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)
11-08-2015	5,262		-
12-08-2015	5,326	0,064	1,216
13-08-2015	5,362	0,036	0,675
14-08-2015	5,362	0	0,000

Fonte: Elaborado pelos autores.

No dia 11/08/2015 comparado com o dia 12/08/2015 (Tabela 2) houve diferença no perímetro que foi de 6,05 metros e na área de 0,064 ha correspondente a 640,00 m² diferença de 1,216 % (Figura 4).

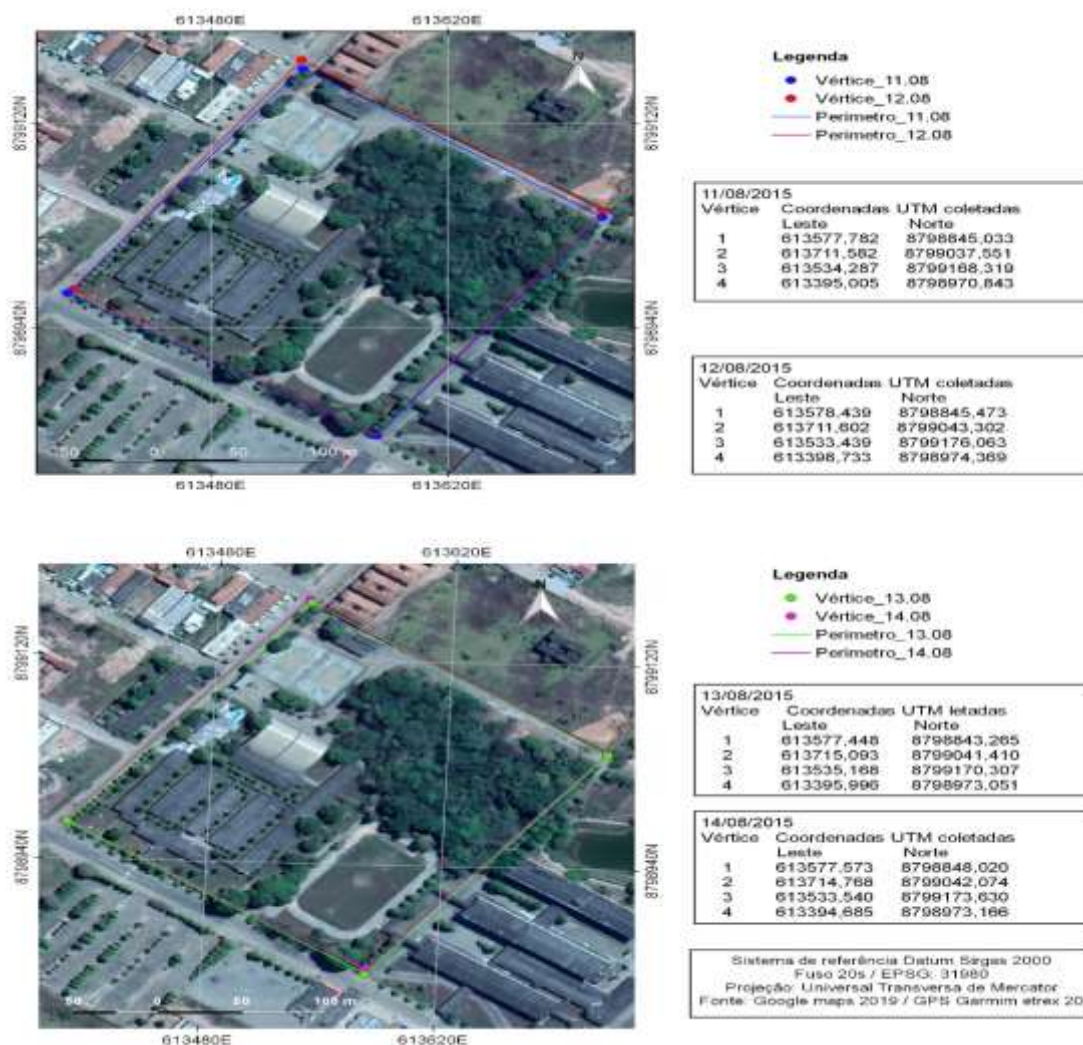
Do dia 12/08/2015 para o dia 13/08/2015 (Tabela 2) a diferença foi menor no perímetro sendo 2,74 metros e na área 0,036 ha correspondente a 360,00 m² diferença de 0,675 %. No dia 13/08/2015 para o dia 14/08/2015 não houve diferença

significativa sendo de 0,03 metros no perímetro e zero para diferença da área (Figura 4).

O experimento executado por Franco (2009) corrobora com este ensaio, ao concluir que por não haver garantias de confiabilidade dos dados obtidos com este tipo de equipamento, o mesmo deve ser utilizado apenas em atividades cuja o nível da precisão seja compatível com as normas técnicas.

Guimarães e Camargo (2014) ao testarem a potencialidade do GPS de navegação Garmin 12 XL utilizando um sistema de baixo custo, corroboram com as informações acima e afirmam que em relação ao cálculo de área realizado por eles em três experimentos concluíram que, quanto maior a área, maior é a discrepância entre os receptores utilizados.

Figura 4 – Perímetro e vértices dos pontos levantados com o GPS Garmin Etrex 20 com tempo de estabilização de 5 minutos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Angulo Filho (2001) em avaliação da exatidão de posicionamento planimétrico de um receptor GPS operando sob diferentes condições de cobertura vegetal afirma que é possível separar as exatidões de posicionamento planimétrico conforme o tipo de cobertura vegetal em dois grupos, um sem cobertura arbórea e outro com cobertura arbórea, confirmando assim a interferência do dossel na recepção dos sinais emitidos pelos satélites e o aumento do tempo de permanência na leitura dos vértices, de maneira geral, melhorou a exatidão de posicionamento planimétrico, o que ratifica a escolha da metodologia de levantamento como sendo fundamental para obtenção de bons resultados de posicionamento.

Segundo Shiratsuchi e Sano (2003) o uso de receptores GPS sem correção diferencial ajuda o controle institucional quando empregado para facilitar o acesso ao banco de dados e localização de experimentos a campo e percebeu-se no detalhamento de parcelas reduzidas, que a medição ficava comprometida devido a uma inconstância de erros nas medições.

Para Santos (2018) a acurácia do posicionamento por GPS é proporcional à duração da sessão, com utilização de receptores de dupla frequência, a acurácia do posicionamento praticamente não se altera com o comprimento da base. Aumentando a quantidade de bases melhora o ajustamento e a acurácia das coordenadas e a acurácia das altitudes ortométricas está na margem de erro das altitudes geométricas, apresentando comportamento semelhante em relação à duração da sessão e ao comprimento da base.

Na comparação dos resultados obtidos pelo GPS navegação com o aparelho teodolito podemos verificar que sem o tempo de estabilização do aparelho a diferença encontrada para a área foi de 0,06 ha e a diferença encontrada para o perímetro foi de 2,83 metros demonstrando que existe diferenças no levantamento do aparelho teodolito com o GPS navegação (Tabela 3).

Tabela 3: RComparação entre os dados de levantamento de perímetro e de área obtidos com o Teodolito e o GPS de navegação Garmin ETREX 20 sem o tempo de estabilização do aparelho no município de Ji-Paraná –RO, 2015.

Levantamento de Perímetro			
APARELHOS UTILIZADOS	Perímetro (metros)	Diferença (metros)	Diferença (porcentagem)
TEODOLITO	933,00	-	-
GPS NAVEGAÇÃO	930,17	2,83	- 0,303
Levantamento de área			
APARELHOS UTILIZADOS	Área (hectares)	Diferença (hectares)	Diferença (porcentagem)
TEODOLITO	5,45	-	-
GPS NAVEGAÇÃO	5,39	0,06	- 1,100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Santos et al. (2016) comparando GPS navegação com um receptor GPS geodésico corroboram com os dados deste levantamento e afirmam que os receptores GPS de navegação, em relação à geodésico, tiveram erros de 1,42 a 3,78% para cálculo de área e de 3,0 m e 9,0 m para posicionamento, não sendo indicado o uso destes modelos para atividades que necessitem de exatidão submétrica.

Castro, Camargo e Vieira (2020) afirmam que o uso da configuração para leitura simultânea dos satélites GPS e GLONASS possibilitam menor variabilidade das medições, proporcionando maior precisão, maior exatidão, melhor aderência ao valor real da área avaliada e menores valores de subestimativa de área, sendo esta então recomendada para o uso em levantamentos preliminares destinados a irrigação.

Em estudo realizado por Mohammed e Issa (2012) com mapeamento planimétrico utilizando GPS de navegação concluíram que receptor GPS navegação pode fornecer precisão horizontal com de cerca de 4m. Este resultado demonstrou que o GPS pode ser utilizado para coleta de dados e produção de mapas planimétricos na escala 1: 7.500 e em escalas cartográficas menores.

Para o tempo de estabilização de 5 minutos do GPS de navegação (Tabela 4) em comparação aos resultados obtidos com o aparelho teodolito verificou-se que a diferença encontrada para a área foi de 0,13 ha e a diferença encontrada para o perímetro foi de 8,8 metros apresentando diferença entre os dois tipos de levantamentos.

Tabela 4: Rondônia - Comparação entre os dados de área e perímetro obtidos no teodolito e GPS de navegação Garmin ETREX 20 com o tempo de estabilização de 5 minuto (2015)

Levantamento de Perímetro			
APARELHOS UTILIZADOS	Perímetro (metros)	Diferença (metros)	Diferença (porcentagem)
TEODOLITO	933,000	-	-
GPS NAVEGAÇÃO	924,200	8,800	- 0,943
Levantamento de área			
APARELHOS UTILIZADOS	Área (hectares)	Diferença (hectares)	Diferença (porcentagem)
TEODOLITO	5,450	-	-
GPS NAVEGAÇÃO	5,320	0,130	- 2,385

Fonte: Elaborada pelos autores.

O resultado do cálculo de área e perímetro realizado sem tempo de estabilização e com tempo de estabilização de 5 minutos quando comparado com a medição feita com o teodolito demonstrou que quanto maior o tempo de estabilização do aparelho GPS, maior é a diferença registrada na precisão.

O GPS de navegação Garmin Etrex apresenta uma leve diferença na precisão em relação a outros levantamentos com modelo da mesma marca (SILVA JUNIOR et al., 2010; FATOR e ZOMRAWI, 2015).

Nossack e Neto (2015) corroboram com o resultado deste artigo, pois em trabalho realizado sobre áreas de averbação de reserva legal com GPS de navegação, concluíram que o aparelho GPS se mostrou inadequado para o levantamento de perímetro de Reserva Legal, porque verificaram que houve sobreposição de áreas de confrontantes, que não correspondem a do imóvel medido.

Rodrigues (2003), em avaliação do uso do sistema posicionamento global na caracterização planimétrica para projetos de irrigação e drenagens concluiu que o GPS Garmin de navegação 12 XS apresentou valores inaceitáveis tanto para as coordenadas X e Y como para os valores de altitude relativa Z, comparados ao equipamento de Estação Total DTM 300, podendo ser utilizado apenas para elaboração de croqui de áreas.

Para Rodriguez-Peres, Alvarex e Sanz-Ablanedo (2007) selecionar um receptor adequado torna-se um problema pois, a coleta dos dados do sistema de posicionamento global, em sua grande parte, está abaixo das copas da floresta,

demonstrando diferenças significativas entre os receptores quanto à exatidão e precisão das coordenadas de medição com precisões diferentes dependendo da cobertura do dossel e das características da floresta, sendo recomendado práticas para cada caso a fim de ajudar a selecionar o receptor mais adequado.

O mesmo foi observado por outros autores como Piedallu and Gegout (2005); Zheng, Wang, and Nihan (2005) quando na utilização do equipamento GPS navegação para levantamento florestal, com diferenças de precisão de acordo com o modelo do GPS utilizado e também por interferência causada pela cobertura vegetal das copas.

O erro vertical associado a um receptor GPS de precisão horizontal de 2 a 5 metros é tal que não é recomendado para uso na coleta de dados para desenvolver modelo digital de elevação (YAO; CLARK, 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A medição feita com GPS de navegação demonstrou que diferentes tempos de estabilização do aparelho obteve discrepância nas leituras das coordenadas dos vértices, que resultaram em diferenças nas medidas de área e perímetro.

Quando a acurácia do resultado do receptor GPS de navegação em relação aos valores medidos com o teodolito, conclui-se que o tempo de estabilização do aparelho é importante para uma melhor triangulação dos satélites disponíveis diminuindo a solução de navegação sendo recomendado o uso do aparelho sem estabilização em pequenas áreas menores que 1 ha que não requeiram precisão do levantamento.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO FILHO, R. **Avaliação da exatidão de posicionamento planimétrico de um receptor GPS operando sob diferentes condições de cobertura vegetal**. Tese. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa Pós-Graduação em Livre-Docente, Piracicaba, 2001. 70p.

CASTRO, M. C.; CAMARGO, L. N.; VIEIRA, V. C. Comparação da determinação de uma área com tecnologia GNSS não diferencial para fins de irrigação. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p.30512-30518, 2020. ISSN 2525-8761. Disponível em: <

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/10558>> Acesso: 18.11.2020.

FATOR, M.; ZOMRAWI, N. Etrex garmin GPS receiver accuracy testing. **International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication**. V. 3, n. 3, 2015. ISSN 23218169. Disponível em: <http://www.sustech.edu/staff_publications/20150625123655683.pdf>. Acesso: 10 jun. 2019.

FRANCO, T. C. R. Análise da precisão no posicionamento com um receptor GPS de navegação. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre-MG, v. 1, n. 3, 2009. pp. 79-86. ISSN 1984-428X. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/articledownload/215/211>> Acesso: 18 mai. 2019.

GUIMARAES, G. N.; CAMARGO, P. O. Potencialidade do gps de navegação garmin 12 XL utilizando um sistema de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 2, 2014. pp. 300-310. ISSN 0100-6916. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162014000200011>

Acesso em: 14 ago. 2019.

KABIR, M. S. N.; SONG, M.; SUNG, N.; CHUNG, S.; KIM, Y.; NOGUCHI, N.; HONG S. Performance comparison of single and multi-GNSS receivers under agricultural fields in Korea. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, vol. 9, n. 1, 2016. pp. 27-35.

LETHAM, L. **GPS Made easy: using global positioning systems in the outdoors**. Seattle: The Mountaineers, 1996.

MOHAMMED, N. Z.; ISSA, I. Planmetric Mapping Using Hand-held GPS. **International Journal of Computer Science and Telecommunications**, Vol. 3, n. 12, 2012. ISSN 2047-3338 Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/338393341_Planmetric_Mapping_Using_Hand-held_GPS> Acesso: 02 marc. 2019.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. Vol. 2. São Paulo: Ed. UNESP, 2007. 287p. ISBN: 8571393281

NOSSACK, F. Á; NETO, E. V. Influência dos trabalhos de averbação de reserva legal realizados com gps de navegação. **Nucleus**. Vol. 12, n. 1, 2015. pp. 223-232. ISSN 1949-

1034 Disponível em:<<http://www.ffcl.com.br/revistas-cientificas-da-fe/revista-nucleus>>Acesso: 15 set. 2019.

PIEDALLU, C., & GEGOUT, J. Effect of forest environment and survey protocol on GPS accuracy. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, vol. 71, 2005.

DOI: 10.14358/PERS.71.9.1071. ISSN 0099-1112 Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/239526051_Effects_of_Forest_Environment_and_Survey_Protocol_on_GPS_Accuracy>Acesso: 18 fev. 2019.

RODRIGUES, V. A. Uso do sistema de posicionamento global na caracterização planialtimétrica para projetos de irrigação e drenagens. **Dissertação de mestrado**. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Programa Pós-Graduação em Agronomia, Botucatu, 2003. 117p.

RODRIGUEZ-PEREZ, J. R., ALVAREX, M. F., & SANZ-ABLANEDO, E. Assessment of low-cost GPS receiver accuracy and precision in forest environments. **Journal of Survey Engineering**, vol. 133, 2007. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/238179576_Assessment_of_Low-Cost_GPS_Receiver_Accuracy_and_Precision_in_Forest_Environments> Acesso: 15 abr. 2019.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento - Tecnologia Transdisciplinar**. Minas Gerais: Editora do Autor, 2000. 220p.

ROCHA, C. H. B. **Uso eficiente do GPS de Navegação no Cadastro de Feições Lineares**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - UFSC Florianópolis, 2004.

ROVIRA-MÁS F.; CHATTERJEE I.; SÁIZ-RÚBIO V. The role of GNSS in the navigation strategies of cost-effective agricultural robots. **Computers and Electronics in Agriculture**, vol. 112, 2015. Disponível

em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169914003275>>

Acesso: 15 marc. 2019.

SANTOS, M. S. T. Potencialidades do gps em levantamentos geofísicos terrestres. **Brazilian Journal of Geophysics**, [S.l.], v. 24, n. 2, p. 295, set. 2018. ISSN 1809-4511.

Disponível em: <<https://sbgf.org.br/revista/index.php/rbgf/article/view/1618>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

SANTOS, R. 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. **Revista Energia na Agricultura**, vol. 31, n.1, 2016. pp.97-101. ISSN: 2359-6562. Disponível

em:<<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2047>> Acesso: 20 jun. 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). **Boletim climatológico**. Disponível em:<

<http://www.sedam.ro.gov.br/%20images/%202016/abril/coordenadorias/cogeo/bol-etins-anuais/BOLETIM-CLIMATOLOGICO-2010.pdf>>, acessado em: 20 julho de 2019.

SHIRATSUCHI, L. S.; SANO, E. E.. **Mapeamento de unidades experimentais**: caso de estudo da Embrapa Cerrados. Relatório Técnico, Embrapa Cerrados, Planaltina, 2003. 31p. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/568131/mapeamento-de-unidades-experimentais-com-gps-caso-de-estudo-da-embrapa-cerrados>> Acesso: 03 fev. 2019.

SILVA JUNIOR, C. A.; MEURER, I.; ALVES DE CARVALHO, L. Análise da precisão de receptores GPS de navegação em planimétrica territorial. **Revista Agrarian**, vol. 2, n. 5, 2010. pp. 21-31. ISSN: 1984 -252X. Disponível em:< <https://www.researchgate.net/publication/278963991-Analise-da-precisao-de-receptores-GPS-de-navegacao-em-planimetria-territorial>> Acesso: 02 set. 2019.

STABILE, M. C. C.; BALASTREIRE, L. A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, vol. 26, n. 1, 2006. pp. ISSN: 0100-6916.

Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010069162006000100024&scrypt=sci_abstract&tlng=pt> Acesso: 11 de marc. 2019.

ZHENG, J., WANG, Y., & NIHAN, N. Quantitative evaluation of GPS performance under forest canopies. IEEE Networking. **Sensing and Control Conference**, vol. 5, 2005. Disponível em:< <https://ieeexplore.ieee.org/document/1461289>> Acesso: 05 out. 2019. DOI: [10.1109 / ICNSC.2005.1461289](https://doi.org/10.1109/ICNSC.2005.1461289).

QUAN, W., LI, J., GONG, X., FANG, J. INS/CNS/GNSS Integrated Navigation Technology. China: **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, 2015. 372p.

YAO, H.; CLARK, R.L. Evaluation of Sub-Meter and 2 to 5 Meter Accuracy GPS Receivers to Develop Digital Elevation Models. **Precision Agriculture**, vol. 2, 2000.

Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011429815226>> Acesso: 20 ago. 2019. ISSN:1573-16