

EFEITO DO MULTICAMINHAMENTO NA EXATIDÃO DE PONTOS TOPOGRÁFICOS OBTIDOS POR APLICATIVOS DE SMARTPHONE

Marcos André do Nascimento Cruz¹, Francisco de Assis de Oliveira², Thiago Pereira de Sousa³, Jacques Carvalho Ribeiro Filho⁴

Resumo: Com o avanço da tecnologia surgem comodidades e formas alternativas de se realizar tarefas. Na topografia essas facilidades estão surgindo em forma de aplicativos para Smartphones voltados para a coleta de coordenadas para levantamentos topográficos. No entanto, o uso desses aplicativos deve ser feito com ressalvas devido à insegurança na precisão dos dados. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo verificar a precisão de aplicativos em levantamentos topográficos. A pesquisa foi desenvolvida no Campus oeste da UFRSA em Mossoró, utilizando quatro aplicativos, o Status do GPS, Dados de GPS, As Minhas Coordenadas GPS e Meu local: Mapas GPS. Foi criada uma poligonal contendo nove vértices, em diferentes condições, sendo alguns em locais aberto e outros em condições suscetíveis ao multicaminhamento sendo os pontos instalados sob copas de árvores ou próximo a edificações. Foram realizadas três coletas de dados durante três dias consecutivos. A partir dos dados coletados foram elaboradas planilhas para elaboração das distâncias de cada alinhamento, perímetros e áreas da poligonal. Os dados obtidos a partir dos aplicativos foram confrontados com os obtidos utilizando o teodolito. Os dados obtidos pelos aplicativos testados sob as condições de estudo não apresentaram precisão satisfatória para serem utilizados em levantamentos topográficos que exigem maior acurácia e precisão. A presença de obstáculos como copa de árvores e edificações aumentam os erros nas coordenadas obtidas pelos aplicativos avaliados nesse estudo.

Palavras-Chave: Topografia; precisão; teodolito; planimetria.

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente tem-se o teodolito como equipamento utilizado na obtenção de ângulos e distâncias (horizontais e verticais) nos levantamentos topográficos, para os mais diversos fins. Com o advento do Sistema de Navegação por Satélite (GPS), essa tecnologia passou a ser utilizada na realização de várias tarefas, dentre elas os levantamentos topográficos, possibilitando a determinação de distâncias, de áreas e perímetros de terrenos, orientação quanto ao norte magnético, além da determinação de altitudes geométricas [1].

Atualmente diversos recursos tecnológicos aplicados aos levantamentos topográficos estão à disposição dos usuários, tais como as estações totais, drones, receptores GNSS, Laser Scanner, e até mesmo os aplicativos de celular. Tais instrumentos apresentam diferentes acuracidades nos dados por eles coletados, cujo emprego associa-se diretamente a finalidade dos dados, precisão das informações, viabilidade, limitação e o tempo de uso desses equipamentos [2].

Conforme a tecnologia avança, novas possibilidades vão surgindo, e assim as pessoas passam a ter acesso a tais inovações, como é o caso dos aplicativos de posicionamento por satélite, instalados nos aparelhos celulares smartphones, que através do sistema GPS fornecem a posição geográfica do usuário em qualquer ponto da superfície terrestre, a qualquer momento, sob quaisquer condições atmosféricas, ininterruptamente [3].

Com a evolução dos smartphones, desenvolvimento e aprimoramento dos aplicativos, tais aparelhos têm demonstrado cada vez mais funções e opções de uso, dentre as quais se tem o posicionamento por satélites via aplicativos específicos, auxiliando no manuseio e no processamento das informações de forma rápida e ao alcance de todos que tenham acesso a um smartphone [4].

Aliado a questões de custo ser relativamente baixo, quando comparado a receptores geodésicos, a flexibilidade da fusão das várias ferramentas e funcionalidade dos smartphones, observa-se um cenário cada vez mais promissor no emprego desses instrumentos como ferramenta associada às atividades profissionais da engenharia, como em levantamentos cadastrais, posicionamento e mapeamento georreferenciado, atualizações de cartas, e georreferenciamento de imagens de satélites [5].

¹ Graduando em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido

² Prof. Dr. Departamento de Ciência Agrônomicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido

³ Dr. em Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba

⁴ Dr. em Engenharia Agrícola, EMATERCE

Apesar de toda comodidade e agilidade do sistema GPS, essa tecnologia, assim como varias outras, está sujeita ao efeito de erros advindos de vários fatores, afetando a acurácia e precisão dos dados. Dentre eles, destaca-se o erro do multicaminhamento, advindo dos vários desvios dos sinais enviados pelos satélites por objetos refletores (árvores, lagos, veículos, construções e etc), antes de ser recebido pela antena do receptor. Acarretando em um caminho mais longo no percurso do sinal, e um atraso no tempo de propagação, consequentemente ocasionam erros nas leituras, efeito esse caracterizado como multicaminhamento [6].

Neste cenário, surge à necessidade de avaliar a precisão desses aplicativos que utilizam os smartphones com receptores de sinal GPS, qual seja influenciada pelas diferentes condições ambientais, como é o caso do multicaminhamento. Assim, foi realizado o presente estudo objetivando analisar a precisão dos dados obtidos pelos aplicativos de recepção do sinal GPS nos smartphones, em função de diferentes condições de multicaminhamento.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área do estudo localiza-se na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Campus Oeste, Mossoró/RN, geograficamente situada a uma latitude de $05^{\circ}12'07,25''S$ e longitude $37^{\circ}19'35,98''W$, com altitude média de 15 metros (Figura 1).

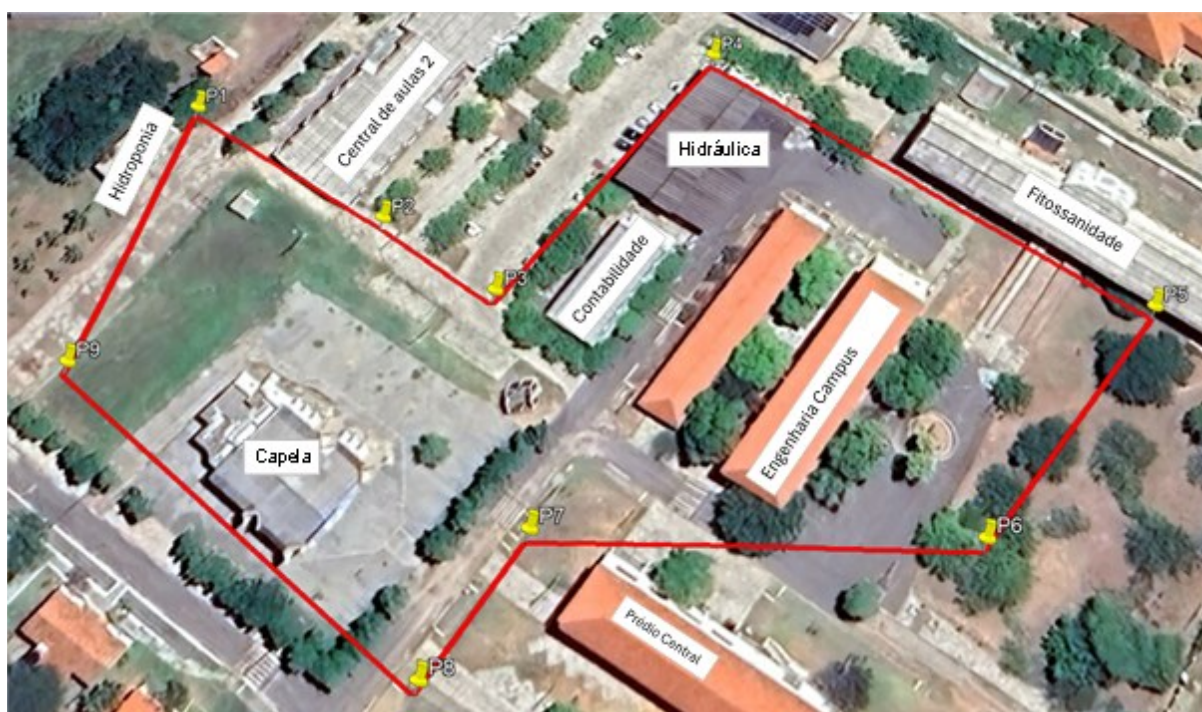


Figura 1. Localização da área de estudo, Fonte: Google Earth (2024).

2.2.2 Equipamentos Utilizados

Os pontos topográficos de interesse foram levantados utilizando um teodolito eletrônico (Figura 2A), uma mira topográfica (Figura 2B), e quatro aplicativos de Smartphone, quais sejam: Status do GPS (Figura 2C), GPS Data (Figura 2D), As Minhas Coordenadas GPS (Figura 2E), Minha localização (Figura 2F).

2.2.2.1. Teodolito Eletrônico (FOIF® - Série DT200):

- Abertura da objetiva de 42 mm, capacidade de aumento da imagem de até 30x.
- Prumo óptico laser, campo de visão 1°20", leitura mínima de 1", foco mínimo de 1 m, imagem direta.
- Leitura angular 10" e precisão angular de 9".



Figura 2A

2.2.2.2. Régua topográfica:

- Mira telescópica de encaixe de alumínio de 5 m de Comprimento
- Utilizada para auxiliar as medições de distâncias horizontais.

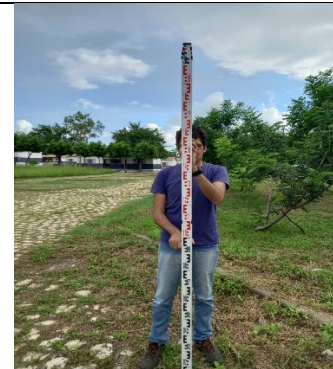


Figura 2B

2.2.2.3. Aplicativo Status do GPS:

- Composto por um conjunto de várias ferramentas integradas é capaz de fornecer a localização na forma de coordenadas (longitude, latitude e altitude).
- Informações de posição: latitude, longitude, altitude.

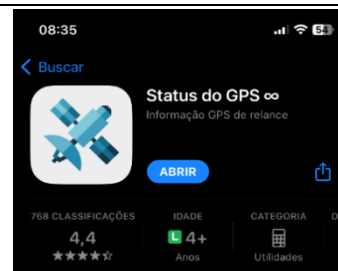


Figura 2C

2.2.2.4. Aplicativo GPS Data:

- Fornece uma interface de conexão do dispositivo com os satélites NAVSTAR, GLONASS, QZSS, Galileo, BeiDou, NavIC.
- Informações de posição: latitude, longitude, altitude.



Figura 2D

2.2.2.5. As Minhas coordenadas GPS:

- Latitude e longitude são exibidas no formato decimal, não necessita conexão com a internet, mas sua precisão depende da qualidade do GPS do dispositivo, permite verificação atual no Maps.
- Informações de posição: latitude, longitude, altitude.



Figura 2E

2.2.2.6. Minha localização, ou Meu local: mapas GPS:

- Importar exportação KML/GPX/GEOJSON, coordenadas em graus, visualização do mapa pelo Google Maps.
- Informações de posição: latitude, longitude, altitude.



Figura 2F

O estudo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira referente à coleta dos dados e a segunda a tabulação, análise e interpretação dos dados. Na primeira etapas foram locados 9 pontos para definição da poligonal, estes materializados por piquetes de madeira.

Em seguida foi realizado o levantamento topográfico convencional utilizando um teodolito eletrônico (Figura 2A), adotando o método do caminhamento. Em cada alinhamento foi observado o ângulo interno de cada vértice, as leituras dos fios estadimétricos superior (Ls), e inferior (Li), além do ângulo zenital de acordo com a inclinação da luneta. A partir dessas leituras determinou-se a distância horizontal (DH) dos alinhamentos, de acordo com a equação 1.

$$DH = 100(Ls - Li)\cos^2 \alpha \quad (1)$$

Em que:

DH – Distância Horizontal, m;

Ls – Leitura do fio estadimétrico superior, m;

Li – Leitura do fio estadimétrico inferior, m;

α – Inclinação da luneta, °.

O ângulo da inclinação da luneta foi determinado pela diferença entre o ângulo zenital (Z) e 90°, de acordo com as equações 2 e 3.

$$\alpha = Z - 90^\circ \text{ (para visada descendente, } Z > 90^\circ \text{)} \quad (2)$$

$$\alpha = 90^\circ - Z \text{ (para visada ascendente, } Z < 90^\circ \text{)} \quad (3)$$

Em seguida foi realizado o levantamento dos pontos por meio dos diferentes aplicativos de Smartphone, repetindo-se três vezes em três dias consecutivos, no mesmo horário e mantendo-se a ordem dos aplicativos. Em cada vértice coletou-se a coordenada de cada aplicativo pelo método absoluto.

Visando manter a mesma posição na coleta dos dados utilizando aplicativos de Smartphone, foi empregado um cano de PVC como bastão, com 1 metro de comprimento e 50 mm de diâmetro interno, sendo o Smartphone fixado na extremidade superior do cano para iniciar a coleta dos dados (Figura 3).

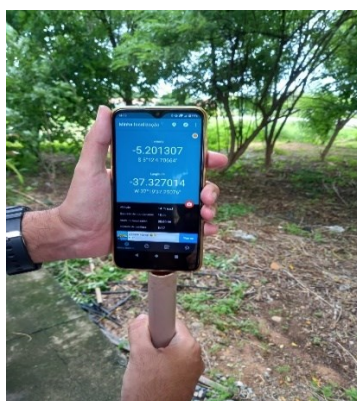


Figura 3. Posicionamento de cólera de dados com os aplicativos

Posteriormente a coleta de campo, os dados foram tabulados em planilha Excel® 2016, procedendo-se a análise da precisão das coordenadas obtidas pelos aplicativos de Smartphone. As coordenadas de cada dia de coleta foram inseridos no software TrackMaker® para verificação das distâncias horizontais de cada alinhamento e o comprimento total do perímetro, obtendo ainda o somatório de todos os alinhamentos.

Para a obtenção das áreas das poligonais, os pontos inseridos no TrackMaker® foram transportados para o Google Earth, e calculadas utilizando a ferramenta “Régua” polígono.

O desvio padrão das distâncias de cada alinhamento formado pelas coordenadas obtidas nos três dias de levantamento para cada aplicativo foi obtida por meio da equação 4.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (4)$$

Em que:

σ – Desvio padrão;

x_i – Distância do alinhamento medida;

$\bar{x}$ – Distância média do alinhamento;

N – Número de medidas por alinhamento.

A precisão dos dados obtidos pelos aplicativos de Smartphone foi obtida a partir da diferença entre a distância horizontal do alinhamento, do perímetro e da área formados pelas coordenadas de cada aplicativo em comparação com os resultados obtidos pelo teodolito (Equação 5).

$$E = |T - A| \quad (5)$$

Em que:

E – Erro do aplicativo;

T – Distância horizontal do alinhamento, perímetro e área obtidas pelo teodolito;

A – Distância horizontal do alinhamento, perímetro e área obtidas pelo aplicativo;

2.3 Resultados e Discussão

Analisando a diferença das distâncias de cada alinhamento formado pelos dados dos aplicativos, em relação ao formado pelos dados obtidos com o teodolito, verificou-se uma grande variação na precisão dos alinhamentos formados pelos dados dos aplicativos em cada trecho analisado.

Verificou-se grande variação no desvio padrão de cada alinhamento formado pelos dados dos aplicativos. Onde nos dados coletados com o aplicativo Minhas Coordenadas GPS os maiores desvio padrão ocorreu no alinhamento 1-2 (9,20 m) e 5-6 (6,62 m).

Nos dados coletados com o aplicativo GPS Data, destaca-se os alinhamentos 5-6 (16,37 m) e 8-9 (15,37 m). No aplicativo Dados GPS a variação dos alinhamentos 9-1 (7,21 m) se sobressaem. Já no aplicativo Minha localização, os maiores desvio padrão foram observados nos alinhamentos 8-9 (14,70 m), 4-5 (12,94 m) e 1-2 (12,45 m) (Figura 4).

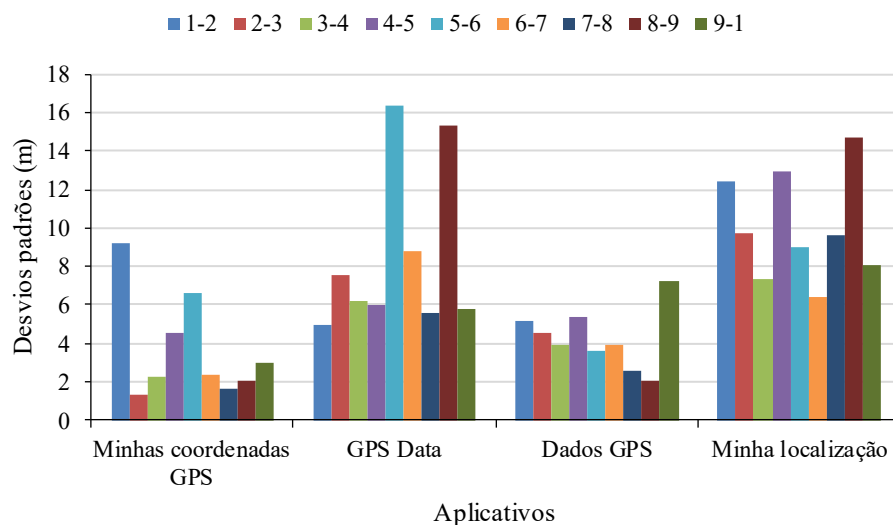


Figura 4. Desvio padrão de alinhamentos formados por coordenadas obtidas com diferentes aplicativos de Smartphones.

Quanto aos erros acometidos na determinação da distância horizontal dos alinhamentos, perímetros e áreas, observou-se um comportamento semelhante, em parte aos apresentados para os desvios padrões. Sendo que para os dados obtidos com o aplicativo Minhas Coordenadas GPS, a maior diferença em relação aos dados do teodolito ocorreu no alinhamento 1-2 (10,71 m), para os demais alinhamentos a variação foi de 1,09 m (alinhamento 7-8) a 3,98 m (alinhamento 5-6).

No aplicativo GPS Data o maior erro foi observado no alinhamento 6-7 (7,89 m), enquanto que nos outros alinhamentos a diferença foi de 1,10 m (alinhamento 8-9) a 7,47 m (alinhamento 5-6). Já nos alinhamentos formados pelas coordenadas do aplicativo Dados GPS, a maior variação ocorreu no alinhamento 9-1 (9,03 m), sendo que nos demais alinhamentos a variação foi de 0,19 m (alinhamento 6-7) a 4,78 m (alinhamento 2-3). Já com os dados do aplicativo Minha localização, o maior foi observado no alinhamento 5-6 (11,40 m), enquanto nos demais alinhamentos a diferença foi de 0,41 m (alinhamento 7-8) a 7,74 m (alinhamento 2-3) (Figura 4).

Os maiores erros observados nos alinhamentos 1-2 (Minhas Coordenadas GPS), 6-7 (GPS Data), 5-6 (Minha localização) e 9-1 (Dados GPS) ocorreu em função do efeito do multicaminhamento ou multitrajetória, ocasionado quando o receptor capta sinais refletidos em objetos ao seu redor. No presente estudo, os alinhamentos 1-2 e 6-7 iniciava em um ponto localizado sob a copa de uma árvore, enquanto o alinhamento 5-6 iniciava próximo de prédios e finalizava sob a copa de árvore. Já o alinhamento 9-1 (Dados GPS) apesar de iniciar em área aberta e findava sob a copa de uma árvore.

Tabela 1. Erros de distância horizontal em cada alinhamento, perímetros e áreas, obtidos a partir dos dados coletados por cada aplicativo em comparação com os dados obtidos com o teodolito.

Coletas	Alinhamentos									P (m)	Área (m²)
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-1		
Minhas coordenadas GPS											
D1	6,57	1,03	3,45	9,16	4,87	5,54	0,59	2,11	5,34	14,84	442,54
D2	21,09	0,88	1,50	1,63	3,04	2,53	0,04	5,26	4,02	16,39	747,97
D3	4,04	3,16	1,02	0,95	10,12	0,79	3,03	1,46	0,38	14,84	129,98
Média*	10,71	1,41	1,28	3,58	3,98	2,95	1,09	2,94	3,70	2,82	56,79
GPS Data											
D1	2,25	1,38	5,48	13,45	9,13	0,62	3,66	17,14	6,11	24,24	39,87
D2	9,07	0,24	6,89	3,39	23,00	16,86	14,39	13,51	4,08	1,23	509,68
D3	0,67	12,19	2,07	2,85	12,45	6,35	6,11	0,16	5,68	4,35	605,52
Média	3,94	3,84	1,19	4,97	7,47	7,89	7,27	1,10	2,77	1,19	53,35
Dados GPS											
D1	0,54	7,02	4,36	2,37	5,29	3,03	6,77	2,15	15,60	9,87	258,18
D2	9,66	7,84	6,52	0,20	0,56	4,51	2,20	5,92	7,59	10,50	78,84
D3	3,38	0,46	1,00	7,83	1,75	0,92	2,52	5,37	1,20	8,65	1121,53
Média	4,66	4,78	3,22	1,82	1,32	0,19	3,42	4,25	9,03	1,67	514,16
Minha localização											
D1	11,78	11,65	8,40	11,82	4,14	10,37	14,79	3,34	12,73	12,57	1008,05
D2	26,43	1,34	6,22	12,82	4,14	0,72	3,03	22,89	0,57	62,66	279,29
D3	1,66	7,74	0,78	7,41	11,40	0,72	0,41	1,75	2,61	14,68	463,20
Média	1,66	7,74	0,78	7,41	11,40	0,72	0,41	1,75	2,61	15,95	129,42

D1, D2 e D3: Dias de coleta de dados; P: Perímetro; Média: Erros obtidos comparando distância horizontal, perímetros e áreas com dados médios das coordenadas dos três dias de coleta. * Média - Erros obtidos pela comparação das distâncias dos alinhamentos obtidas pelas distâncias médias das três coletas de cada aplicativo

De acordo com Nogueira [6], os sinais GPS podem ser refletidos por superfícies inclinadas, verticais ou horizontais “ruas, árvores, lagos, veículos”; dependendo da localização dos receptores durante a coleta de dados, especialmente em estações de referência, devido às reflexões tais sinais percorrem caminhos mais longos e chegam atrasados comparados aos sinais diretos o que ocasionam erros nas leituras e se caracteriza o efeito do multicaminhamento. Esses resultados confirmam com os apresentados por Bezerra [7], o qual observou o maior efeito do multicaminhamento em pontos localizados sob a copa de árvores.

Comparando o perímetro e a área da poligonal respectivamente, formada com os dados do teodolito com os dados coletados pelo aplicativo GPS Data, a variação foi de 1,19 m e 53,35 m²; já no aplicativo Dados GPS foi de 1,67 m e 514,16 m²; no Minhas coordenadas GPS foi de 2,82 m e 56,79 m²; e no Minha localização foi de 15,49 m e 129,42 m² (Tabela 1).

Recentemente vários estudos foram desenvolvidos para avaliar a precisão de vários aplicativos para smartphones em levantamentos topográficos, sendo a maioria dos resultados divergentes em função principalmente de características próprias de cada aplicativo. Silva e Felipe [8] avaliaram dois aplicativos (Fields Area measure e o Mobile Topographer PRO) na medição de distâncias e observaram que não se deve utilizar tais aplicativos com o objetivo de fazer um levantamento georreferenciado, pois sua precisão em relação ao cálculo da distância não é muito boa, mas pode-se usá-los para ter um reconhecimento da área antes do trabalho.

De acordo com Santana et al. [9] é preciso mais estudos para melhor validar essas informações prestadas, visto a grande variedade de Smartphones disponíveis no mercado mundial e as condições técnicas de cada um deles.

Tinoco et al. [10] analisando a precisão de dados obtidos por aplicativos de smartphones, em comparação com dados coletados por estação total, verificaram que os dados do smartphone apresentaram um erro médio de posicionamento em 3,694m. Segundo esses autores essas formas alternativas de georreferenciamento não são aceitáveis para atividades como regularização fundiária e locação de imóveis, pois o erro corre na escala de metros, porém mesmo com esses erros, o uso desses aplicativos pode ser recomendável para uso de navegação em tempo real.

3. CONCLUSÕES

Os dados obtidos pelos aplicativos testados sob as condições de estudo não apresentaram precisão satisfatória para serem utilizados em levantamentos topográficos que exigem maior acurácia e precisão.

A presença de obstáculos como copa de árvores e edificações aumentam os erros nas coordenadas obtidas pelos aplicativos avaliados nesse estudo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOUSA, T. P.; MAIA NETO, F. E.; SILVEIRA, L. R. S.; SOUSA NETO, E. P.; MELO, R. T. Análise comparativa de precisão entre equipamentos topográficos na determinação de medidas de distância. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 8, n. 1, p. 40-43, 2014.
- [2] DIAS, L. M. **Avaliação de diferentes metodologias em levantamentos planialtimétricos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi Árido, Caraúbas, 2019.
- [3] SILVA, V. J.; SILVA, R. N. F. Posicionamento por receptores de navegação: perspectiva de uso em levantamentos topográficos. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 8, 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2013.
- [4] GONÇALVES, D. A. R.; BORGES, R. M. A. Utilização de aplicativos móveis no ensino da Topografia. **Evidência**, Araxá, v. 12, n. 12, p. 147-158, 2016.
- [5] GOMES, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, P. S.; KRUEGER, C. P. Posicionamento pelo GNSS via smartphones: breve histórico e contextualização de novas ferramentas e tecnologias. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 74, n. 3, p. 518-535, 2022.
- [6] NOGUEIRA, E. D. **Observáveis Gps: características e erros**. Universidade do Estado de Mato Grosso. Departamento de Engenharia civil. Topografia II - Aula 10, 2009.
- [7] BEZERRA, E. A. **Avaliação do multicaminhamento no sinal gps em diferentes receptores**. 2015. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- [8] SILVA, C. H. C.; FELIPE, A. L. S. Comparação de aplicativos GNSS em cálculos de distâncias. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF**, Garça, v. 34, n. 1, p. 1-31, 2018.
- [9] SANTANA, J. K. R.; FARIAS, P. L. C.; XAVIER, J. P. S.; FIGUEREIDO, V. P. Precisão de GPS de smartphones: uma ferramenta para pesquisas acadêmicas e trabalhos em campo. **Revista de Geografia**, Recife, v. 9, n. 2, p. 255-267, 2019.
- [10] TINOCO, V. N. V.; NOBERTO, C. C.; MARTINS, M. F. M.; SILVEIRA, B. D. A.; SOUZA JUNIOR, A. M. Comparação entre georreferenciamento de GPS de Smartphones e do Google Earth usando como parâmetro levantamento de alta precisão. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia: CONTECC'2018, 75. **Anais...**, Maceió, 3 p.