



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FERNANDO MENEZES DE MEDEIROS FIRMINO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COORDENADAS OBTIDAS POR
EQUIPAMENTO GNSS E ESTAÇÃO TOTAL NO CENTRO ACADÊMICO DO
AGRESTE – CAA/UFPE**

Caruaru
2023

FERNANDO MENEZES DE MEDEIROS FIRMINO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COORDENADAS OBTIDAS POR
EQUIPAMENTO GNSS E ESTAÇÃO TOTAL NO CENTRO ACADÊMICO DO
AGRESTE – CAA/UFPE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico e defesa realizada por vídeo conferência, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Transportes/Topografia

Orientador(a): Prof. Msc. Renato Mahon Macêdo

Caruaru
2023

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer primeiramente a todos os professores que fizeram parte da minha graduação, pois foi a partir deles que pude acumular conhecimento e habilidades que permitiram chegar neste momento.

Também gostaria de agradecer ao meu orientador de TCC o professor Renato Mahon, que contribuiu com sua orientação, paciência e prontidão para a realização tanto da pesquisa quanto do levantamento topográfico.

Gostaria de agradecer a minha família, e em especial, aos meus pais Edjane Medeiros e Antonio Firmino, que sempre estiveram ao meu lado dando suporte e incentivo.

Gostaria de agradecer aos colegas Joseangelo Nascimento e Alisson Valença, que me ajudaram a realizar o levantamento topográfico.

Por fim, queria agradecer a todos os meus amigos e colegas, em especial, Johnny, Claudio, Daniel, João Pedro, Júlio, Kayton, Paulo, Matheus e Reinaldo.

Análise comparativa entre coordenadas obtidas por equipamento GNSS e Estação Total no Centro Acadêmico do Agreste – CAA/UFPE

Comparative analysis between coordinates obtained by GNSS equipment and Total Station in the Academic Center of Agreste-CAA/UFPE.

Fernando Menezes de Medeiros Firmino¹

RESUMO

O estudo da representação da superfície é uma atividade do ramo da topografia, que consiste na realização de um levantamento topográfico e o processamento dos dados obtidos em campo. Este levantamento topográfico se faz necessário para a obtenção de dados como direções, distâncias, cota e coordenadas, gerando assim informações que levam a representação de um determinado local específico. Diante disto, é importante analisar e comparar a diferença dos diversos tipos de equipamentos e métodos que possam fazer esta representação. A partir desta observação foi elaborada uma comparação de coordenadas planialtimétricas obtidas entre um equipamento GNSS RTK (Sistema de Navegação por Satélite Global - Real Time Kinematic) com uma estação total. Estes levantamentos foram realizados no Centro Acadêmico do Agreste (CAA) que pertence a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizado no município de Caruaru, Pernambuco. Na execução destes levantamentos foram obtidos sete pontos que serviram de base para comparação. E por meio destes sete pontos foi realizada uma análise comparativa voltada para medidas de dispersão e matemática, pois esse tipo de análise demonstra como um conjunto de dados estão dispersos. Deste modo, é possível verificar que o uso da Estação Total ou do GPS/GNSS RTK depende do tipo e das condições do levantamento no qual se pretende fazer, pois ambos os aparelhos demonstraram possuir semelhanças nos resultados de suas coordenadas.

Palavras-chave: coordenadas; Estação Total; GPS/GNSS RTK.

¹Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: fernando.menezesmedeiros@ufpe.br

ABSTRACT

The study of the representation of the surface is an activity in the field of topography that consists of the realization of a topographic survey and the processing of the data obtained in the field. This topographic survey is necessary to obtain data such as directions, distances, quotas, and coordinates, thus generating information that leads to the representation of a specific place. Therefore, it is important to analyze and compare the differences among the various types of equipment and methods that can make this representation. Based on this observation, a comparison was made of the planialtimetric coordinates obtained from a GNSS RTK (Global Navigation Satellite System - Real-time kinematic positioning) device and a Total Station was elaborated. These surveys were carried out at the Academic Center of Agreste (CAA), which belongs to the Federal University of Pernambuco (UFPE), in Caruaru, Pernambuco. In the execution of these surveys, seven points were obtained that served as a basis for comparison. On the basis of these seven points, a comparative analysis has been carried out with a focus on measures of dispersion and mathematics, as this type of analysis shows how a set of data is dispersed. Therefore, it can be seen that the use of a Total Station or RTK GPS/GNSS depends on the type and conditions of the survey to be carried out, as both devices proved to be similar in their coordinate results.

Keywords: coordinates; Total Station; GPS/GNSS RTK.

DATA DE APROVAÇÃO: 05 de outubro 2023.

1 INTRODUÇÃO

A topografia é uma ciência fundamental que tem como objetivo representar e estudar as características artificiais e naturais da superfície terrestre. Estas representações podem ser realizadas a partir de levantamentos altimétricos, planimétricos e planialtimétricos. A topografia é um ramo muito importante na engenharia, cartografia, agricultura, arquitetura e em diversas atividades humanas.

Na topografia existem variados métodos e ferramentas para que se possa adquirir e processar os dados de uma determinada superfície, permitindo assim, a sua representação. Segundo Torres *et al.* (2021), o levantamento topográfico para o estudo de uma determinada área pode ser realizado através de levantamentos convencionais e aerofotogramétricos, principalmente quando se trata de planimetria.

Duas ferramentas muito utilizadas para a obtenção da representação de superfícies são o GPS e a Estação Total. No qual cada uma desta ferramenta possui as suas especificidades e aplicabilidade, apresentando assim vantagens e desvantagens a depender do objetivo pretendido.

O Global Navigation Satellite System (GNSS) é um sistema de posicionamento global que utiliza uma rede de sinais de satélite para determinar as coordenadas geográficas de uma determinada região. O GPS/GNSS é um dos métodos mais avançados para a realização de levantamentos topográficos permitindo a aplicação desta tecnologia em diversas atividades como georreferenciamento, agricultura, monitoramento de barragens, meteorologia, navegação, etc (Silva H. *et al.*, 2016). Outro aspecto importante neste tipo de levantamento é a técnica Real Time Kinematic (RTK) que consiste na transmissão instantânea dos dados entre os receptores com os satélites, onde os dados sofrem correções instantâneas, que propiciam coordenadas mais precisas e em tempo real (Souza et al.,2022). Porém os levantamentos realizados por meio destas técnicas podem apresentar algumas desvantagens como interferências das condições atmosféricas ou até da vegetação e edificações que podem causar perdas de sinal

De acordo com Veiga et al. (2012) as estações totais são equipamentos capazes de calcular medidas angulares e lineares, ou seja, é a junção do teodolito eletrônico, distanciômetro e de um processador que faz estes trabalharem em conjunto fornecendo ângulos e distâncias.

Sendo observado que ambas as ferramentas são muito utilizadas na obtenção de levantamentos topográficos planialtimétricos, é relevante realizar uma comparação entre os

resultados das coordenadas fornecidas pelos dois aparelhos afim de aferir possíveis desvios dos resultados destes para um mesmo levantamento.

Portanto, a fim de comparar e observar estas possíveis diferenças de resultados será realizado a comparação de coordenadas planialtimétricas com equipamento GNSS e com a estação total em pontos específicos do Centro Acadêmico do Agreste (CAA-UFPE). Permitindo assim, a comparação entre os 2 equipamentos.

1.1 Objetivos

Neste tópico será tratado os objetivos gerais e específicos, que forneceram uma visão mais concreta do tema abordado.

1.1.1 Objetivo geral

Comparar as coordenadas planialtimétricas fornecidas pelos equipamentos GPS/GNSS RTK modelo i50 que atua em conjunto com o i73 com as coordenadas levantadas a partir da Estação Total.

1.1.2 Objetivos específicos

Comparação entre GPS/GNSS e estação total.

- Levantar dados topográficos.
- Comparar equipamentos distintos de levantamento topográfico.
- Viabilidade do uso da estação total.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo

O local escolhido para os estudos foi a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), especificamente no Centro Acadêmico do Agreste (CAA) localizado no município de Caruaru,

Pernambuco. Foram escolhidos sete pontos aleatórios no Campus que facilitassem o uso das estações totais, visto que os pontos escolhidos não devem ter a visão obstruída por alguma árvore ou construção, pois diminuindo o número de visada vante do levantamento os erros de manuseio do equipamento podem ser diluídos. A figura 1 mostra como estes pontos foram escolhidos.

Figura 1 - Pontos de estudo



Fonte: Autor (2023)

2.2 Coleta de dados GNSS RTK

Na coleta de dados dos pontos foram utilizadas marcações em tinta branca já instaladas no local, como ilustra a figura 2. As coordenadas dos pontos também foram retiradas do levantamento já realizado por Camelo (2023). Além disso, as marcações em branco foram necessárias para a utilização da estação total. Os pontos do levantamento de Camelo (2023)

foram obtidos através do emprego do GPS/GNSS RTK de modelo i50 e com apoio do modelo i73 e as suas coordenadas estão projetadas em UTM (Universal Transverse Mercator) na zona 25S. A tabela 1 mostra as coordenadas planialtimétricas dos 7 pontos que foram retirados de uma amostra total de 19 pontos.

Figura 2 – Marcações das coordenadas



Fonte: Autor (2023)

Tabela 1 – Coordenadas obtidas pelo GNSS RTK

PONTOS	NORTE RTK (m)	ESTE RTK (m)	COTA RTK (m)
1	9089486,099	171404,579	571,798
2	9089521,495	171395,599	571,117
3	9089532,829	171368,408	569,345
4	9089567,09	171350,851	567,642
5	9089575,795	171295,273	564,864
6	9089587,577	171271,806	564,211
7	9089587,873	171241,732	563,564

Fonte: Adaptado de Camelo (2023)

2.3 Coleta de dados Estação Total

Na coleta dos dados planialtimétricos da Estação total foi utilizado irradiação. O método da irradiação segundo Giovanni (2021) consiste em locar a estação total em um lugar estratégico e ir medindo todos os pontos a ser levantado apenas com as visadas no prisma. Outro fator importante é que neste tipo de levantamento não é possível o cálculo de erros lineares e angulares exigindo assim atenção e cuidados extras para mitigar os possíveis erros grosseiros.

Para o recolhimento dos dados foi usado uma estação total Geodetic G^{D5} que utiliza um laser vermelho visível para a medição das distâncias que podem ser de até cinco mil metros em boas condições atmosféricas e com a utilização de um prisma padrão. Possuindo ainda uma precisão angular de 2'' e um desvio padrão de precisão no modo fino de $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm})$. Caracterizando como uma estação total de precisão alta de acordo com a NBR 13.133/1994. Junto com a estação total foi usado um prisma AVR com offset de 30mm. A ficha técnica da estação total é encontra no anexo A. As figuras 3 e 4 mostram respectivamente, a estação total e o prisma utilizados no levantamento.

Figura 3 – Estação Total G^{D5}



Fonte: Autor (2023)

Figura 4 – Baliza com prisma AVR offset 30mm.



Fonte: Autor (2023)

Portanto, para o levantamento topográfico com a estação total foram utilizados 2 pontos do levantamento de Camelo (2023) como referencial, ou seja, a estação total utilizou apenas pontos fornecidos pelo levantamento do equipamento GNSS RTK em coordenadas UTM, onde de acordo com Silva D. et al. (2016) o levantamento consistiu no que se chama “falso UTM” que é uma prática muito utilizada, no qual se pega uma coordenada em UTM como referência e então é medida e transferida estas coordenadas a partir de um levantamento no plano topográfico local.

Por fim, foi utilizado como referência da estação o ponto com as seguintes coordenadas: 9089566,598 N, 171330,133 E e 566,651 de cota, e como visada ré foi utilizado o ponto 1 do levantamento de Camelo (2023). A figura 5 mostra onde foi locada a estação total.

Figura 5 – Localização da estação total no levantamento

Fonte: Autor (2023)

2.4 Comparação matemática, gráfica e normativa

Depois de realizado os processos de levantamento, foram geradas as coordenadas dos pontos da estação total e assim foi realizado uma comparação entre os pontos, e, conseqüentemente, a comparação dos resultados. Na comparação foram usadas algumas medidas de dispersão como média, variância e desvio-padrão. Além destas medidas de dispersão é usado a distância linear entre os pontos. As equações estão descritas abaixo:

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n \quad (1)$$

$$s^2 = \sum(x - \bar{x})^2 / (n - 1) \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 / (n - 1)} \quad (3)$$

$$dx = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4)$$

Sendo:

\bar{x} = Média;

s^2 = Variância;

s = Desvio-padrão;

dx = Diferença linear.

Além disso, foi feita uma avaliação mais visual e gráfica dos pontos Norte, Este e a suas respectivas cotas, pois por meio desta análise é possível visualizar as curvas e funções que regem os pontos e entender, assim, o comportamento dos resultados obtidos.

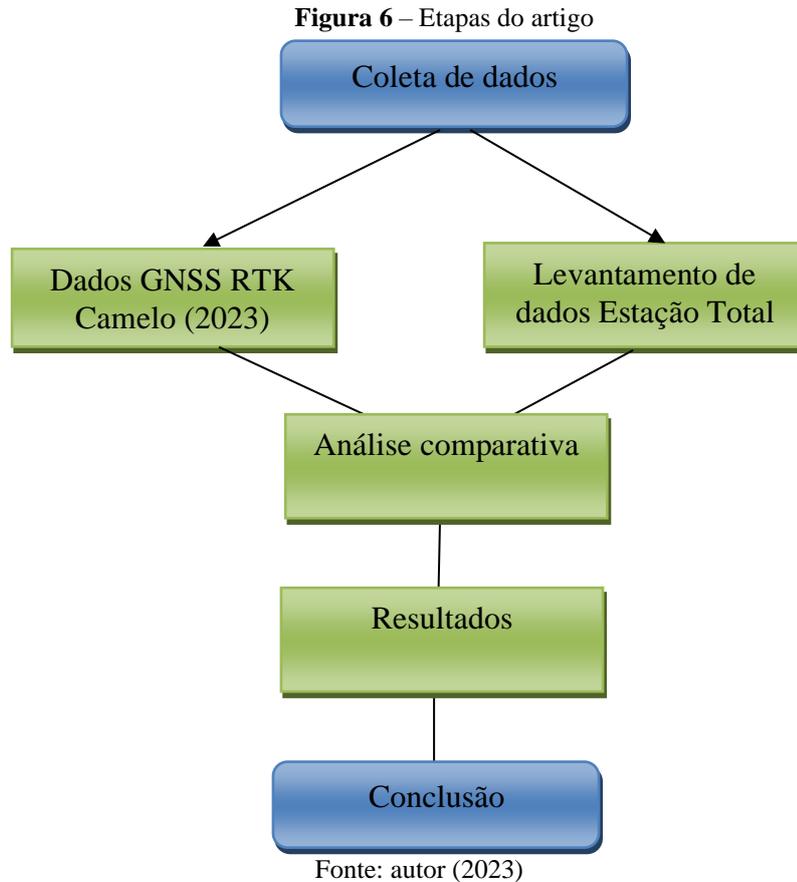
É importante também salientar que o levantamento foi realizado a partir de irradiações e não de poligonais apoiadas e fechadas, impedindo, assim, o cálculo do erro de fechamento angular e linear. Porém, é feito uma aproximação, pois a NBR 13.133/1994 traz o erro de fechamento linear que é basicamente a diferença ou distância entre as coordenadas real inicial e a coordenada calculada para levantamentos do tipo poligonais apoiadas e fechadas. Assim, é adaptado só com o intuito comparativo para o tipo de irradiação do levantamento, onde a coordenada real inicial será os pontos colhidos pelo GPS/GNSS RTK e a coordenada calculada corresponderá aos pontos obtidos pela estação total. Diante disto, é feito apenas uma comparação com a NBR 13.133/1994 que traz conceitos de classes e limites máximos para o erro linear em levantamentos planimétricos com uso da estação total. A partir da tabela 2 é possível ver as classes, a definição da classe, e o método de cálculo para cada classe, onde L é a distância da estação total ao ponto medido em quilômetro.

Tabela 2 - Classes dos levantamentos de acordo com o erro linear

Classes	Definição	Erro Linear
IP	Adensamento da rede geodésica - (transporte de coordenadas).	$0,10 \cdot \sqrt{L}$
IIP	Apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia.	$0,30 \cdot \sqrt{L}$
IIIP	Adensamento do apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia.	$0,42 \cdot \sqrt{L}$
IVP	Adensamento do apoio topográfico para poligonais IIIP. Levantamentos topográficos para estudos de viabilidade em projetos de engenharia.	$0,56 \cdot \sqrt{L}$
VP	Levantamentos topográficos para estudos expeditos.	$2,20 \cdot \sqrt{L}$

Fonte: Adaptado de Filho (2022) e ABNT NBR 13.133 (1994)

Assim, a figura 6 mostra de forma simplificada e resumida todos os passos metodológicos.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados será usado todas os métodos citados anteriormente, no qual todos os cálculos foram efetuados com auxílio do software Microsoft Excel que é um editor, gerenciador e criador de planilhas. A partir disto, os dados foram identificados como ET para o levantamento com a estação total e RTK faz referência aos pontos obtidos pelo equipamento GPS/GNSS do levantamento de Camelo (2023). A primeira comparação foi feita entre os dados planimétricos como é mostrado na tabela 3. Posteriormente são comparados os dados altimétricos observados na tabela 4.

Outra análise importante é a gráfica, pois demonstrou visualmente como os elementos se comportam e também as suas respectivas equações. A figura 7 mostra as coordenadas planimétricas dos pontos e as suas respectivas equações. Na figura 8 é possível ver as curvas e equações dos pontos que foram gerados pelas cotas destes e na figura 9 a diferença entre os pontos.

Tabela 3 - Comparação de dados planimétricos coletados na Estação Total e GNSS RTK

Pontos	Norte ET (m)	Este ET (m)	Norte RTK (m)	Este RTK (m)	$\Delta N ET-RTK $ (m)	$\Delta E ET-RTK $ (m)
1	9089486,158	171404,526	9089486,099	171404,579	0,059	0,053
2	9089521,516	171395,545	9089521,495	171395,599	0,021	0,054
3	9089532,844	171368,397	9089532,829	171368,408	0,015	0,011
4	9089567,076	171350,858	9089567,090	171350,851	0,014	0,007
5	9089575,801	171295,321	9089575,795	171295,273	0,006	0,048
6	9089587,560	171271,856	9089587,577	171271,806	0,017	0,050
7	9089587,858	171241,827	9089587,873	171241,732	0,015	0,095

Fonte: Autor (2023)

Tabela 4 - Comparação de dados altimétricos coletados na Estação Total e GNSS RTK

Pontos	Cota EST (m)	Cota RTK (m)	$\Delta cota EST-RTK $ (m)
1	571,791	571,798	0,007
2	571,1	571,117	0,017
3	569,321	569,345	0,024
4	567,615	567,642	0,027
5	564,833	564,864	0,031
6	564,192	564,211	0,019
7	563,502	563,564	0,062

Fonte: Autor (2023)

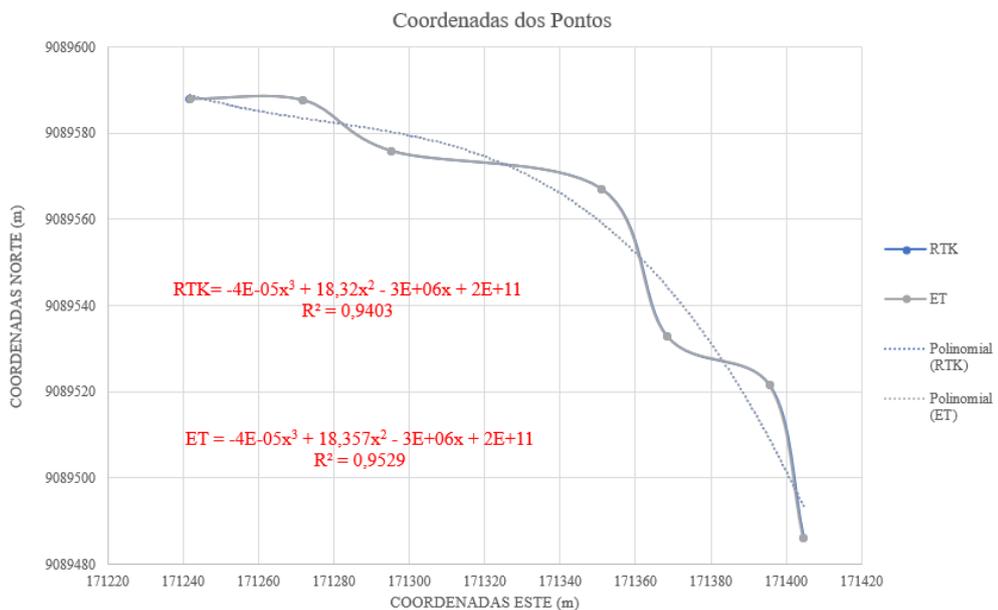
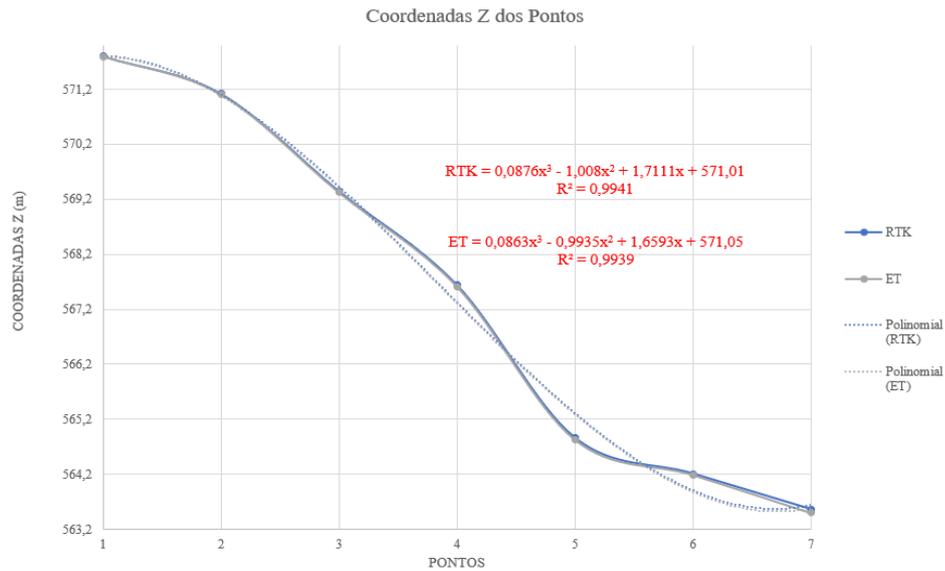
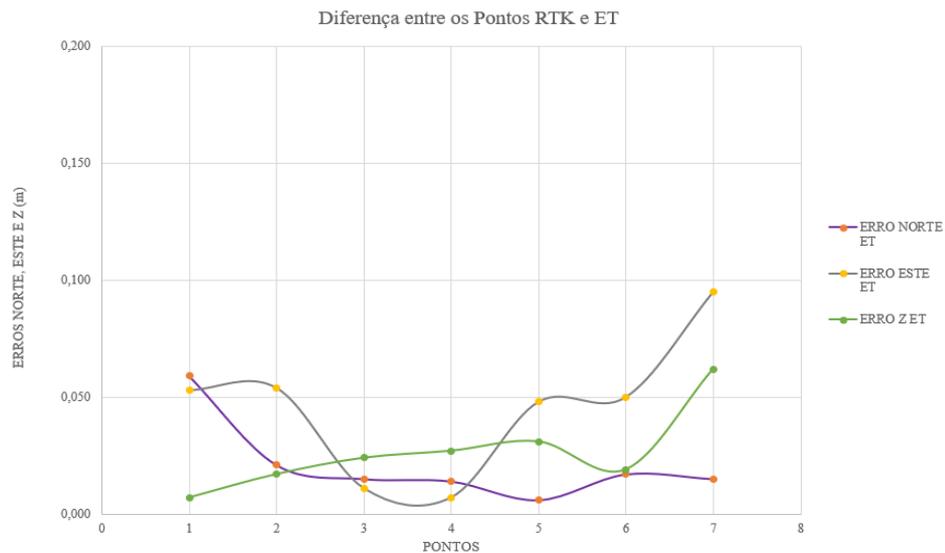
Figura 7 – Gráfico e equação das coordenadas planimétricas dos levantamentos RTK e ET

Figura 8 – Gráfico e equação das cotas dos levantamentos RTK e ET**Figura 9** – Gráfico das diferenças entre os pontos ESTE, NORTE E Z entre o RTK e ET

É observado nas figuras 7 e 8 que visualmente os gráficos são semelhantes. E por isto só é possível visualizar bem apenas uma curva, pois estas curvas estão sobrepostas o que ocasiona pouca mudança nas suas equações de linha de tendência. Mostrando que os resultados das coordenadas estão semelhantes.

Outro aspecto importante é observado na figura 9, mostrando que a diferença dos pontos aumenta de acordo com a distância do ponto medido e da estação total, como é mostrado na tabela 5. Por fim, é visto que ambos os resultados são próximos e tendo como único resultado

distante o ponto 7 que pode indicar alguma peculiaridade como a perda de alguns centímetros por erro cometido na sua medição.

Contudo, ainda é necessário examinar mais os dados através de medidas de dispersão e erros lineares afim que se possa ter uma visão mais completa e precisa dos levantamentos realizados. Estes dados podem ser observados na tabela 5, 6 e 7.

Tabela 5 - Distâncias entre os pontos

Pontos	ET (m)
1	109,567
2	79,442
3	51,024
4	20,730
5	36,008
6	61,933
7	90,830

Fonte: Autor (2023)

Tabela 6 - Comparação de média, desvio padrão, variância, maior e menor valor

	Norte ET (m)	Este ET (m)	Cota ET (m)
Média	0,021	0,045	0,027
Desvio Padrão	0,016	0,027	0,016
Variância	0,0003	0,001	0,0003
Maior	0,059	0,095	0,062
Menor	0,006	0,007	0,007

Fonte: Autor (2023)

Tabela 7 - Comparação da diferença linear entre os pontos

Pontos	EST (m)
1	0,079
2	0,058
3	0,019
4	0,016
5	0,048
6	0,053
7	0,096

Fonte: Autor (2023)

A partir das tabelas 5, 6 e 7 é visto que os valores são próximos, o que indica que os valores possuem tanto exatidão quanto precisão. Ainda é visualizado que as coordenadas planimétricas podem variar de 0,6 cm nos pontos de medição mais próximos e 9, cm nos pontos mais distantes. Na parte altimétrica é vista a mesma tendência com os valores entre 0,7 cm e 6,2 cm.

Por fim, a diferença linear mostra a distância real em linha reta dos pontos, onde os valores podem variar de 1,6 cm até 9,6 cm, indicando, portanto, que os dados são mais confiáveis e que seus valores são mais próximos do RTK para distâncias mais curtas e mais elevados para distâncias mais longas. Porém, o fato de a distância linear aumentar de acordo com a distância é um aspecto normal para qualquer levantamento usando a estação total, pois quanto mais se aumenta as distâncias e o número de visadas vantes podem aparecer mais erros e perdas de eficiência naturais.

No entanto, ainda é necessário comparar a adaptação feita a partir dos termos da NBR 13.133/1994. No qual, esta análise vai indicar o descarte ou não dos levantamentos, assim como, a sua classificação a partir dos limites máximos dos erros lineares que foram mostrados na tabela 2. Para calcular este erro linear dos pontos obtidos pela estação total é preciso somar os erros das componentes Norte e Este que é igual a diferença linear já calculada na tabela 7. Tendo todos esses valores é possível analisar os limites de classes para cada ponto como mostra as tabelas 8. Deste modo, é realizado a classificação individual de cada ponto em termo de suas classes como observado na tabela 9.

Tabela 8 - Cálculo dos limites máximos dos erros lineares para cada ponto e distância da ET

Classes	Erro Linear	1	2	3	4	5	6	7
IP	$0,10.\sqrt{L}$	0,033	0,028	0,023	0,014	0,019	0,025	0,030
IIP	$0,30.\sqrt{L}$	0,099	0,085	0,068	0,043	0,057	0,075	0,090
IIIP	$0,42.\sqrt{L}$	0,139	0,118	0,095	0,060	0,080	0,105	0,127
IVP	$0,56.\sqrt{L}$	0,185	0,158	0,126	0,081	0,106	0,139	0,169
VP	$2,20.\sqrt{L}$	0,728	0,620	0,497	0,317	0,417	0,547	0,663

Fonte: Autor (2023)

Tabela 9 - Erros lineares e sua respectiva classe

Pontos	Erro (m)	Classes dos pontos ET
1	0,079	IIP
2	0,058	IIP
3	0,019	IP
4	0,016	IIP
5	0,048	IIP
6	0,053	IIP
7	0,096	IIIP

Fonte: Autor (2023)

Então, observando a NBR 13.133/1994 é notado que os levantamentos ET e os seus pontos variaram das classes IP até IIIP, mostrando assim, que seus pontos levantados podem ser considerados para algum fim, pois estes se enquadram nos parâmetros da norma. O outro aspecto relevante para este tipo de levantamento é a norma NBR 14.166/1996 que aborda a conversão das coordenadas no plano UTM em um plano topográfico local, ou seja, como a Estação Total trabalha com medidas reais e não as projetadas pode ocorrer uma divergência entre as coordenadas em UTM e da estação total, e que aumentam de acordo com a distância. Sendo assim, é possível ainda aproximar os resultados de ET através do fator de quadrícula encontrado em algumas estações totais ou fazendo os cálculos destas conversões.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, a comparação entre as coordenadas planialtimétricas obtidas pelos equipamentos GPS/GNSS RTK e Estação Total revelam que mesmo não fazendo as conversões de UTM para o plano local os resultados do levantamento ET são satisfatórios em termos da adaptação comparativa da norma, pois este possui uma classificação mínima de IIIP. Mostrando que levantamentos a distâncias mais curtas podem ser bastante precisos. Já para os levantamentos mais longos pode ocasionar em erros consideráveis e que necessitariam de correções destas distorções.

Portanto, em termos deste tipo de levantamento a estação total pode ser utilizado para atividades que não requerem muita exatidão e que sejam realizados em extensões mais curtas. Assim, o uso do GPS/GNSS RTK e da estação total possuem as suas vantagens e desvantagens. Onde o uso de cada um pode depender da localização do levantamento, da extensão dele, das

condições climáticas, da velocidade requerida do levantamento e do número de pessoas. Então, em levantamentos que necessitam de muitos pontos, agilidade e o mínimo de pessoas para a sua realização, o uso de GPS/GNSS RTK é o mais adequado. E em levantamentos com condições atmosféricas um pouco mais adversas ou em locais próximos de edificações e árvores a estação total pode ser uma boa opção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 14166**: Rede de Referência Cadastral Municipal: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

CAMELO, P, I, C. **Análise da precisão de dados de posicionamento obtidos por GPS/GNSS RTK e LIDAR na UFPE-CAA: um estudo comparativo**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2023.

FILHO, H, F, O.; SILVA, R, N, F. **Análise comparativa do levantamento planialtimétrico integrado ao projeto *as built* de esgotamento sanitário**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

GIOVANNI, A. **Levantamento Topográfico por irradiação?** Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/levantamento-topografico-por-irradiacao/>. Acesso em: 12 de maio de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). **Calculadora Geográfica**. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/calcula/>. Acesso em: 24 de agosto de 2023.

SILVA, D; FREDERICO, L; COSTA, G. **Cálculo aproximado de fator de escala UTM para uso direto em estações totais**. Revista Brasileira Geomatica, v.4, n. 1, p.59-67, jan/abr. 2016.

SILVA, H; MONICO, J; ALVES, D. **Análise do desempenho do RTK em rede no brasil sob efeito da cintilação ionosférica.** Revista Brasileira de Cartografia, No 68/10: 2083-2102, 2016.

SOUZA, E; MONTEIRO, R; ASSUNÇÃO, A. **Tecnologias GNSS aplicadas em campo, nos modos RTK rádio interno e RTK via NTRIP.** Revista Paramétrica, v. 14, n.1, 2022.

TORRES, E; TINOCO, V; JUNIOR, A. **Comparação acurácia de um levantamento topográfico com estação total e drone, associados ao GNSS RTK: estudo de caso em NATAL/RN.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2021.

VEIGA, L.; ZANETTI, M.; FAGGION, P. **Fundamentos da topografia: engenharia cartográfica e de agrimensura.** Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2012.

ANEXO A – FICHA TÉCNICA DA ESTAÇÃO TOTAL

ESPECIFICAÇÃO

Geodetic | MANUAL GD5 (360R)

Medição de Distância

TIPO	NTS-362R/5R	NTS-362L/5L
	Laser vermelho visível	Laser infravermelho
Onda Portadora (somente para série NTS-362R/5R)	0,650-0,690 m	
Sistema de Medição	Frequência básica 60 MHz	
Tipo de EDM	coaxial	
Display mínimo	0,1 mm	
Laser Facular (somente para série NTS-362R/5R)	Sem refletor	Aprox: 7x14mm/20m
	Com refletor	Aprox.: 10x20mm/50m
Correção atmosférica	Entrada manual, Auto correção	
Refração atmosférica e Correção de curvatura da Terra		
Constante do Prisma	Entrada manual, Auto correção	
Unidade de Dist.	Metro/ Pé US/ Pé internacional/ Pé-Poleg. Seleccionável	
Leitura	Máx: 99999999,9999 m Mínimo: 0,1 mm	
Quant. Medições média	Valor médio medição de 2-255 vezes, seleccionável	
PRECISÃO		
Somente para a série NTS-362R/5R		
Com refletor		
Modo de Medição	Desvio Padrão de Precisão	Tempo de Medição
Fino	+(2mm+2ppm-D)	<1,2s
Rastreamento	+(5mm+2ppm-D)	<0,5s
Rastreamento IR-sheet	+(5mm+2ppm-D)	<1,2s
Sem Refletor		
Modo de Medição	Desvio Padrão de Precisão	Tempo de Medição
Fino sem Refletor	+(5mm+2ppm-D)	<1,2s
Rastreamento sem Refletor	+(10mm+2ppm-D)	<0,5s
Somente para a Série NTS-362L/SL		
Modo de Medição	Desvio Padrão de Precisão	Tempo de Medição
Fino	+(2mm+2ppm-D)	<1,2s
Rastreamento	+(5mm+2ppm-D)	<0,5s

FAIXA DE MEDIÇÃO		
Somente para a série NTS-362R/SR		
Com refletor		
Condição de Tempo bom	Prisma Padrão Simples	Fita do Refletor
Distância mais longa	5000m	800mm
Sem refletor		
Atmosférica	Sem refletor (alvo branco)	Sem refletor (cinza, 0,18)
Objeto em forte luz solar Brilho de calor intenso	240 m	150 m
Objeto na sombra ou céu encoberto	300 m	180 m
Cartão cinza Kodak utilizado com medidor de exposição para luz refletida		
Somente para NTS-362L/5L		
		NTS-362L/5L
Maior Distância (Tempo bom)	Prisma Simples	5,0km

Outras especificações

	NTS-362(L/R)	NTS-365(L/R)
MEDIÇÃO DE ANGULO		
Método de medição	Absoluto contínuo	
Diâmetro do Circulo	79 mm	
Leitura mínima	1"/5" selecionável	
Precisão	2"	5"
Método de detecção	Horizontal: Duplo Vertical: Duplo	
TELESCÓPIO		
Imagem	Em pé	
Comprimento do tubo	154 mm	
Abertura efetiva	45 mm (EDM: 50 mm)	
Ampliação	30x	
Campo de Visão	1° 30'	
Foco Mínimo	1 m	
Relação de resolução	3"	
AUTO COMPENSADOR		
Sistema	Eixo duplo Líquido- elétrico	
Faixa de Operação	+3'	
Precisão	3"	
NÍVEL		
Nível da base	30"/2mm	
Nível circular	8'/2mm	

PRUMO ÓPTICO	
Imagem	Em pé
Ampliação	3x
Faixa de focalização	0,5 m ~∞
Campo de Visão	5°
DISPLAY	
Tipo	LCD, 6 linhas, digital
COMUNICAÇÃO DE DADOS	
Porta	RS-232 C, USB, SD
BATERIA INTERNA	
Tipo	Bateria Ni-H recarregável
Tensão	6V DC
Modelo	NB-25
Tempo de operação Contínuo	8h
AMBIENTE	
Temperatura	-20°~+50°C
DIMENSÃO E PESO	
Dimensão	160x150x330 mm
Peso	5,2 kg

FERNANDO MENEZES DE MEDEIROS FIRMINO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COORDENADAS OBTIDAS POR
EQUIPAMENTO GNSS E ESTAÇÃO TOTAL NO CENTRO ACADÊMICO DO
AGRESTE – CAA/UFPE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico e defesa realizada por vídeo conferência, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Transportes/Topografia

Aprovado em 05 de outubro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Renato Mahon Macêdo (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Shirley Minnell Ferreira de Oliveira (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.Me. Antônio José Prado Martins Santos (Avaliador)
Instituto Federal Baiano