

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PERIMÉTRICO: MÉTODO GNSS RTK X MÉTODO POLAR

Perimetric Topographic Survey: RTK GNSS Method x Polar Method

André Pinto Rocha

Instituto Federal de Alagoas – IFAL/Maceió

Professor do Departamento de Construção Civil
Rua do Ferroviário, 530 – Centro – Maceió-AL

Instituto Brasileiro de Educação Continuada – INBEC/Maceió

Pós-Graduação Lato Sensu em Infraestrutura de Transportes – Rodovias
Rua Meló Póvoas, 55 – Jaraguá – Maceió-AL
andr3.ifal@gmail.com

Leopoldo Marcílio Gonçalves Souza

Instituto Federal de Alagoas – IFAL/Coruripe

Professor da Coordenadoria de Edificações
Rodovia Engenheiro Guttemberg Brêda Neto – AL-101 Sul – Alto do Cruzeiro – Coruripe-AL
leopoldomarcilio@gmail.com

Rodrigo Rafael Fernandes Ferreira

Instituto Federal de Alagoas – IFAL/Coruripe

Bolsista de Iniciação Científica PIBIC - Curso Técnico em Edificações
Rodovia Engenheiro Guttemberg Brêda Neto – AL-101 Sul – Alto do Cruzeiro – Coruripe-AL
rodrigoferreira.rf550@gmail.com

Mariana Bispo da Silva

Instituto Federal de Alagoas – IFAL/Coruripe

Voluntária de Iniciação Científica PIBIC - Curso Técnico em Edificações
Rodovia Engenheiro Guttemberg Brêda Neto – AL-101 Sul – Alto do Cruzeiro – Coruripe-AL
maribispo2016@gmail.com

Resumo:

O desenvolvimento tecnológico na área de aquisição de dados espaciais proporcionou melhorias em equipamentos, softwares e técnicas de medição visando o posicionamento espacial que refletem na produtividade em campo. Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade posicional de levantamento topográfico perimétrico de parcelamento do solo em áreas urbanas, utilizando: (a) Estação Total, método polar; e (b) receptor GNSS RTK, método GNSS RTK. Para determinar a base geodésica foi empregado o levantamento GNSS estático com pós-processamento através do PPP-IBGE. No levantamento perimétrico com receptor GNSS RTK, este apresentou maior comodidade na mensuração e agilidade em campo na definição do dado espacial em comparação com método polar com estação total. Foram analisados os resultados para caracterização da geometria da superfície do lote urbano, tendo leve discrepância (variação máxima de 0,20%) no sistema UTM e similaridade (variação máxima de 0,02%) no Plano Topográfico Local (PTL).

Palavras-chave: Levantamento perimétrico; GNSS RTK; estação total.

Abstract

The technological development in the area of spatial data acquisition has provided improvements in equipment, software and measurement techniques aiming the spatial positioning that reflect in the productivity in the field. This work aims to evaluate the positional quality of perimetric topographic survey of land parceling in urban areas, using: (a) Total Station, polar method; and (b) RTK GNSS receiver, GNSS RTK method. To determine the geodetic basis the static GNSS survey was used with post-processing through the PPP-IBGE. In the perimetric survey with GNSS receiver RTK, this one presented greater comfort in the measurement and agility in the field in the definition of the spatial data in comparison with the polar method with total station. The results were analyzed for the characterization of the geometry in the surface of the urban lot, with slight discrepancy (maximum variation of 0.20%) in the UTM system and similarity (maximum variation of 0.02%) in the Local Topographic Plan (PTL).

Keywords: Perimetric survey; GNSS RTK; total station.

1.INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico na área de aquisição de dados espaciais possibilitou o desenvolvimento em equipamentos, acessórios, softwares e técnicas de medição convergindo para resultados com maior acurácia.

A técnica de levantamento GNSS RTK utiliza as medições das fases das portadoras e das pseudodistâncias para a mensuração das distâncias satélites-antena, tendo o envio em tempo real das correções diferenciais entre os receptores base e móvel. O modo em tempo real RTK proporciona facilidade de uso, rapidez e precisão sendo aplicadas em diversos serviços topográficos, entre os quais se destacam levantamento de detalhes, levantamento cadastral, locação de obras entre outros (SILVA e SEGANTINE, 2015). O GNSS RTK é um dos métodos de posicionamento mais avançados no momento, tendo a grande vantagem na obtenção de posições em tempo real, podendo ser aplicadas em diversas atividades de engenharia, como locações de obras, controle de máquinas, cálculo de volumes (MONICO, 2008). Atualmente tem-se uma tendência em pesquisas de posicionamento GNSS em tempo real, seja aplicando o RTK com transmissão de correções via protocolo de internet, UHF, ou por RTK em rede, ou ainda por posicionamento PPP, em tempo real ou pós-processado (SOUZA, GÁRNES e MARQUES, 2014).

O uso de estação total no levantamento topográfico possibilita aquisição de observações angulares e lineares, estruturada numa rede topográfica a partir de poligonais objetivando definir as coordenadas das irradiações dos pontos de detalhe, trabalho este, abalizado pela verificação do nível de precisão obtida no levantamento de campo (TULER e SARAIVA, 2014). O levantamento de pontos-objeto através de estação total pode ser executado por diversas técnicas, tais como interseção a vante, interseção a ré, irradiação entre outros (GAMA, SEIXAS e SOUZA, 2012).

As coordenadas geodésicas têm como fundamento a figura do elipsóide de referência; as coordenadas UTM são obtidas através de uma projeção cartográfica cilíndrica conforme, que por definição, possui distorções; as coordenadas topográficas no sistema de projeção ortogonal cotada são obtidas através do campo topográfico vinculado pela vertical do lugar a partir da mensuração de grandezas angulares e lineares. A elaboração de desenho ou planta com coordenadas UTM, não representa diretamente as medições em campo (TULER e SARAIVA, 2016).

Este trabalho tem como objetivo apresentar e avaliar os métodos de levantamento topográfico perimétrico com a utilização de receptores GNSS RTK, método GNSS RTK e estação total, método polar, visando contribuir na utilização de metodologias para o levantamento cadastral de limites de parcelas territoriais.

2.EQUIPAMENTOS E MÉTODOS

Esta seção apresenta os equipamentos e a metodologia de coleta e processamento dos dados topo-geodésicos.

2.1.Equipamentos

- Receptores GNSS FOIF Survey A-30 dupla frequência (L1+L2) com unidade controladora para configuração em campo, precisão horizontal de $\pm 2,5\text{mm}+1\text{ppm}$ em levantamentos L1/L2 estático e estático-rápido e de $\pm 10\text{mm}+1\text{ppm}$ em RTK;
- Estação Total FOIF 105R3, precisão angular (5") e linear ($\pm 2\text{mm}+2\text{ppm}$). De acordo com a NBR 13.133/1994, a precisão angular e linear deste é classificada como precisão média;
- *Softwares*: AutoCAD 2017 (Versão Educacional), TopoGRPAH Bentley (Versão 08.11.09.339) e Libre Office Calc 2015.

2.2. Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos estão definidos pelo fluxograma da Figura 1. A etapa 1, refere-se ao levantamento: (a) estação base através do posicionamento GNSS estático com pós-processamento pelo PPP-IBGE; e (b) pontos de apoio com método GNSS RTK. A etapa 2, refere-se ao levantamento do lote urbano empregando o método polar a partir da estação total e o método GNSS RTK com receptor GNSS RTK. Na etapa 3, foi realizada análise dos resultados da caracterização geométrica do lote urbano no sistema UTM e no sistema PTL.

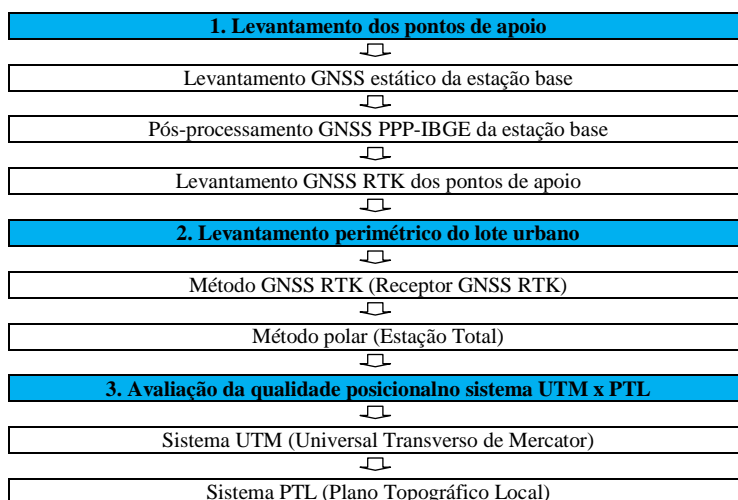


Figura 1 – Fluxograma metodológico

2.2.1. Levantamento da estação base

Para implantação da estação base (Fig. 2) no sistema de referência SIRGAS2000, foi realizado o levantamento GNSS empregando os parâmetros de rastreamento:

- Método de levantamento: Estático;
- Tempo de rastreamento: 5h30min;
- Máscara de elevação: 10°;
- Taxa de gravação: 01 segundo;
- Altura da antena: 1,417 m (inclinada).



Figura 2 – Levantamento GNSS da estação base

O planejamento do tempo de rastreamento da estação base foi definido através das recomendações mínimas de estimativa da precisão para Posicionamento por Ponto Preciso – PPP elaborada pelo IBGE (Tab. 1) em função do tempo de observação e tipos de observáveis GNSS.

Tabela 1 – Estimativa da precisão para Posicionamento por Ponto Preciso - PPP

TEMPO DE OBSERVAÇÃO	PRECISÃO (L1)			PRECISÃO (L1/L2)		
	Latitude	Longitude	Altitude	Latitude	Longitude	Altitude
1 h	10 cm	20 cm	20 cm	2 cm	4 cm	4 cm
2 h	5 cm	12 cm	12 cm	1 cm	2 cm	2 cm
4 h	3 cm	8 cm	8 cm	5 mm	1 cm	2 cm
6 h	3 cm	7 cm	7 cm	5 mm	1 cm	1 cm

Fonte: (A MIRA, 2018)

2.2.2. Pós-processamento da estação base – PPP IBGE

Para obtenção da coordenada da estação base vinculada ao sistema SIRGAS2000 foi empregado o serviço de pós-processamento de observáveis GNSS on-line gratuito PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) mantido pelo IBGE, sendo necessário informar:

- Método de levantamento: Estático;
- Modelo e altura da antena GNSS: FOIF A30 com 1,417 m de altura;
- E-mail válido para recebimento do relatório final de pós-processamento.

2.2.3. Levantamento perimétrico: Método GNSS RTK

Para o levantamento GNSS RTK dos pontos perimétrico do lote urbano (Fig. 3), foi realizado rastreamento das constelações GPS e GLONASS, com medição empregando o centro de fase da antena, com altura da antena de 2,062 m, utilizando tempos de rastreamento de 5, 10, 15 e 20 segundos, visando avaliar a qualidade posicional de diferentes tempos de ocupação na obtenção de coordenadas corrigidas em tempo real no cadastral de limites de parcelas territoriais.



Figura 3 – Levantamento GNSS RTK: (a) Receptores base e rover; (b) Rastreamento do ponto P4

2.2.4. Levantamento topográfico perimétrico: Método polar – Estação Total

Para o levantamento topográfico perimétrico da área de estudo com estação total através do método polar, foram levantadas grandezas angulares e lineares em combinação com a função de medição por coordenadas do equipamento topográfico (Fig. 4a). Como pontos de apoio e orientação do levantamento topográfico foram utilizados pontos levantados por tecnologia GNSS

estático relativo pós-processado e GNSS RTK no sistema Plano Topográfico Local (PTL). Para melhorar a precisão da obtenção das coordenadas dos pontos visados (PV) que definem o lote urbano foi utilizado o tripé que auxilia na manutenção da verticalidade do conjunto bastão-prisma (Fig. 4b).



(a)



(b)

Figura 4 – Levantamento método polar: (a) Estação total; (b) Conjunto bastão-prisma fixados na vertical com auxílio de tripé

2.2.5. Sistema Plano Topográfico Local - PTL

Para conversão das coordenadas UTM para topográfica (PTL) dos pontos levantados por tecnologia GNSS RTK com tempo de rastreamento de 5, 10, 15, 20 segundos dos vértices do lote urbano e dos pontos de apoio topográfico, visando compatibilização entre medições topográficas e pontos determinados por tecnologia GNSS, foi empregado o software TopoGRAPH Bentley, através do módulo coordenadas UTM x Topográficas, sendo necessário especificar:

- Meridiano central = $39^{\circ}00'00''$ W;
- Datum = SIRGAS 2000;
- $N_0 = 8.879.216,960$ m;
- $E_0 = 811.574,444$ m;
- $X_0 = 5.000,000$ m;
- $Y_0 = 10.000,000$ m;
- Altitude de referência = 50,000 m.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados obtidos do levantamento topográfico perimétrico: método GNSS RTK confrontando com método polar por estação total.

3.1. Estação base – Pós-processamento GNSS PPP IBGE

O Pós-processamento de dados GNSS através do serviço on-line gratuito PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) mantido pelo IBGE, apresentou uma interface amigável para obtenção de coordenada geodésica (Tab. 2), tendo como produto o envio de relatório do processamento posicionamento por ponto preciso:

- Tempo de rastreo: 5h30min;
- Modo de operação do usuário: Estático;
- Observação processada: Código e Fase;
- Órbitas dos satélites: Rápida;
- Frequência processada: L1 e L2;
- Desvio-Padrão do processamento: Latitude (0,011 m) e Longitude (0,009 m).

Tabela 2 – Coordenada da estação base (Pós-processamento GNSS PPP-IBGE)

PONTO	COORDENADA GEODÉSICA		COORDENADA UTM	
	Latitude (ϕ)	Longitude (λ)	N (m)	E (m)
Base	10°07'36,1894" W	36°09'25,3605" S	8.879.216,960	811.574,444

3.2. Levantamento perimétrico no sistema UTM – Método GNS RTK

No levantamento perimétrico com emprego do receptor GNSS RTK com rastreo de 05, 10, 15 e 20 segundos, foi obtida solução “fixa” em tempo real na determinação das coordenadas perimétricas com tempo de execução do levantamento variando de 01 minuto e 30 segundos a 03 minutos na aquisição do dado espacial. Como parâmetro de qualidade do rastreo foram observados os indicadores de diluição da precisão (DOP) (Fig. 5) e RMS com valor entre 0,9 e 1,1 cm no posicionamento em tempo real (Tab. 3).

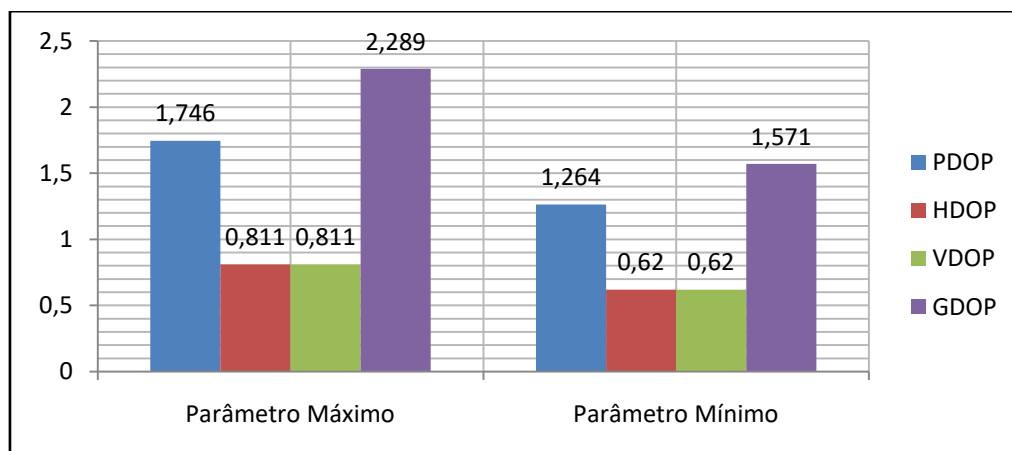


Figura 5 – Diluição da precisão (DOP) no rastreo GNSS RTK

Tabela 3 – Levantamento perimétrico no sistema UTM – Método GNSS RTK (Rastreamento com tempo de ocupação dos pontos com 05, 10, 15 e 20 segundos).

PONTO	COORDENADAS UTM		TEMPO TOTAL DE LEVANTAMENTO	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)	RMS (m)
	N (m)	E (m)				
P1-05seg	8.879.225,707	811.589,664	≈ 1 min e 30 seg	1.084,898	132,117	0,010
P2-05seg	8.879.208,536	811.559,064				0,010
P3-05seg	8.879.238,636	811.543,143				0,011
P4-05seg	8.879.251,967	811.570,615				0,011
P1-10seg	8.879.225,700	811.589,658	≈ 2 min	1.084,466	132,091	0,010
P2-10seg	8.879.208,538	811.559,054				0,010
P3-10seg	8.879.238,624	811.543,143				0,010
P4-10seg	8.879.251,957	811.570,606				0,010
P1-15seg	8.879.225,716	811.589,656	≈ 2 min e 30 seg	1.084,325	132,082	0,009
P2-15seg	8.879.208,533	811.559,073				0,010
P3-15seg	8.879.238,645	811.543,157				0,011
P4-15seg	8.879.251,961	811.570,620				0,010
P1-20seg	8.879.225,702	811.589,665	≈ 3 min	1.084,239	132,077	0,009
P2-20seg	8.879.208,541	811.559,066				0,009
P3-20seg	8.879.238,623	811.543,154				0,011
P4-20seg	8.879.251,955	811.570,617				0,010

3.3. Levantamento perimétrico no sistema PTL – Método polar

O levantamento perimétrico utilizando o método polar com estação total (Fig. 6) adotando apoio topográfico no sistema PTL através do módulo de mensuração por coordenadas (Tab. 4) com medições diretamente no prisma na posição direta da luneta, adotando constante de prisma com -30 mm, tendo como distância horizontal 33,598 m do ponto de ré (E1) apresentou um tempo de execução com aproximadamente 06 minutos, sendo necessário um ponto de estação para realizar o levantamento dos pontos de interesse.

Tabela 4 – Levantamento perimétrico no sistema UTM e PTL

PONTO	COORDENADAS UTM		COORDENADAS PTL	
	E (m)	N (m)	X (m)	Y (m)
P1	811.589,664	8.879.225,707	5.015,132	10.008,877
P2	811.559,064	8.879.208,536	4.984,715	9.991,447
P3	811.543,143	8.879.238,636	4.968,559	10.021,378
P4	811.570,615	8.879.251,967	4.995,864	10.034,942

Analisando as coordenadas dos pontos perimétricos do lote urbano no sistema PTL entre a geometria por método polar e GNSS RTK (Tab. 5) foi verificado erro linear máximo de 2,4 cm e mínimo de 2,0 cm a partir da distribuição espacial do conjunto de coordenadas.

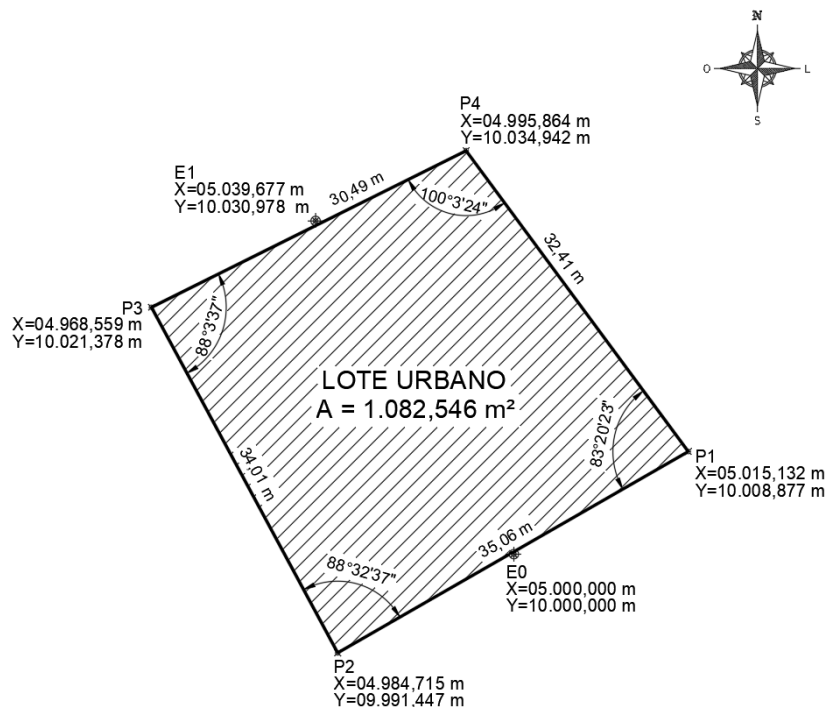


Figura 6 – Levantamento perimétrico através do método polar com estação total

Tabela 5 – Levantamento perimétrico no sistema PTL – Método GNSS RTK (Rastreamento com tempo de ocupação dos pontos com 05, 10, 15 e 20 segundos).

TEMPO DE OCUPAÇÃO	PONTO	COORDENADAS PTL		ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	ERRO LINEAR (mm)
		X (m)	Y (m)			
05 seg	P1	5.015,131	10.008,873	1.082,582	131,976	4
	P2	4.984,706	9.991,449			7
	P3	4.968,536	10.021,385			24
	P4	4.995,869	10.034,945			6
10 seg	P1	5.015,125	10.008,865	1.082,734	131,986	14
	P2	4.984,696	9.991,451			2
	P3	4.968,536	10.021,373			24
	P4	4.995,860	10.034,934			9
15 seg	P1	5.015,123	10.008,881	1.082,616	131,978	10
	P2	4.984,715	9.991,446			2
	P3	4.968,550	10.021,394			18
	P4	4.995,874	10.034,939			10
20 seg	P1	5.015,132	10.008,868	1.082,526	131,973	9
	P2	4.984,708	9.991,454			9
	P3	4.968,547	10.021,372			13
	P4	4.995,871	10.034,933			11

3.4. Comparação do levantamento perimétrico método polar x GNSS RTK

Confrontando a geometria do lote urbano entre o método polar (estação total) e o método GNSS RTK, verificou-se uma discrepância nos valores de área e perímetro decrescente (Tab. 6), tendo uma diminuição destes valores com o aumento do tempo de rastreo.

Tabela 6 – Comparação levantamento topográfico método polar x GNSS RTK no sistema UTM.

MEDIÇÃO	ÁREA (m ²)	DISCREPÂNCIA ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)	DISCREPÂNCIA PERÍMETRO (cm)
Topográfica	1.082,730	-	131,984	-
GNSS RTK - 05 seg	1.084,898	- 2,17	132,117	- 13,30
GNSS RTK - 10 seg	1.084,466	- 1,74	132,091	- 10,70
GNSS RTK - 15 seg	1.084,325	- 1,60	132,082	- 09,80
GNSS RTK - 20 seg	1.084,239	- 1,51	132,077	- 09,30

Na avaliação da geometria do lote urbano entre o método polar (estação total) e o método GNSS RTK com quatro faixas de rastreo no sistema PTL (Tab. 7), verificou-se homogeneidade na caracterização da geometria através do conjunto das coordenadas.

Tabela 7 – Comparação levantamento topográfico método polar x GNSS RTK no sistema PTL.

MEDIÇÃO	ÁREA (m ²)	DISCREPÂNCIA ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)	DISCREPÂNCIA PERÍMETRO (cm)
Topográfica	1.082,546	-	131,973	-
GNSS RTK - 05 seg	1.082,582	- 0,036	131,976	- 0,30
GNSS RTK - 10 seg	1.082,734	- 0,018	131,986	- 1,30
GNSS RTK - 15 seg	1.082,616	- 0,070	131,978	- 0,50
GNSS RTK - 20 seg	1.082,526	- 0,020	131,973	- 0,00

4. CONCLUSÕES

O trabalho consistiu em apresentar diferentes metodologias de levantamento topográfico perimétrico de lote urbano, empregando-se estação total e receptores GNSS RTK. Para aplicação da metodologia polar com utilização de estação total foi necessário a utilização de pontos de apoio topográfico visando o georreferenciamento dos pontos definidores do lote urbano. No emprego da metodologia GNSS RTK foi necessário implantar estrutura geodésica (ponto de apoio básico) em modo estático e realizar pós-processamento através do serviço on-line PPP do IBGE, sendo uma ferramenta interessante na obtenção de coordenadas vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro SIRGAS2000. A utilização da coletora para configuração dos parâmetros de rastreo do levantamento GNSS RTK, tornou a dinâmica da operação de campo produtiva. Foi necessária a conversão das coordenadas UTM para topográficas para integrar os resultados na mesma base de dados de projeção, visando minimizar os efeitos das distorções geradas pelo

sistema de projeção cartográfica, neste sentido o sistema TopoGRAPH Bentley se mostrou uma ferramenta eficiente na automatização do processamento topográfico.

As técnicas de posicionamento apresentadas visando o cadastro de limites de parcelas territoriais urbanas e rurais tem-se especificidades que inviabilizam ou dificultam a execução do trabalho, tais como: obstruções e multicaminhamento de sinais, especialmente em ambientes urbanos (canyons urbanos) no caso de técnicas de GNSS; em levantamentos com estações totais tem-se a necessidade de intervisibilidade entre as estações, com o aumento do número destas, tem-se degradação da precisão no transporte de coordenadas; podendo contornar estas problemáticas com a integração de diferentes geotecnologias de posicionamento.

Neste trabalho, pode-se contribuir na disseminação das práticas topográficas no curso técnico de edificações no IFAL/Coruripe, visando à contribuição do processo ensino-aprendizado no bipé ensino e pesquisa.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133**: Normas Técnicas para a Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

ATUALIZADAS AS ESPECIFICAÇÕES E NORMAS PARA LEVATAMENTOS GEODÉSICOS, TÉCNICAS GNSS – ASSOCIADOS AO SISEMA GEODÉSICO BRASILEIRO. **Revista A Mira – Agrimensura e Registros Públicos**; Criciúma – SC, n. 183, 2018.

GAMA, L. F.; SEIXAS, A. de; SOUZA, A. M. B. de. **Implantação e Análise de Estruturas Geodésicas Planimétricas obtidas por GPS e Estação Total: Aplicações em Levantamentos Cadastrais Urbanos**. Revista Brasileira de Cartografia, Nº64/2, p.227-247. Disponível em:<<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/437>>. Acesso: 10 de setembro de 2018.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. 2ed. São Paulo: UNESP, 2008.

SILVA, I.; SEGANTINE, C. L. **Topografia para Engenharia: Teoria e prática de Geomática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SOUZA, A. do N.; GÁRNES, S. J. dos.; MARQUES, H. A. **Avaliação do posicionamento GNSS obtido pelos métodos cinemático RTK/NTRIP e PPP em tempo real**. Revista Brasileira de Cartografia, Nº66/5, p.1117-1133. Disponível em:<<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/772>>. Acesso: 10 de setembro de 2018.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Geodésia e Cartografia**. Porto Alegre: Bookman, 2016.