

IMPLANTAÇÃO DE MARCOS GEODÉSICOS PARA PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E RESTAURAÇÃO DE RODOVIAS

IMPLEMENTATION OF GEODETIC LANDMARK FOR PROJECTS OF CONSTRUCTION AND RESTORATION OF ROADS

Gabriela Francisco de Souza¹
Leonard Niero da Silveira²

Resumo

Para que uma rodovia ou qualquer outra aplicação em engenharia seja implementada, existe a necessidade de estabelecer um sistema de referência geodésico. Para estudo de caso, foram implantados marcos geodésicos com a função básica de referenciar um projeto de readequação da rodovia SC-438 entre os municípios de Painel e São Joaquim, no Estado de Santa Catarina. A implantação dos vértices deu-se por meio de rastreio dos sinais dos sistemas constituintes do GNSS (*Global Navigation Satellite System*), com origem das coordenadas no vértice SAT94025, pertencente à rede brasileira de monitoramento contínuo do GNSS e mantido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O sistema de projeção cartográfica utilizado para projetos de implantação rodoviária foi o sistema local transversal de mercator (LTM), que possui distorção linear menor que o sistema universal transversal de mercator (UTM), sendo mais adequado para a posterior locação da obra utilizando-se métodos clássicos. A altimetria apoiou-se nas referências de nível da rede de nivelamento geométrico de alta precisão do sistema geodésico brasileiro, cujo um dos circuitos passou pelo local de estudos. Foram estabelecidos, no trecho, 78 vértices para apoio a levantamentos topográficos e métodos mais modernos de levantamento como o RTK (*Real Time Kinematic*).

Palavras-chave: Estradas. Geodésia. GNSS. LTM.

Abstract

For a road or any other application in engineering is implemented, there is a need to establish a geodetic reference system. For study case, surveying landmarks were implanted with the basic function of referencing a realignment project of the highway SC-438 between the cities of São Joaquim and Painel in the Santa Catarina state. The deployment of the geodetic vertex gave up through screening of signals from the GNSS constituents (*Global Navigation Satellite System*), with the origin of coordinates at the geodetic vertex SAT94025 belonging to the Brazilian network of continuous monitoring of GNSS and maintained by the IBGE (Brazilian Institute of geography and Statistics). The cartographic projection system used for road projects to implement the local system was transverse mercator (LTM), which has the lowest linear distortion than a universal

transverse Mercator system (UTM), being more suitable for further leasing of work using classical methods. The altimetry relied on references level of a leveling network of high precision of the brazilian geodetic system, which has one of the circuits by local studies. Were established, in local, 78 landmarks for support a topographic survey and more modern methods such as RTK (Real Time Kinematic).

Key words: Roads. Geodesy. GNSS. LTM.

1 Introdução

Para o mapeamento ou para aplicações em engenharia existe a necessidade de definir, estabelecer e manter um sistema de referência geodésico de apoio.

As redes planimétrica e altimétrica do sistema geodésico brasileiro servem de estrutura básica para a implementação de uma rede referencial local.

O Marco Geodésico, de apoio local, é um ponto materializado no terreno cujas coordenadas são determinadas a partir das redes geodésicas de primeira ordem (vértices do SGB), sendo de grande importância no georreferenciamento de qualquer obra ou empreendimento, além de apresentar-se como importante instrumento para atualização cartográfica.

Atualmente, com o advento dos sistemas de posicionamento baseados em satélites artificiais, pode-se recorrer às bases ativas do sistema GNSS, representado no Brasil pela RBMC, destinado à comunidade técnico-científica, que necessita de dados confiáveis e de fácil obtenção.

Para o estabelecimento dos vértices de apoio deve-se, ao menos, dispor de uma estação cujas coordenadas sejam conhecidas, ocupando-a simultaneamente com os pontos onde as coordenadas serão transportadas, tendo o cuidado de formar polígonos fechados para o controle da acurácia dos produtos resultantes do processamento dos dados.

Portanto, o levantamento deverá partir sempre de uma estação pertencente ao SGB e de acordo com a norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais, estabelecida pelo INCRA, os valores utilizados como referência deverão ter seus

respectivos indicadores de precisão fornecidos pela entidade que as determinou, no caso presente o IBGE.

O sistema de projeção cartográfica, bem como as diretrizes de estabelecimento de redes geodésicas para apoio à implantação ou recuperação de rodovias seguem as especificações do departamento nacional de infraestrutura de transportes (DNIT) que prevê a implantação de marcos a cada 500 m e a utilização dos sistema de projeção plana LTM.

Embora não esteja normatizado nem especificado, pode-se utilizar métodos de rastreamento GNSS para o levantamento topogeodésico da rodovia, apoiando este levantamento à rede estabelecida.

2 Material e métodos

A área de estudo, onde foram aplicados os métodos de levantamento e implantação da rede geodésica de apoio foi a antiga SC-438 (atual SC-110), entre os municípios de Painel e São Joaquim, para a readequação rodoviária do trecho.

Foram utilizados, para a materialização da rede geodésica de apoio, 78 vértices dispostos par a par, distanciando-se aproximadamente 100 m um do outro. Cada par de vértices distanciam-se aproximadamente 1000 m. A forma e dimensão dos marcos seguem a norma de serviço número 001/2008 de 01/09/2008 – Padronização de Marcos Geodésicos – Agosto de 2008, instituída pelo IBGE. Os Marcos são troncos de pirâmide com as dimensões de 18 cm x 18 cm no topo, 30 cm x 30 cm na base e 40 cm de altura, encimado por uma chapa metálica com a identificação do ponto. A figura 1 ilustra as dimensões do marco utilizado.

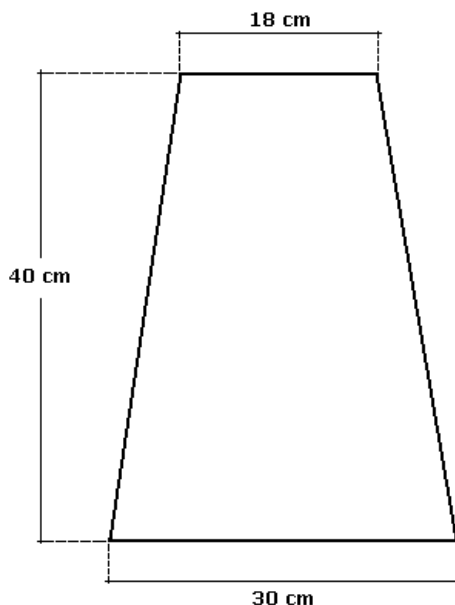


Figura 1 – Forma e dimensão dos vértices implantados

Para o rastreamento dos vértices da rede de apoio foram utilizados um par de receptores GNSS multifrequência marca Javad, modelo Triumph-1, com capacidade de rastreamento das constelações NAVSTAR/GPS, GLONASS nas faixas de frequência L1/L2/L2C. Também foram utilizados receptores marca Topcon, modelo Hiper Light Plus, rastreando as constelações NAVSTAR/GPS e GLONASS nas faixas de frequência L1/L2. Os dois modelos também possuem módulo de correção em tempo real para levantamentos no modo RTK (*Real Time Kinematic*).

Para o levantamento da rodovia e de sua faixa de domínio, foram utilizados, além dos receptores GNSS em modo RTK, uma Estação Total, marca Topcon, modelo GTS-105N e uma Estação Total, marca Pentax, modelo R315-N.

Para o transporte de coordenadas horizontais e altitude elipsoidal para os vértices da rede geodésica de apoio, foi utilizado como referência o vértice SAT94025, pertencente à rede planimétrica de alta precisão do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) e da RBM (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), localizado no município de Lages. Para o rastreamento, os pares de receptores locais rastrearam os sinais GNSS de forma simultânea ao receptor da RBMC, formando figuras fechadas (triângulo), possibilitando

a aferição da precisão e acurácia do posicionamento. O tempo de ocupação dos vértices foram o suficiente para a obtenção de soluções fixas e soluções livres da refração ionosférica (*ionofree*), em média, 30 minutos de ocupação para linhas de base de até 50 Km, em locais de excelente rastreabilidade. A figura 2 ilustra os vetores de posicionamento de um par de pontos da rede de apoio a partir do vértice da RBMC.

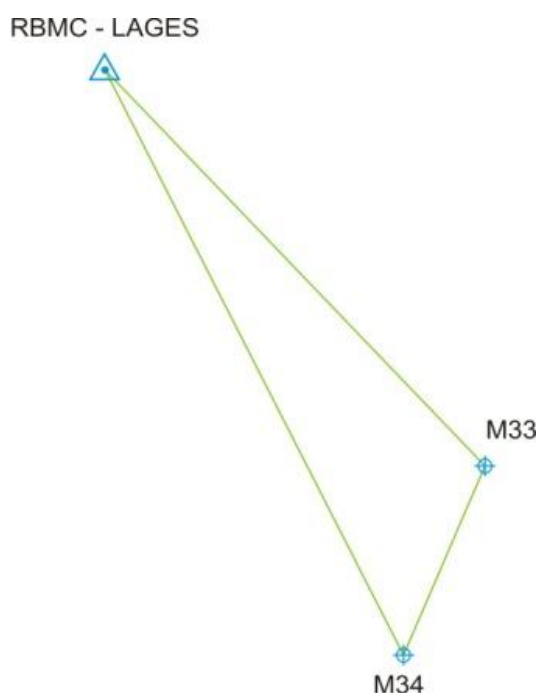


Figura 2 – Exemplo de triangulação executada

Para o transporte das altitudes ortométricas, foram utilizados como referência, as referências de nível da rede de nivelamento geométrico de alta precisão do SGB, cujo um dos circuitos passam pela área em estudo.

Na determinação das altitudes ortométricas (referenciada ao nível médio do mar no marégrafo do porto de Imbituba – SC), foi utilizado o método relativo das diferenças de ondulação geoidal, utilizando como modelo do geóide local o MapGeo2010.

Neste método o transporte da altitude ortométrica é realizado com o posicionamento, por GNSS, a partir da componente vertical, altitude elipsoidal (h) e ondulação geoidal, obtida a partir de um modelo geoidal, como mostrado na figura 3.

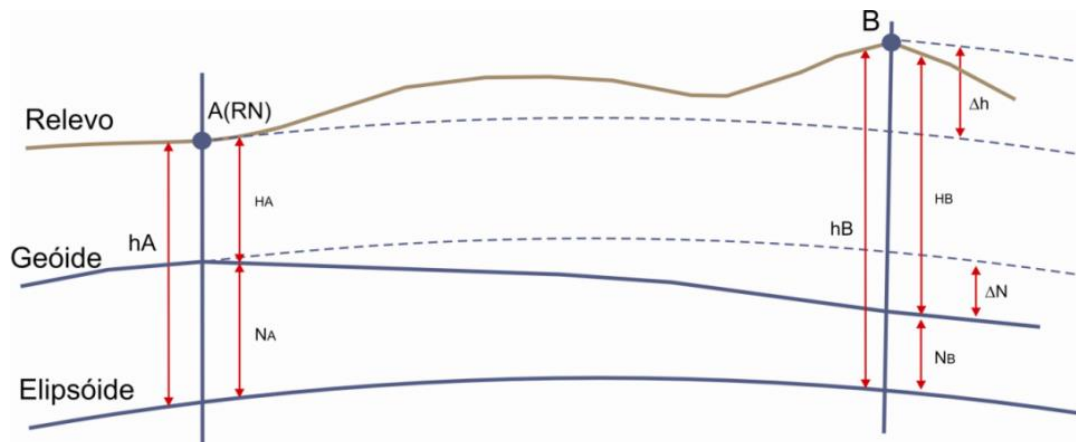


Figura 3 – Transporte de altitude ortométrica – método relativo

Na figura:

- h_A = altitude elipsoidal de A (RN);
- h_B = altitude elipsoidal de B;
- H_A = altitude ortométrica de A;
- H_B = altitude ortométrica de B;
- N_A = ondulação geoidal em A;
- N_B = ondulação geoidal em B;
- ΔN = diferença de ondulação geoidal;
- Δh = diferença de altitude elipsoidal;

a) Elementos conhecidos em a (RN)

H_A = altitude ortométrica obtida na monografia do RN.

b) Elementos determinados em a (RN)

h_A = altitude elipsoidal - transportada em poligonal fechada (GNSS);
 N_A = ondulação geoidal obtida a partir de um modelo geoidal.

c) Elementos determinados em b

h_B = altitude elipsoidal - transportada em poligonal fechada (GNSS);
 N_B = ondulação geoidal obtida a partir de um modelo geoidal.

d) Elemento procurado em b

H_B = altitude ortométrica em B

Fórmula utilizada:

$$H_B = H_A + \Delta h - \Delta N$$

Onde:

$$\Delta h = h_B - h_A \text{ (RN)}$$

$$\Delta N = N_B - N_A \text{ (RN)}$$

Onde:

h = altitude elipsoidal determinada em poligonal fechada – triângulos ajustados.

N = ondulação geoidal absoluta obtida em um modelo geoidal.

Δh = diferença de altitude elipsoidal entre o ponto e o RN de referência

ΔN = diferença de ondulação geoidal entre a ondulação do ponto, obtida no modelo geoidal, e a ondulação da RN de referência, também obtida no modelo geoidal. É aplicado na fórmula em função da superfície geoidal (superfície do geóide) não ser paralela à superfície elipsoidal (superfície do elipsoide)

H = altitude ortométrica transportada pelo método da diferença de ondulação geoidal calculada pela equação:

$$H_{\text{PONTO}} = H_{\text{RN REFERÊNCIA}} + \Delta h - \Delta N$$

O processamento dos dados e ajustamento das observações GNSS foram executados no software TopconTools, versão 7.1 enquanto a determinação das altitudes ortométricas foram elaboradas em planilha eletrônica a partir dos valores da ondulação geoidal obtidas no software MapGeo2010.

Seguindo ainda as normatizações definidas pelo departamento de geociências do IBGE e do DNIT, foi utilizado como datum de referência o SIRGAS2000, datum oficial do sistema geodésico brasileiro bem como o sistema de projeção cartográfica LTM (Local Transverso de Mercator).

Segundo SILVEIRA (2012), o sistema de coordenadas planas LTM é indicado pela aproximação da distância horizontal medida em campo, com a distância projetada.

O sistema de coordenadas planas LTM foi concebido para mapeamento em grandes escalas e em áreas pequenas onde as distâncias do levantamento topográfico são obtidas por meio de métodos e equipamentos clássicos (estações totais e teodolitos).

No sistema de coordenadas planas UTM a diferença entre a distância horizontal (medida no plano topográfico) e a distância projetada (medida na base cartográfica) é, nas proximidades do final do fuso, muito grande, chegando a 1:1.000 (SILVEIRA, 2012).

Para solucionar a distorção linear do sistema de coordenadas planas – UTM, este foi substituído pelo sistema de coordenadas planas LTM. O erro máximo, no sistema LTM, é observado no extremo sul do Brasil, (latitude 33° sul), na extremidade do fuso, e atinge 1 : 45.662 (SILVEIRA, 2012).

As principais características do sistema de coordenadas planas LTM são:

- a - Projeção conforme de Mercator ou Transversa de Gauss (mesma projeção do sistema UTM);
- b - Fusos de 1° de amplitude limitados por meridianos nas longitudes inteiras;
- c - Limitação recomendada para o sistema LTM até a latitude 45° para norte e 45° para o sul a partir do equador;
- d - Coeficiente de escala no meridiano central $K_0 = 0,999995$;
- e - Origem do sistema de coordenadas LTM:

Cruzamento do equador com o meridiano central (MC) do fuso.

X = 200.000 no meridiano central;

Y = 5.000.000 no equador para o hemisfério sul;

Y = 0 no equador para o hemisfério norte.

f - Designação das coordenadas.

Ordenadas = Y
Abscissa = X

g - Sistema formado por eixos cartesianos ortogonais.

Eixo X paralelo ao equador;

Eixo Y paralelo ao meridiano central;

As figuras 4 e 5 mostram os detalhes do fuso no sistema de projeção cartográfica LTM.

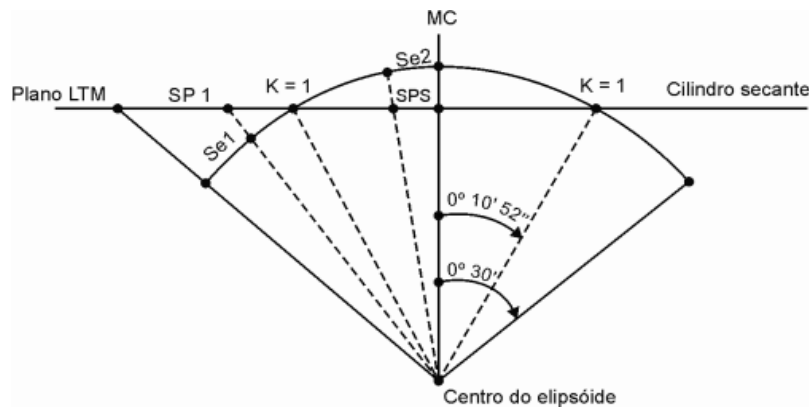


Figura 4 – Detalhes do fuso LTM quanto às distâncias projetadas

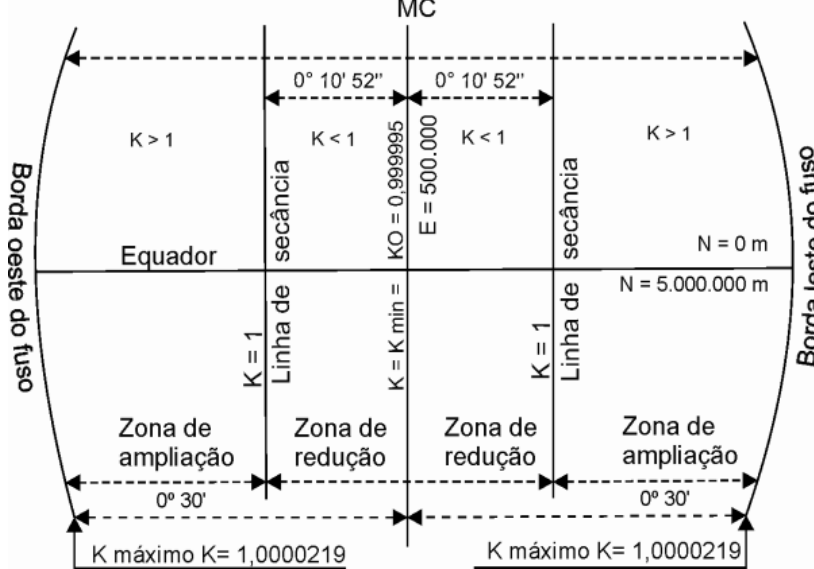


Figura 5 – Detalhes do fuso LTM

A rede de apoio geodésico foi estabelecida em dois fusos LTM adjacentes (Meridianos centrais $50^{\circ} 30' W$ e $49^{\circ} 30' W$). Neste caso, os levantamentos poderiam ser divididos em dois lotes diferentes (um para cada fuso para que não houvesse a transposição do mesmo) ou adentrar ao fuso adjacente utilizando-se os parâmetros do fuso anterior. Como o avanço ao fuso adjacente foi pequeno (3 km), optou-se pela segunda opção, sem maiores prejuízos à precisão dos levantamentos.

Para o levantamento planialtimétrico cadastral da rodovia foi utilizado Estação Total Classe III e poligonal tipo PAII da NBR13.133 – Norma Técnica para

Levantamento Topográfico da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e também, nas áreas onde não havia vegetação densa, foi utilizado o método RTK.

Os levantamentos feitos com RTK, foram configurados apenas soluções fixas (excluindo soluções flutuantes ou autônomas), esperando-se precisões pontuais seguindo a mesma precisão nominal do equipamento, que é de $1 \text{ cm} \pm 1 \text{ ppm}$ para a componente planimétrica e 2 cm para a componente altimétrica.

As poligonais foram enquadradas nos vértices de apoio geodésico. Na tabela 1 é apresentada o modelo das cadernetas do levantamento topográfico com relatórios de coordenadas e dados de fechamento da poligonal. Os dados do RTK são gerados em arquivos tipo ASCII (texto). As poligonais topográficas foram processadas no software Topograph.

Tabela 01: Dados do fechamento da Poligonal Serra 1 – Utilizando Estação total

ESTAÇÃO	ÂNGULO HORIZ	AZIMUTE	DISTÂNCIA	COORD.NORTE	COORD.ESTE	COTA	DESCRIÇÃO
M045		141°44'59.0"					
M046	162°58'50.0"	124°43'51.6"	133.740	1884072.445	246775.048	1190.400	
SE1	160°57'53.5"	105°41'47.8"	190.844	1883996.261	246884.955	1189.185	VANTE
SE2	184°03'54.0"	109°45'44.4"	195.728	1883944.637	247068.672	1175.049	VANTE
SE3	238°14'51.0"	168°00'38.0"	150.905	1883878.467	247252.863	1177.298	VANTE
SE4	212°13'55.0"	200°14'35.6"	184.481	1883730.876	247284.209	1184.233	VANTE
SE5	140°08'44.0"	160°23'22.3"	165.468	1883557.815	247220.374	1196.503	VANTE
SE6	129°53'21.0"	110°16'45.9"	45.831	1883401.967	247275.907	1198.856	VANTE
M047				1883386.084	247318.895	1196.741	VANTE

DADOS DO FECHAMENTO

Perímetro:.....	1066.9984		
	ERROS	TOLERÂNCIAS	
Angular:.....	0°00'21"	0°00'28"	Erro Distribuído
Relativo:.....	1:10081	1:5000	Erro Distribuído
Linear:.....	0.1058		
Eixo Norte:.....	-0.0999		
Eixo Este:.....	0.0350		
Azimute:.....	160°39'47"		
Altimétrico:....	0.0100	0.0207	Erro Distribuído

3 Resultados obtidos e discussão

Para os 78 vértices da rede geodésica de apoio foram obtidas precisões dentro do esperado para ocupações dos pontos de até 30 minutos com linhas de base de até 50 km. Todos os pontos tiveram precisões lineares relativas melhores que 1:1.000.000.

Para o transporte de altitude ortométrica foram ocupadas as RNs RN2060H, RN2060J, RN2060L, RN2060M, RN2060P, RN2060X, RN2060Z, RN2061A, RN2061B, RN2061D, RN2061E, RN2061F, RN1417L. Foram utilizadas sempre as referências de nível mais próximas aos vértices.

A tabela 2 mostra o cálculo das altitudes ortométricas para todos os vértices.

Tabela 2 – Determinação das altitudes ortométricas

Ponto	h	N-Map	Δh	ΔN	H	N
RN2060H	1.129,350	5,730	-	-	1.123,2061	6,144
M01	1.111,683	5,730	-17,667	0,000	1.105,5391	6,144
M02	1.113,568	5,730	-15,782	0,000	1.107,4241	6,144
RN2060J	1.183,287	5,750	-	-	1.177,1145	6,173
M03	1.140,844	5,740	-42,443	-0,010	1.134,6815	6,163
M04	1.154,386	5,750	-28,901	0,000	1.148,2135	6,173
M05	1.184,233	5,750	0,946	0,000	1.178,0605	6,173
M06	1.178,422	5,760	-4,865	0,010	1.172,2395	6,183
RN2060L	1.276,722	5,780	-	-	1.270,5118	6,210
M07	1.208,078	5,770	-68,644	-0,010	1.201,8778	6,200
M08	1.218,955	5,770	-57,767	-0,010	1.212,7548	6,200
M09	1.271,735	5,780	-4,987	0,000	1.265,5248	6,210
M10	1.295,338	5,790	18,616	0,010	1.289,1178	6,220
RN2060M	1.268,401	5,830	-	-	1.262,1759	6,225
M11	1.277,479	5,810	9,078	-0,020	1.271,2739	6,205
M12	1.275,522	5,820	7,121	-0,010	1.269,3069	6,215
M13	1.266,569	5,830	-1,832	0,000	1.260,3439	6,225
M14	1.267,391	5,830	-1,010	0,000	1.261,1659	6,225
M15	1.253,744	5,840	-14,657	0,010	1.247,5089	6,235
M16	1.249,779	5,850	-18,622	0,020	1.243,5339	6,245
RN2060P	1.236,417	5,860	-	-	1.230,1653	6,252
M17	1.245,302	5,860	8,885	0,000	1.239,0503	6,252
M18	1.246,701	5,860	10,284	0,000	1.240,4493	6,252
M19	1.251,763	5,860	15,346	0,000	1.245,5113	6,252
M20	1.246,506	5,850	10,089	-0,010	1.240,2643	6,242
M21	1.238,400	5,850	1,983	-0,010	1.232,1583	6,242
M22	1.233,423	5,860	-2,994	0,000	1.227,1713	6,252
M23	1.219,179	5,860	-17,238	0,000	1.212,9273	6,252
M24	1.212,904	5,870	-23,513	0,010	1.206,6423	6,262
M25	1.142,349	5,870	-94,068	0,010	1.136,0873	6,262
M26	1.131,640	5,870	-104,777	0,010	1.125,3783	6,262
M27	1.079,956	5,880	-156,461	0,020	1.073,6843	6,272
M28	1.068,597	5,880	-167,820	0,020	1.062,3253	6,272
M29	1.009,422	5,870	-226,995	0,010	1.003,1603	6,262
M30	998,226	5,870	-238,191	0,010	991,9643	6,262
M31	1.007,979	5,870	-228,438	0,010	1.001,7173	6,262
M32	1.007,232	5,870	-229,185	0,010	1.000,9703	6,262
RN2060X	1.181,896	5,940	-	-	1.175,5099	6,386
M33	1.037,726	5,870	-144,170	-0,070	1.031,4099	6,316
M34	1.048,499	5,880	-133,397	-0,060	1.042,1729	6,326
M35	1.103,338	5,880	-78,558	-0,060	1.097,0119	6,326
M36	1.101,346	5,880	-80,550	-0,060	1.095,0199	6,326
M37	1.129,043	5,890	-52,853	-0,050	1.122,7069	6,336
M38	1.116,547	5,890	-65,349	-0,050	1.110,2109	6,336

Tecnologia e Ambiente

Unesc - Criciúma - Santa Catarina

M39	1.137,063	5,890	-44,833	-0,050	1.130,7269	6,336
M40	1.144,048	5,890	-37,848	-0,050	1.137,7119	6,336
M41	1.152,990	5,890	-28,906	-0,050	1.146,6539	6,336
M42	1.172,208	5,900	-9,688	-0,040	1.165,8619	6,346
M43	1.165,682	5,910	-16,214	-0,030	1.159,3259	6,356
M44	1.164,702	5,920	-17,194	-0,020	1.158,3359	6,366
M45	1.194,275	5,930	12,379	-0,010	1.187,8989	6,376
M46	1.196,786	5,940	14,890	0,000	1.190,3999	6,386
M47	1.203,137	5,950	21,241	0,010	1.196,7409	6,396
M48	1.198,940	5,950	17,044	0,010	1.192,5439	6,396
RN2060Z	1.200,470	5,980	-	-	1.194,0357	6,434
M49	1.201,726	5,970	1,256	-0,010	1.195,3017	6,424
M50	1.200,859	5,970	0,389	-0,010	1.194,4347	6,424
M51	1.244,362	5,980	43,892	0,000	1.237,9277	6,434
M52	1.238,314	5,980	37,844	0,000	1.231,8797	6,434
RN2061A	1.256,988	5,990	-	-	1.250,5979	6,390
M53	1.223,386	5,990	-33,602	0,000	1.216,9959	6,390
M54	1.241,236	5,980	-15,752	-0,010	1.234,8559	6,380
M55	1.260,824	5,990	3,836	0,000	1.254,4339	6,390
M56	1.256,212	5,990	-0,776	0,000	1.249,8219	6,390
RN2061B	1.249,503	5,990	-	-	1.243,0873	6,416
M57	1.254,689	5,990	5,186	0,000	1.248,2733	6,416
M58	1.256,898	5,990	7,395	0,000	1.250,4823	6,416
M59	1.332,483	6,010	82,980	0,020	1.326,0473	6,436
M60	1.337,275	6,010	87,772	0,020	1.330,8393	6,436
M61	1.313,531	6,010	64,028	0,020	1.307,0953	6,436
RN2061D	1.278,636	6,010	-	-	1.272,1705	6,466
M62	1.277,650	6,010	-0,986	0,000	1.271,1845	6,466
M63	1.309,084	6,010	30,448	0,000	1.302,6185	6,466
M64	1.304,410	6,010	25,774	0,000	1.297,9445	6,466
M65	1.241,517	6,010	-37,119	0,000	1.235,0515	6,466
M66	1.230,108	6,010	-48,528	0,000	1.223,6425	6,466
RN2061E	1.175,016	6,010	-	-	1.168,5635	6,453
M67	1.178,096	6,010	3,080	0,000	1.171,6435	6,453
M68	1.169,997	6,010	-5,019	0,000	1.163,5445	6,453
M69	1.192,486	6,010	17,470	0,000	1.186,0335	6,453
M70	1.198,364	6,010	23,348	0,000	1.191,9115	6,453
RN2061F	1.292,918	6,010	-	-	1.286,3574	6,561
M71	1.274,334	6,010	-18,584	0,000	1.267,7734	6,561
M72	1.285,603	6,010	-7,315	0,000	1.279,0424	6,561
M73	1.358,408	6,020	65,490	0,010	1.351,8374	6,571
M74	1.373,473	6,010	80,555	0,000	1.366,9124	6,561
RN1417L	1.366,035	5,980	-	-	1.359,5399	6,495
M75	1.354,954	5,990	-11,081	0,010	1.348,4489	6,505
M76	1.362,845	5,990	-3,190	0,010	1.356,3399	6,505
M77	1.358,798	5,940	-7,237	-0,040	1.352,3429	6,455
M78	1.360,590	5,940	-5,445	-0,040	1.354,1349	6,455

O quadro 1 mostra as coordenadas obtidas no sistema plano LTM e no sistema geodésico sexagesimal (latitude e longitude), além das altitudes ortométricas.

Quadro 1 – Coordenadas dos vértices

Coordenadas Planas Sistema LTM – Datum Sirgas 2000					
Vértice	Y (m)	X (m)	Latitude	Longitude	H (m)
M01	1.909.812,337	239.064,408	27° 55' 30,30595''	50° 06' 11,24650''	1.105,539
M02	1.909.615,038	239.174,626	27° 55' 36,70356''	50° 06' 07,19193''	1.107,424
M03	1.908.989,077	239.729,448	27° 55' 56,97883''	50° 05' 46,82426''	1.134,682
M04	1.908.734,511	239.886,032	27° 56' 05,23159''	50° 05' 41,06616''	1.148,214
M05	1.907.787,845	239.783,927	27° 56' 35,99491''	50° 05' 44,68638''	1.178,061
M06	1.907.535,844	239.786,319	27° 56' 44,18089''	50° 05' 44,56838''	1.172,240
M07	1.906.260,606	239.723,976	27° 57' 25,61350''	50° 05' 46,69489''	1.201,878
M08	1.906.074,651	239.630,872	27° 57' 31,66418''	50° 05' 50,07859''	1.212,755
M09	1.905.045,700	239.529,612	27° 58' 05,10030''	50° 05' 53,65942''	1.265,525
M10	1.904.628,827	239.776,856	27° 58' 18,61581''	50° 05' 44,56275''	1.289,118
M11	1.903.455,570	240.170,935	27° 58' 56,68616''	50° 05' 30,00015''	1.271,274
M12	1.903.258,916	240.199,217	27° 59' 03,07132''	50° 05' 28,94115''	1.269,307
M13	1.902.245,641	240.440,510	27° 59' 35,96091''	50° 05' 19,98656''	1.260,344
M14	1.901.937,531	240.540,358	27° 59' 45,95881''	50° 05' 16,29441''	1.261,166
M15	1.900.951,814	240.671,569	27° 59' 45,95881''	50° 05' 16,29441''	1.247,509
M16	1.900.617,234	240.748,394	28° 00' 28,82519''	50° 05' 08,51675''	1.243,534
M17	1.899.489,664	240.950,955	28° 01' 05,43135''	50° 05' 00,96184''	1.239,050
M18	1.899.290,239	241.043,275	28° 01' 11,89932''	50° 04' 57,55751''	1.240,449
M19	1.898.162,742	241.570,510	28° 01' 48,46644''	50° 04' 38,11473''	1.245,511
M20	1.897.860,806	241.710,477	28° 01' 58,25884''	50° 04' 32,95222''	1.240,264
M21	1.896.738,123	242.039,492	28° 02' 34,69116''	50° 04' 20,76289''	1.232,158
M22	1.896.566,218	242.012,440	28° 02' 40,27845''	50° 04' 21,73128''	1.227,171
M23	1.895.584,760	241.908,608	28° 03' 12,17225''	50° 04' 25,40724''	1.212,927
M24	1.895.256,126	241.902,707	28° 03' 22,84835''	50° 04' 25,58120''	1.206,642
M25	1.894.206,060	241.960,995	28° 03' 56,95230''	50° 04' 23,31208''	1.136,087
M26	1.894.034,235	241.933,490	28° 04' 02,53704''	50° 04' 24,29727''	1.125,378
M27	1.892.944,582	242.119,894	28° 04' 37,91225''	50° 04' 17,33044''	1.073,684
M28	1.892.796,477	242.255,668	28° 04' 42,70778''	50° 04' 12,33860''	1.062,325
M29	1.892.126,743	243.072,653	28° 05' 04,36883''	50° 03' 42,32799''	1.003,160
M30	1.891.778,257	243.060,884	28° 05' 15,69047''	50° 03' 42,71308''	991,964
M31	1.891.170,768	243.587,565	28° 05' 35,36220''	50° 03' 23,34055''	1.001,717
M32	1.891.011,082	243.715,162	28° 05' 40,53430''	50° 03' 18,64525''	1.000,970
M33	1.890.162,752	244.087,450	28° 06' 08,04702''	50° 03' 04,89351''	1.031,410
M34	1.889.960,532	244.010,589	28° 06' 14,62510''	50° 03' 07,68187''	1.042,173
M35	1.889.155,872	244.142,639	28° 06' 40,74780''	50° 03' 02,73547''	1.097,012
M36	1.888.997,390	244.211,458	28° 06' 45,88765''	50° 03' 00,19271''	1.095,020
M37	1.887.861,591	244.066,846	28° 07' 22,80018''	50° 03' 05,33734''	1.122,707
M38	1.888.273,026	244.071,026	28° 07' 09,43465''	50° 03' 05,23980''	1.110,211
M39	1.887.127,060	244.551,115	28° 07' 46,60218''	50° 02' 47,49315''	1.130,727
M40	1.887.209,827	244.612,459	28° 07' 43,90614''	50° 02' 45,25671''	1.137,712
M41	1.886.830,423	245.346,399	28° 07' 56,14079''	50° 02' 18,31069''	1.146,654
M42	1.886.352,784	245.566,353	28° 08' 11,62908''	50° 02' 10,18403''	1.165,862

M43	1.885.585,356	245.977,926	28° 08' 36,50669"	50° 01' 54,99363"	1.159,326
M44	1.885.154,909	246.082,619	28° 08' 50,47607"	50° 01' 51,09601"	1.158,336
M45	1.884.322,669	246.577,785	28° 09' 17,44775"	50° 01' 32,82983"	1.187,899
M46	1.884.072,445	246.775,048	28° 09' 25,55086"	50° 01' 25,56397"	1.190,400
M47	1.883.386,084	247.318,895	28° 09' 47,77659"	50° 01' 05,53122"	1.196,741
M48	1.883.357,083	247.495,160	28° 09' 48,69587"	50° 00' 59,06619"	1.192,544
M49	1.882.163,216	247.881,075	28° 10' 27,42666"	50° 00' 44,74510"	1.195,302
M50	1.881.999,906	247.873,686	28° 10' 32,73247"	50° 00' 44,99192"	1.194,435
M51	1.881.244,517	248.460,535	28° 10' 57,19299"	50° 00' 23,36654"	1.237,928
M52	1.881.100,043	248.585,056	28° 11' 01,86953"	50° 00' 18,77999"	1.231,880
M53	1.880.432,188	249.023,453	28° 11' 23,50533"	50° 00' 02,60723"	1.216,996
M54	1.880.365,074	249.447,068	28° 11' 25,62852"	49° 59' 47,06609"	1.234,856
M55	1.879.512,476	249.628,750	28° 11' 53,29911"	49° 59' 40,27479"	1.254,434
M56	1.879.275,734	249.603,268	28° 12' 00,99270"	49° 59' 41,17296"	1.249,822
M57	1.878.922,700	250.315,519	28° 12' 12,36329"	49° 59' 15,00264"	1.248,273
M58	1.878.595,835	250.470,498	28° 12' 22,95955"	49° 59' 09,26913"	1.250,482
M59	1.877.578,643	250.103,928	28° 12' 56,05147"	49° 59' 22,55359"	1.326,047
M60	1.877.418,179	250.072,818	28° 13' 01,26810"	49° 59' 23,66967"	1.330,839
M61	1.876.496,242	250.411,227	28° 13' 31,16902"	49° 59' 11,11621"	1.307,095
M62	1.876.370,620	250.932,914	28° 13' 35,17737"	49° 58' 51,96371"	1.271,185
M63	1.875.451,044	251.625,480	28° 14' 04,95093"	49° 58' 26,41730"	1.302,619
M64	1.875.345,613	251.732,151	28° 14' 08,36058"	49° 58' 22,48799"	1.297,945
M65	1.874.479,406	252.228,582	28° 14' 36,42696"	49° 58' 04,14014"	1.235,052
M66	1.874.363,175	252.091,452	28° 14' 40,22203"	49° 58' 09,15150"	1.223,643
M67	1.873.416,459	252.115,271	28° 15' 10,97068"	49° 58' 08,12542"	1.171,644
M68	1.873.154,220	252.350,135	28° 15' 19,45539"	49° 57' 59,46721"	1.163,545
M69	1.872.170,678	252.796,504	28° 15' 51,33937"	49° 57' 42,93174"	1.186,034
M70	1.872.014,061	252.925,517	28° 15' 56,40803"	49° 57' 38,17289"	1.191,912
M71	1.871.015,158	253.397,686	28° 16' 28,78642"	49° 57' 20,68488"	1.267,773
M72	1.870.847,546	253.329,269	28° 16' 34,24090"	49° 57' 23,16756"	1.279,042
M73	1.869.989,400	253.009,456	28° 17' 02,16230"	49° 57' 34,76146"	1.351,837
M74	1.869.790,206	253.133,036	28° 17' 08,61470"	49° 57' 30,19399"	1.366,912
M75	1.869.232,417	254.237,588	28° 17' 26,57069"	49° 56' 49,56850"	1.348,449
M76	1.869.191,316	254.466,754	28° 17' 27,87166"	49° 56' 41,15189"	1.356,340
M77	1.868.804,703	255.722,782	28° 17' 40,24025"	49° 55' 54,99269"	1.352,343
M78	1.868.853,223	255.686,121	28° 17' 38,66977"	49° 55' 56,34646"	1.354,135

Para a altimetria, como a rede altimétrica estava bem conservada no trecho, foram aproveitados as RNs mais próximas, evitando a necessidade de transporte de altitudes ortométricas por meio do nivelamento geométrico, menos produtivo e financeiramente mais custoso.

O levantamento por métodos clássicos, utilizando a Estação Total permite tanto na poligonal fechada como na enquadrada, obterem-se dados de qualidade. A vantagem deste método é a possibilidade de levantamento em ambientes não propícios a

tecnologia GNSS como áreas com cobertura vegetal ou horizonte limitado para a aquisição dos sinais dos satélites.

4 Considerações finais

No entanto, analisando o conjunto do trabalho e os dados obtidos, pode-se concluir que em áreas de boa rastreabilidade do sinal, pode-se obter com qualidade o posicionamento de pontos com os receptores GNSS no modo RTK. Em áreas propícias, a produção com o levantamento no modo RTK foi três vezes maior que utilizando métodos clássicos de levantamento, principalmente pelo motivo da não necessidade de intervisibilidade entre o receptor base e o receptor móvel, fazendo-se ganhar tempo com a instalação e inicialização dos receptores.

Observa-se também que as normas brasileiras necessitam definir melhor, e de forma abrangente, as técnicas de levantamentos com GNSS, que podem ser adequadas a cada classe de aplicação ou precisão e explicitar todos os conceitos envolvidos no levantamento, como por exemplo, o ajustamento pelo método dos mínimos quadrados, precisão, nível de confiança e linhas de base independentes.

5 Referências bibliográficas

A *MIRA: Agrimensura e Cartografia*. Santa Catarina: Ed. n. 161, Ano XXI, 2012. 110p. Matéria de Apoio Geodésico, SILVEIRA, L. C. Associada a ANATEC.

Disponível em: http://www1.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pdf/padronizacao_marcos.pdf. Acessado no dia 13/08/2012.

Disponível em: http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/pdf/1989_Marcos_Geodesicos_do_IBGE.pdf. Acessado no dia 13/08/2012.

Disponível em: <http://www.vozdalagoa.com.br/2012/07/marcos-altimetricos.html>. Acessado no dia 15/10/2012.

FONTANA, Sandro Paulo. *GPS: a navegação do futuro*. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2002. 304p.

GEMAEL, Camil. *Introdução a Geodésica Geométrica (2 parte)*. Curitiba: UFPr., [s.

ed.], 1988.

LOCH, Carlos; CORDINI, Jucilei. *Topografia Contemporânea: planimetria*. 2. Ed. rev. Florianópolis: Ed da UFSC, 2000. 321 p.

MONICO, João Francisco Galera. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS*. 1. Ed. São Paulo: Ed. UNESP, 2000. 288 p.

SILVEIRA, Luiz Carlos. *Fundamentos de Geodésia*. 1. ed. Criciúma: Ed. Luana, 1999.

SILVEIRA, Luiz Carlos. *Os sistemas de coordenadas UTM, RTM e LTM*. 1. ed. Criciúma: Ed. Luana, 1999.

SILVEIRA, Luiz Carlos. *Geodésia Aplicada ao Georreferenciamento*. Curso de Formação continuada em Georreferenciamento de imóveis rurais. CTET. Março de 2005.

SILVEIRA, Luiz Carlos. *Notícias do IBGE*. A Mira, Criciúma, ano XIV, nº 123, setembro e outubro de 2004.