

EMPREGO DE RASTREADORES GPS NO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Maj Eng Cart OMAR ANTONIO LUNARDI
1ª Divisão de Levantamento
Rua Cleveland, 250
Menino Deus - Porto Alegre-RS
CEP 90.850-240

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade apresentar, de forma sucinta, a metodologia empregada nos trabalhos de medição de campo em uma área localizada na região noroeste do Estado de Santa Catarina, situando o serviço no contexto da cartografia do Estado em questão. O trabalho apresenta ainda parâmetros de produção e formas de controle da qualidade do serviço executado.

ABSTRACT

This paper has the purpose of presenting, in a summarized form, the methodology applied in survey fields in a situated area in the northwest of Santa Catarina State, placing the service in the cartography context of the related State. The paper still presents production parameters and control forms of quality services.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO

2 - DESENVOLVIMENTO

2.1 - Base Cartográfica

2.1.1 - Base Cartográfica Existente no Estado de Santa Catarina

2.1.2 - Expansão da Base Cartográfica nos próximos anos

2.2 - Área de Trabalho

2.3 - Meios e Recursos Humanos Empregados

2.3.1 - Material

2.3.2 - Pessoal Empregado

2.4 - Serviço de Campo

2.4.1 - Apoio Fundamental

2.4.2 - Apoio Básico

2.4.2.1 - Características Gerais

2.4.2.2 - Processamento

2.4.2.3 - Ajustamento do Apoio Básico

2.4.3 - Apoio Suplementar

2.4.3.1 - Características Gerais

2.4.3.2 - Processamento

2.4.3.3 - Ajustamento do Apoio Suplementar

2.4.4 - Controle

3- CONCLUSÃO

1 - INTRODUÇÃO

O emprego de rastreadores de satélites do sistema GPS revolucionou a metodologia empregada na definição dos pontos de apoio à aerotriangulação, alterando de forma substancial os parâmetros de produção. Desta forma, o que antes era ponto de estrangulamento na fase de campo do mapeamento sistemático deixou de ser, passando a reambulação a se constituir no principal fator de custo e demora nos processos de campo.

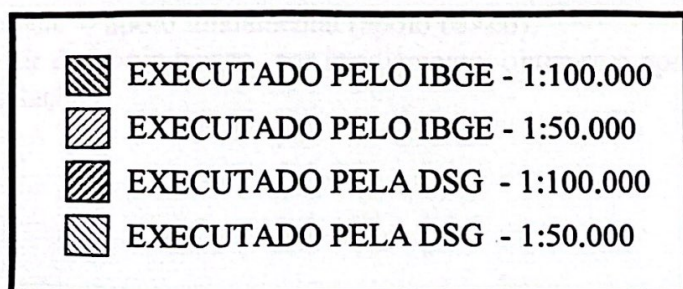
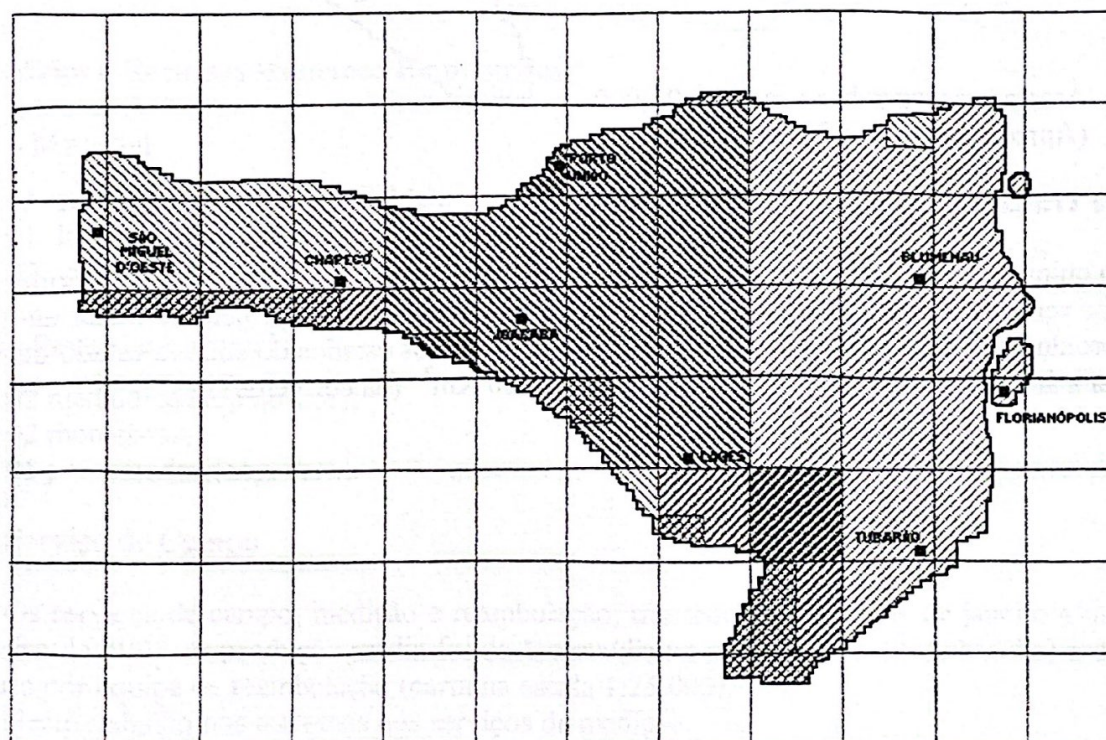
2 - DESENVOLVIMENTO

2.1 - Base Cartográfica

2.1.1 - Base Cartográfica Existente no Estado de Santa Catarina

O mapeamento sistemático no Estado de Santa Catarina foi executado basicamente pelo IBGE e pelo Ministério do Exército através do Serviço Geográfico do Exército (SGE). Conforme o Mapa Índice nº 21 do SGE, temos o estado mapeado segundo a figura a seguir:

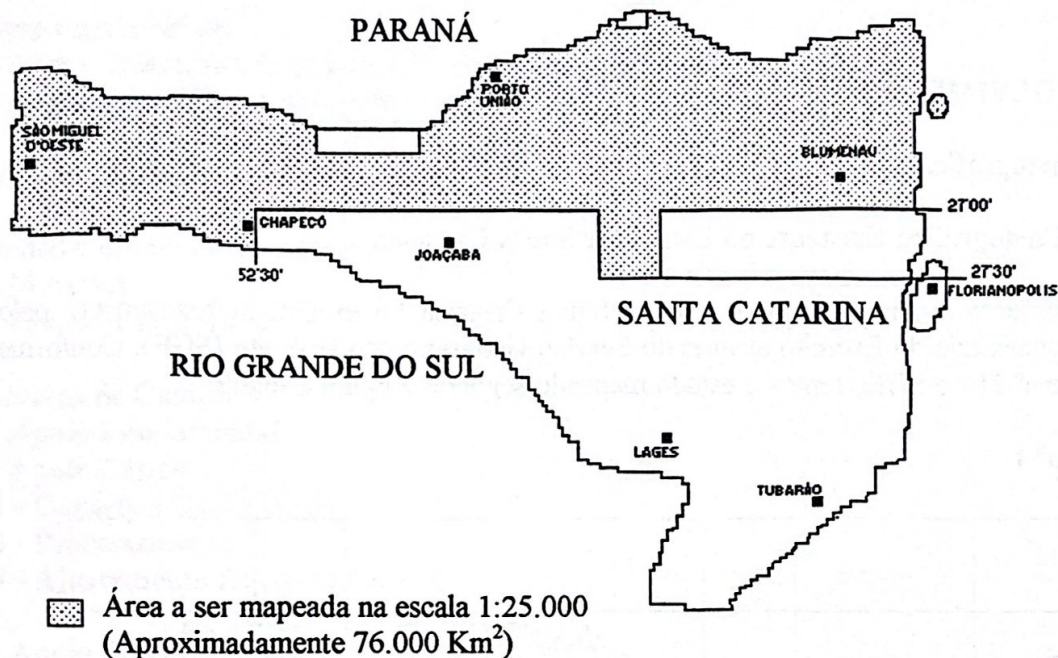
Figura nº 1



2..1.2 - Expansão da Base Cartográfica nos próximos anos

Para os próximos anos a área representada a seguir será mapeada na escala 1:25.000. O vôo está sendo executado na escala 1:60.000.

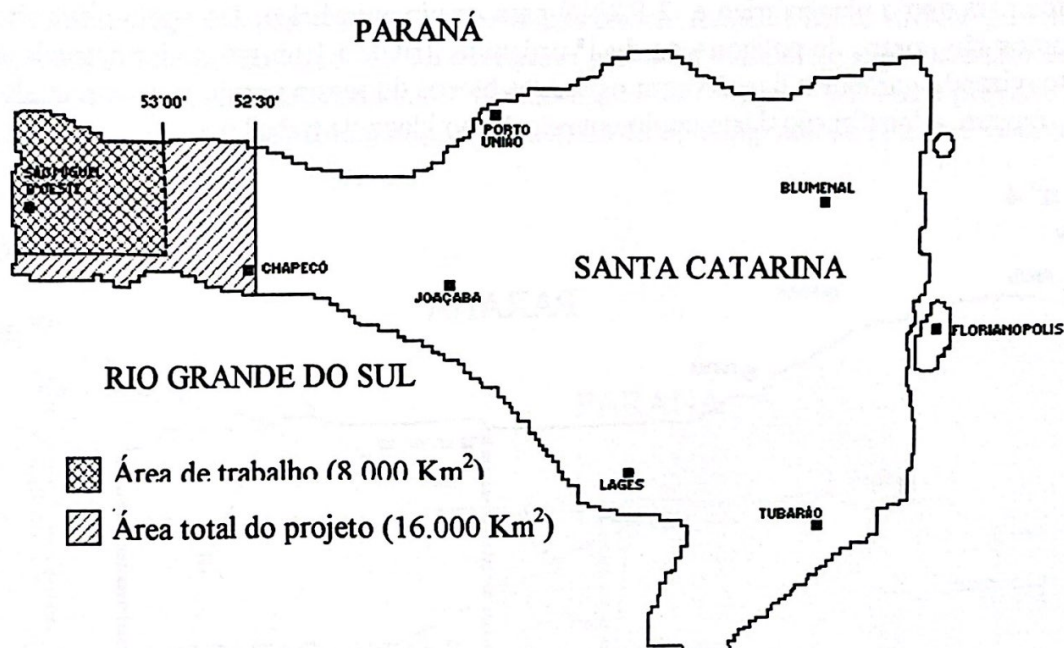
Figura nº 2



2.2 - Área de Trabalho do Projeto

A região cujos dados de campo foram coletados e que serviu de base para este trabalho pode ser vista na cor verde hachuriado (figura nº3), sendo que esta pertence a um projeto de maior envergadura, aproximadamente 235.000 Km², o qual abrange parte dos estados do sul. No estado de Santa Catarina a área total deste projeto é de cerca de 16.000 Km² (na cor verde).

Figura nº 3



2.3 - Meios e Recursos Humanos Empregados

2.3.1 - Material

- 01 par eqp rastreadores TRIMBLE - 4000 SST (L1/L2);
- 01 lap-top 486 DX2 - 75 Mhz , 12 Mb RAM;
- 02 vtr Jeep JPX, 4X4.

2.3.2 - Pessoal empregado

- 02 medidores (topógrafos);
- 02 motoristas;
- 01 processador (eng. cart.).

2.4 - Serviço de Campo

Os serviços de campo, medição e reambulação, transcorreram no mês de janeiro e início de fevereiro de 1996. A produção média foi de 1 carta/dia na medição (ou 3,5 linhas/dia) e de 7 dias/carta por equipe de reambulação (carta na escala 1:25.000).

Neste trabalho nos ateremos aos serviços de medição.

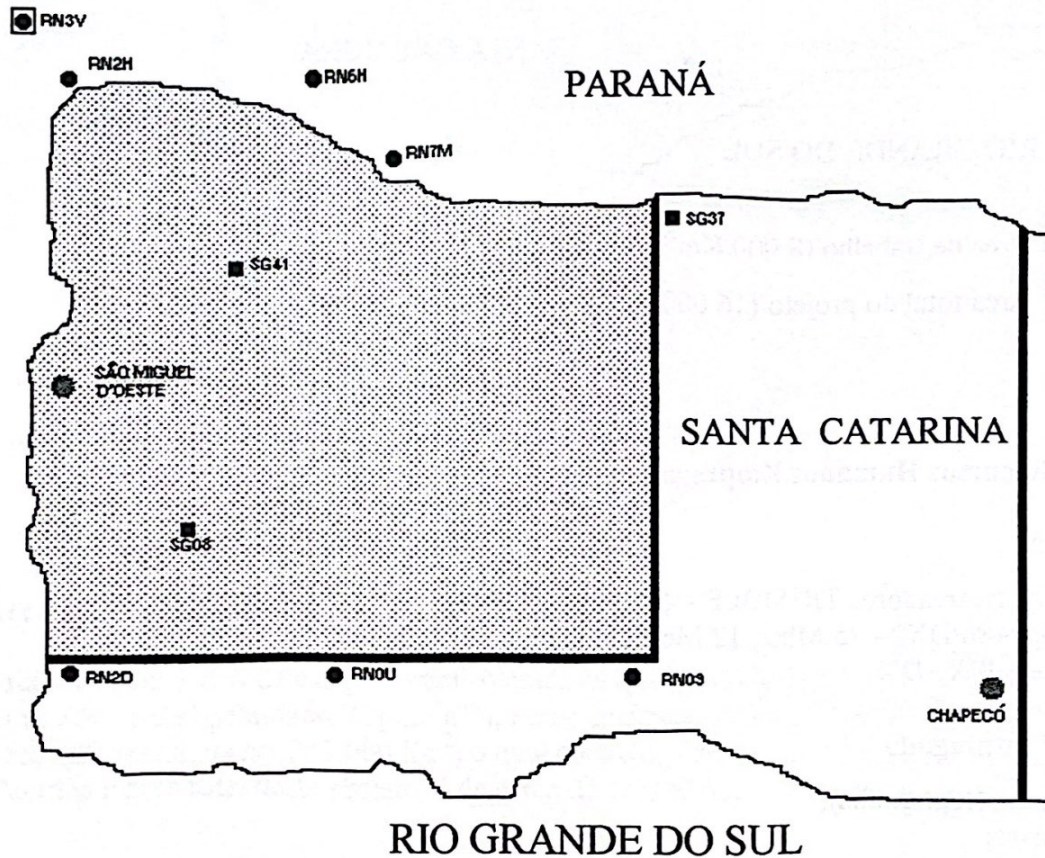
A medição foi efetuada observando a clássica fórmula de:

- definir o apoio fundamental;
- densificar o apoio fundamental (apoio básico);
- a partir do apoio básico, por irradiação, obter-se o apoio suplementar (pontos de apoio à aerotriangulação).

2.4.1 - Apoio Fundamental

Após verificada a confiabilidade do apoio fundamental disponível na região, escolheu-se 4 (quatro) pontos para apoio planimétrico e 7 RRNN para apoio altimétrico. Do apoio planimétrico 3 (três) pontos são pontos de poligonação de 1ª ordem do IBGE e 1(um) é vértice ajustado da rede adjacente, visando garantir a ligação com os outros blocos do mesmo projeto, já executados. A figura nº 4 mostra a localização deste apoio em relação ao bloco de trabalho.

Figura nº 4



Legenda

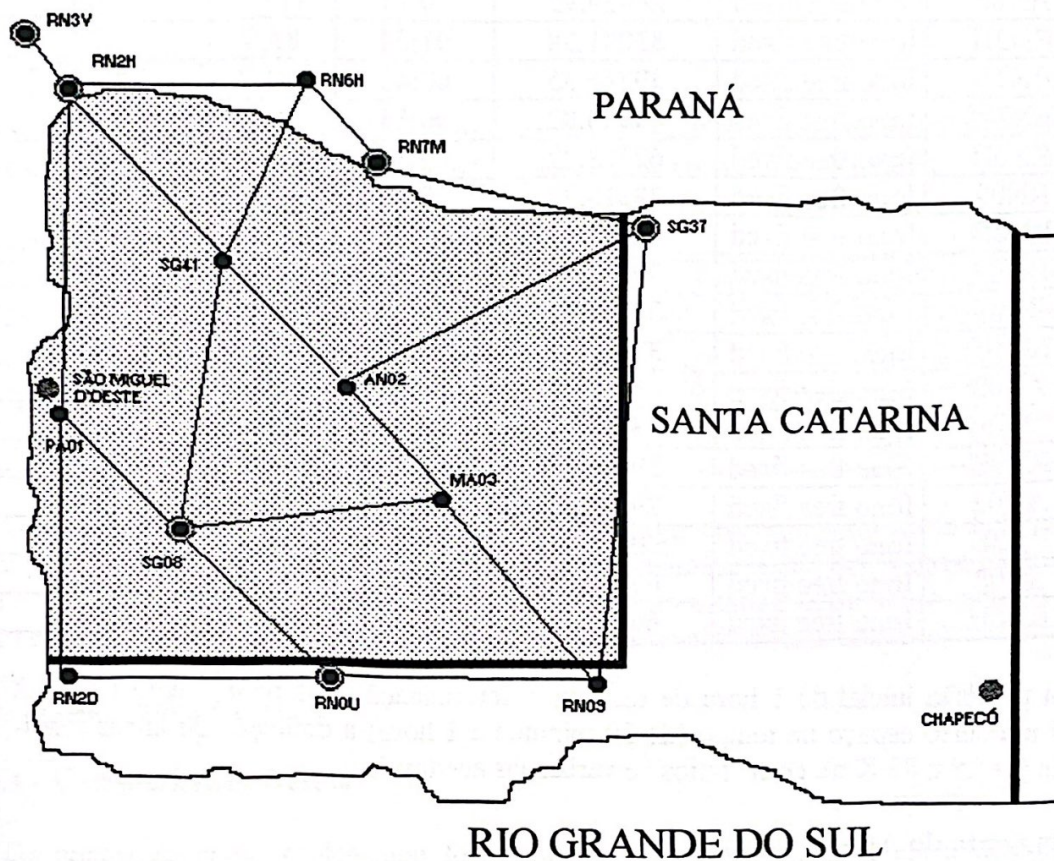
■	Vértice de poligonação de 1ª Ordem
●	Referência de Nível
□	Ponto ajustado de rede adjacente
●	Cidade de referência

2.4.2 - Apoio Básico

2.4.2.1 - Características Gerais

Os pontos do apoio básico foram estabelecidos prioritariamente sobre RRNN, ao longo das principais rodovias da região, logo não foi necessário efetuar a monumentação. Este fato determinou um elevado grau de produtividade. O método usado foi o estático com uma previsão de período de rastreamento de 1 hora. A configuração geométrica da rede implantada pode ser vista na figura nº 5.

Figura nº 5



Legenda

	Linhas de Apoio Básico
	Apoio Básico
	Pontos de Controle
	Cidade

2.4.2.2 - Processamento

O processamento foi efetuado pelo software Trimveclus. O quadro nº 1 apresenta os principais aspectos do processamento destas linhas.

Quadro nº 1

ESTAÇÃO FIXA	ESTAÇÃO MÓVEL	TIPO DE SOLUÇÃO	DISTÂNCIA	TEMPO	RATIO	VARIÂNCIA
SG37	RN09	Iono free fixed	80973.33	01:18	11.1	8.67
PA01	RN2D	Iono free fixed	61569.98	00:51	95.1	2.32
MA03	AN02	Iono free fixed	29929.92	00:51	117.8	3.66
PA01	RN2H	Iono free fixed	83041.58	01:04	85.8	4.94
RN2H	RN3V	Iono free fixed	39746.35	00:43	181.7	5.46
RN6H	RN7M	Iono free fixed	43094.82	00:55	144.0	3.00
RN2H	RN6H	Iono free fixed	62368.77	00:37	440.1	2.80
MA03	RN09	Iono free fixed	38818.74	00:55	63.4	5.86
RN0U	RN2D	Iono free fixed	31997.47	00:58	109.9	3.31
RN0U	RN09	Iono free fixed	39162.50	00:54	226.8	3.28
SG08	PA01	Iono free fixed	30920.66	00:49	84.0	2.09
SG08	MA03	Iono free fixed	37491.37	00:55	163.8	6.03
SG37	AN02	Iono free fixed	51349.81	00:58	128.3	2.11
SG37	RN7M	Iono free fixed	28705.00	00:51	469.8	1.46
SG08	RN0U	Iono free fixed	29464.99	00:50	13.7	5.87
SG41	AN02	Iono free fixed	29374.58	00:48	1336.5	2.06
SG41	RN2H	Iono free fixed	53961.501	00:57	488.3	3.84
SG41	SG08	Iono free fixed	65437.54	01:05	589.4	2.48
SG41	RN6H	Iono free fixed	66133.15	01:15	481.1	2.80

Apesar da previsão inicial de 1 hora de rastreamento a determinação dos pontos com L1 e L2 possibilitou em um curto espaço de tempo (de 30 minutos a 1 hora) a definição de linhas relativamente longas (de 28 a 83 Km), com "ratios" e variâncias aceitáveis.

2.4.2.3 - Ajustamento do Apoio Básico

O ajustamento foi efetuado em duas fases, visando assim, obter um controle melhor do serviço. O Software empregado foi o Trinnet Plus da Trimble.

2.4.2.3.1 - 1º Ajustamento

Neste ajustamento foi fixado apenas o vértice do polígono de 1ª ordem SG41 e 4 (quatro) RRNN (RN3V, RN6M, RN2D e RN09). Pode-se observar (no quadro nº 2) os resíduos das coordenadas dos pontos do apoio fundamental deixados como controle (figura nº 5):

Quadro nº 2

PONTOS	TIPO RESÍDUO	RESÍDUOS	DESVIO PADRÃO ACUSADO NO AJUSTAMENTO DAS OBSERVAÇÕES
RN2H	Altimétrico	26 cm	9 cm
RN7M		48 cm	11 cm
RN0U		20 cm	9 cm
RN3V	Planimétrico (Lat/Lon)	52 cm/106 cm	17cm/17 cm
SG08		120 cm/16 cm	10 cm/10 cm
SG37		60 cm/25 cm	13 cm/13 cm

Cabe observar que as RRNN são de linhas de nivelamento não ajustadas.

2.4.2.3.2 - 2º Ajustamento

Antes do ajustamento definitivo efetuou-se ainda um 2º ajustamento, deixando apenas uma RN e um vértice para controle. O quadro nº 3 apresenta os resíduos encontrados:

Quadro nº 3

PONTOS	TIPO RESÍDUO	RESÍDUOS	DESVIO PADRÃO ACUSADO NO AJUSTAMENTO DAS OBSERVAÇÕES
RN7M	Altimétrico	48 cm	19 cm
SG08	Planimétrico (Lat/Lon)	68 cm/54 cm	23 cm/23 cm

O ajustamento definitivo foi executado fixando-se todos os pontos do apoio fundamental. O desvio padrão médio para este apoio nas coordenadas planimétricas foi de 24 cm e para as altimétricas de 21 cm. Cabe observar que com este procedimento estamos adotando o método da redução do elipsóide ao geóide e assim garantimos coordenadas altimétricas com a precisão requerida.

2.4.3 - Apoio Suplementar

2.4.3.1 - Características Gerais

Os pontos de apoio suplementar foram obtidos por irradiação a partir dos pontos de apoio básico. Foi usado o método rápido estático com período de rastreamento previsto de 20 minutos.

2.4.3.2 - Processamento

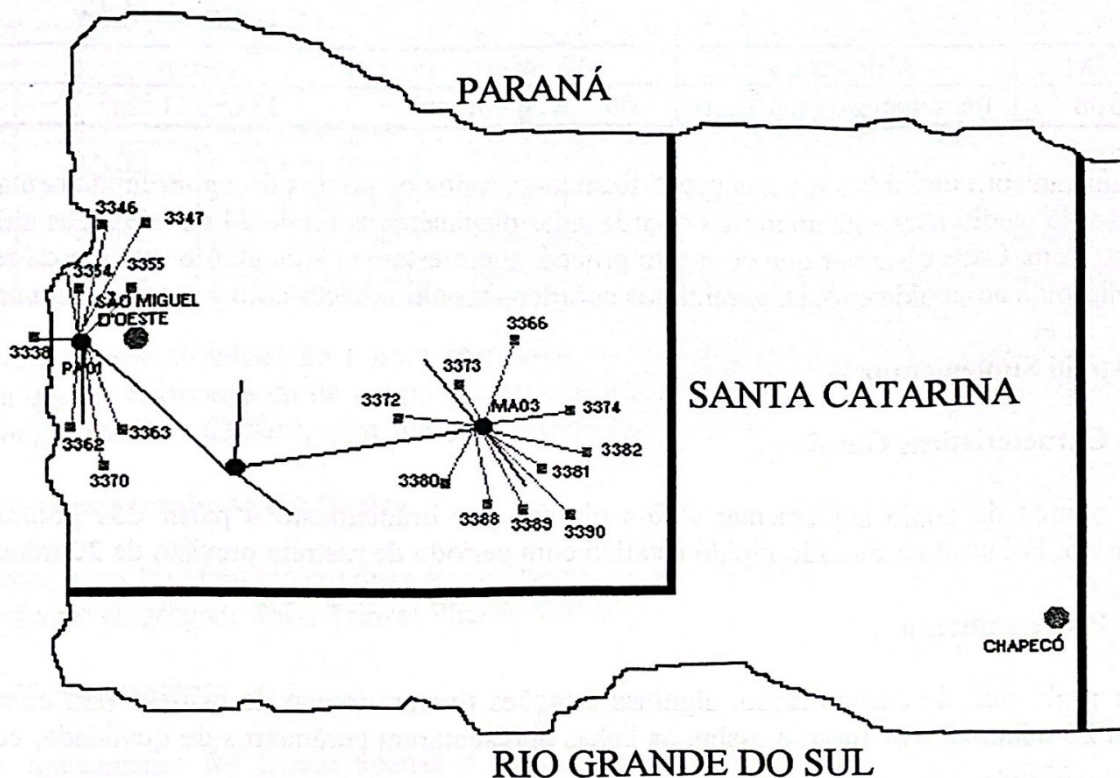
Por problemas de comunicação, algumas estações tiveram tempo de rastreamento (em comum) inferior a 20 minutos, mas mesmo assim, as linhas apresentaram parâmetros de qualidade, considerados aceitáveis.

Face ao elevado número de pontos de apoio suplementar (76), mostraremos no quadro nº 4 e na figura nº 6 algumas linhas levantadas no apoio suplementar:

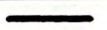




Quadro nº 4

ESTAÇÃO FIXA	ESTAÇÃO MÓVEL	TIPO DE SOLUÇÃO	DISTÂNCIA	TEMPO	RATIO	VARIÂNCIA
3366	MA03	Iono free fixed	19324.97	00:15	1.7	2.90
MA03	3366	Iono free fixed	18272.05	00:04	7.1	1,79
MA03	3372	Iono free fixed	22958.62	00:20	10.3	1.94
MA03	3373	Iono free fixed	6846.61	00:20	5.5	4.59
MA03	3374	Iono free fixed	13994.51	00:21	6.3	3.08
MA03	3380	Iono free fixed	17542.90	00:20	4.4	3.20
MA03	3381	Iono free fixed	7318.37	00:20	38.8	0.65
MA03	3382	Iono free fixed	15125.95	00:20	13.6	1.20
MA03	3388	Iono free fixed	21407.02	00:20	3.5	5.52
MA03	3389	Iono free fixed	14466.09	00:28	14.2	2.25
MA03	3390	Iono free fixed	19265.95	00:21	2.4	1.89
PA01	3338	Iono free fixed	26281.02	00:20	16.6	1.88
PA01	3346	Iono free fixed	16342.73	00:21	5.6	4.31
PA01	3347	Iono free fixed	20440.47	00:20	7.0	3.34
PA01	3354	Iono free fixed	9258.33	00:20	5.9	3.09

Figura nº 6



Legenda

	Linhas de Apoio Básico
	Linhas de Irradiamento
	Apoio Básico
	Apoio Suplementar
	Cidade

2.4.3.3 - Ajustamento do Apoio Suplementar

No ajustamento fixou-se todos os pontos de apoio básico. O Quadro nº 5 mostra nos pontos do apoio suplementar os desvios padrões médios relativos (DPMR) e os desvios padrões médios absolutos (DPMA). Entenda-se por desvio padrão médio relativo, a média dos desvios padrões (coordenadas geográficas e altimetria) nos pontos do apoio suplementar, considerando o apoio básico isento de erro, e entenda-se por desvio padrão médio absoluto, aquele que considera apenas o apoio fundamental como isento de erro.

Quadro nº 5

COORDENADA	DPMR	DPMA
LATITUDE	21,8 cm	25,2 cm
LONGITUDE	24,2 cm	25,2 cm
ALTITUDE ORTOMÉTRICA	24,4 cm	25,3 cm

2.4.4 - Controle

Sendo a altimetria o fator crítico na aerotriangulação, calculou-se por ondulação geoidal a altitude ortométrica de 4 pontos de controle (1 (um) em posição crítica, SG37) a fim de verificar a confiabilidade da altimetria, já que a disposição das RRNN disponíveis não garantia o emprego do método da redução do elipsóide ao geóide com perfeição. Os resultados alcançados podem ser vistos no quadro nº 6.

Quadro nº 6

PONTO	A CALC. OND. GEOD	B RED. ELIPSÓIDE	C IBGE (NIV GEO)	D A-B
SG37	941,261	941,5639 mts	-	0,082 mts
AN02	698,162	698,7060 mts	-	0,411 mts
SG08	590,737	591,9901 mts	-	1,257 mts
RNOU	217,618	219,0245 mts	219,2273 mts	1,406 mts

3 - CONCLUSÃO

Pelos resíduos encontrados observa-se que as tolerâncias para o mapeamento sistemático na escala 1:25.000 (2,5 mts em planimetria e 50 cm em altimetria) foram totalmente respeitadas. O nível de coerência interna dos pontos levantados (desvio padrão dos pontos de apoio suplementar) garante o emprego destes pontos para serviços em escalas maiores do que 1:25.000. É possível observar que o desvio padrão da rede tende a aumentar à medida em que aumentamos a rigidez desta em relação à rede convencional, portanto, o desafio é definir até quanto devemos deteriorar as redes levantadas com aparelho GPS, a fim de adequar o novo mapeamento ao já existente.