Capítulo 7

COLETA DE PONTOS DE CONTROLE PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE GEOMÉTRICA

7.1 Introdução

Nesta etapa do trabalho o objetivo foi a coleta de pontos de controle para o avaliação da qualidade geométrica dos produtos finais. Assim, reunindo todo o material disponível referente à área de estudo, foram definidos os pontos mais adequados, os quais corresponderam a intersecções de feições no mapa 1:50.000, que são identificáveis nas folhas 1:10.000 e de acesso aparentemente fácil segundo consulta aos mapas e fotos áreas do local referente ao ano de 1995.

Apesar de todos os cuidados, constatou-se a existência de pontos não tão confiáveis e que apresentaram discrepâncias na comparação com os seus homólogos, devido à variação temporal das feições, tais como duplicação de estradas, construção de represa, entre outros.

É preciso lembrar que o mapa 1:50.000, do IBGE é de 1969, que os do IGC são de 1979 e que os dados coletados por GPS são atuais (2000). A comparação entre coordenadas de pontos de duas fontes só pode ser feita se não houver ocorrido variação das feições entre as datas dessas duas fontes.

Nos casos de variação de feições os pontos tiveram que ser desprezados, a menos que houvesse uma forma de minimizar as discrepâncias, como por exemplo, uma consulta ao DER para verificar qual o lado mais recente e o mais antigo de um trecho de rodovia onde foi duplicada e levantada atualmente por DGPS.

Foram coletados pontos de controle de duas formas: das folhas 1:10.000 do IGC e por levantamento de campo por DGPS e tomou-se o cuidado de que fossem os mesmos, reforçando, que esses pontos são identificáveis na folha do IBGE, Rio Claro, na escala 1:50.000. A metodologia empregada nesses dois processos e a descrição das atividades serão relatadas a seguir.

7.2 Coleta de pontos nas folhas 1:10.000 do IGC

Nesta etapa de trabalho utilizou-se como técnica de coleta de coordenadas para cada um dos pontos de controle a digitalização via mesa, sendo realizado o ajuste (na calibração) por meio de uma transformação afim, tendo como referência os quatro cantos das intersecções de quadrícula mais próximas do ponto de interesse (vide exemplo na figura 7.1).

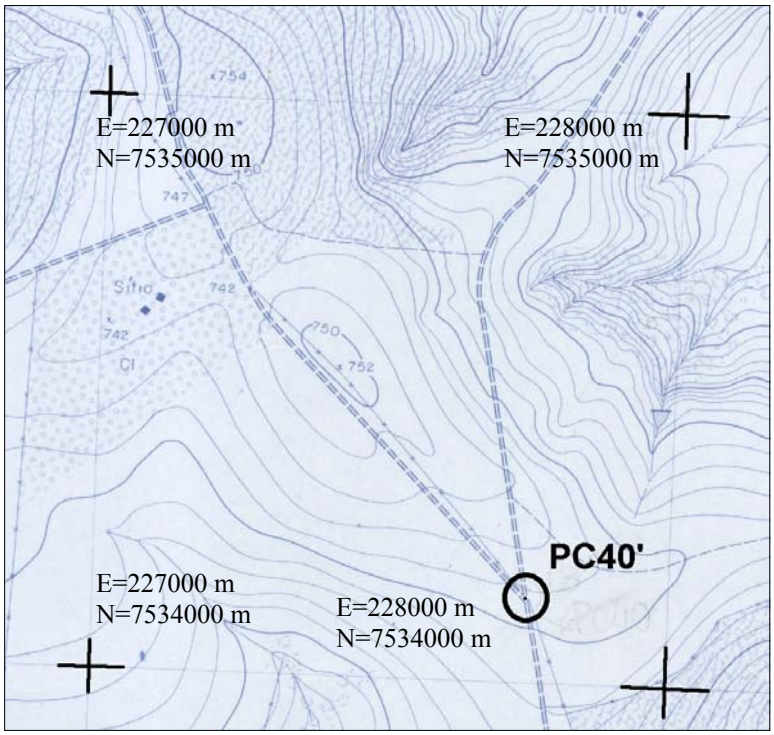


Figura 7.1 – Exemplo de ponto de controle coletado de uma folha 1:10.000 do IGC.

Para a determinação das altitudes ortométricas (H) de cada um dos pontos foi feita a interpolação entre as curvas de nível, que nas folhas 1:10.000 possuem eqüidistância de 5 m, de modo a obter valores mais precisos e para uma possível análise do PEC altimétrico.

Foram necessárias em torno de 10 horas para a coleta das coordenadas dos pontos de controle bem como das suas respectivas altitudes ortométricas (H) interpoladas, resultando nas coordenadas UTM que são apresentadas na tabela 7.1.

Deve-se ressaltar que essa tabela apresentada mostra apenas as coordenadas dos pontos de controle realmente confiáveis, e portanto, possíveis para fazer a análise do PEC. O índice linha ou linhas, por exemplo PC5', PC1", foram utilizados em casos em que o ponto inicialmente escolhido no planejamento (PC5, PC1) em função de condições locais (dúvida quanto ao lado da estrada, impossibilidade de levantamento GPS, etc.).

Tabela 7.1 – Coordenadas dos pontos de controle obtidos das folhas 1:10.000 do IGC referidas ao Córrego Alegre (UTM-N,E,H) e altitude ortométrica (H) interpolada.

No. ordem	Ponto	N (m)	E (m)	H (m)
1	PC1"	7534815,40	221420,85	827,00
2	PC10'	7531549,17	224563,42	597,02
3	PC11	7526922,01	235106,54	562,50
4	PC14'	7524228,77	221186,87	684,00
5	PC15'	7522128,85	230866,28	548,90
6	PC16'	7518065,13	236454,84	609,59
7	PC17	7519495,96	238673,12	570,00
8	PC18'	7518084,99	233020,47	535,00
9	PC19'	7519424,21	226435,12	570,00
10	PC2	7535930,99	229281,26	675,64
11	PC20'	7520839,51	218577,89	560,00
12	PC21'	7515858,95	222082,38	606,29
13	PC22	7513139,34	218894,90	645,00
14	PC23'	7515920,73	224431,49	530,00
15	PC24	7512869,12	231826,14	595,44
16	PC25	7512687,82	238665,16	634,44
17	PC28	7511788,35	226427,05	646,95
18	PC29	7512150,68	222307,62	601,68
19	PC3'	7536216,70	233128,70	565,00
20	PC30'	7510908,74	217313,47	545,00
21	PC31'	7531691,95	231235,54	679,50
22	PC32'	7531121,50	234985,53	563,52
23	PC33'	7535309,46	239392,61	620,00
24	PC35	7523661,65	232864,83	545,00
25	PC36'	7516975,28	227304,28	535,78
26	PC37'	7515099,18	236748,18	560,00
27	PC38'	7511777,08	233864,00	525,00
28	PC4	7533126,00	239669,22	663,15
29	PC40'	7534148,10	227750,60	728,68
30	PC5'	7533515,52	237250,54	669,11
31	PC6	7529398,51	235647,78	579,00
32	PC7	7529260,21	228260,87	594,17
33	PC8'	7529422,23	220412,79	610,00
34	PC9	7527882,97	221646,31	664,35

7.3 Coleta de pontos através de levantamento por DGPS

Metodologicamente deve-se prever os casos, que abrangem a maioria dos problemas, em que não se dispõem de um mapeamento melhor, ou seja, em escalas mais

precisas utilizadas como referência (no nosso caso, 1:10.000), para a avaliação da qualidade geométrica de um documento cartográfico.

Esta etapa do projeto foi conveniente também pelo fato de haver algumas discrepâncias, acima do esperado, entre as coordenadas dos pontos coletados das folhas 1:10.000 do IGC e as da folha do IBGE,1:50.000, o que foi verificado na análise preliminar do item 6.1.

Segundo os manuais dos receptores GPS, o processo DGPS proporciona precisão entre 2 e 5 metros. Após a realização de teste na Região Metropolitana de São Paulo, cujos resultados são apresentados no Anexo C, chegamos a conclusão que seria possível obter resultados com erro inferior à 5 m.

Nesse teste estudou-se a possibilidade de realizar rastreio de bases com distâncias maiores, como é o caso do ponto levantado em Guarulhos, cuja distância é cerca de 30 Km.

Também se analisou a possibilidade de usar um tempo de rastreio menor que o utilizado no levantamento tradicional de GPS, cuja tacha de coleta é de 10 s e com tempo de rastreio de 15 mins.

Utilizamos então, uma tacha de coleta de 1 s, realizando-se pelo menos 10 leituras por ponto o que é cerca de 10 s de rastreio por ponto de controle e ao mesmo tempo melhoramos as condições de rastreio na base, colocando um receptor GPS geodésico de dupla freqüência, configurado na tacha de coleta de 1 s não de 15 s como é comum (por exemplo, na RBMC). Não ocorre problema de armazenamento de dados, pois este receptor possui quantidade de memória suficiente.

O objetivo desse teste foi de simular a situação que encontraríamos nas campanhas na área de estudo, e como dissemos, os resultados foram satisfatórios.

Para a aplicação desse levantamento com GPS (precisão melhor que 5 m, correspondente a 1/3*EP), é necessário previamente realizar o transporte de coordenadas para um ponto monumentado dentro dos limites da área de estudo. Foi o que fizemos; sendo realizado posteriormente o levantamento de 47 pontos a partir desta referência, com emprego do DGPS. Alguns dos 47 pontos não foram considerados, já que, por diversas circunstâncias, não puderam ser tidos como confiáveis.

7.3.1 Transporte de coordenadas para Rio Claro

Foi feito com a utilização de quatro receptores GPS, sendo dois do modelo Trimble 4000 SSI e dois do modelo Trimble 4000 SST.

Inicialmente realizou-se um planejamento do rastreio de modo a identificar o melhor intervalo para o levantamento, sendo que a análise do PDOP (diluição de precisão, vide figura 7.2), indicou que o melhor intervalo seria da 1:00 as 18:00 horas.

Foram rastreados os seguintes pontos da rede geodésica do Estado de São Paulo: ponto P1 (91607), Valinhos (91609) e Pirassununga (91611), além do ponto cujas coordenadas se queria determinar, sendo que se aproveitou o ponto PMRC-1007 (RCLR), localizado em Rio Claro e monumentado pela empresa Base Aerofotogrametria S/A.

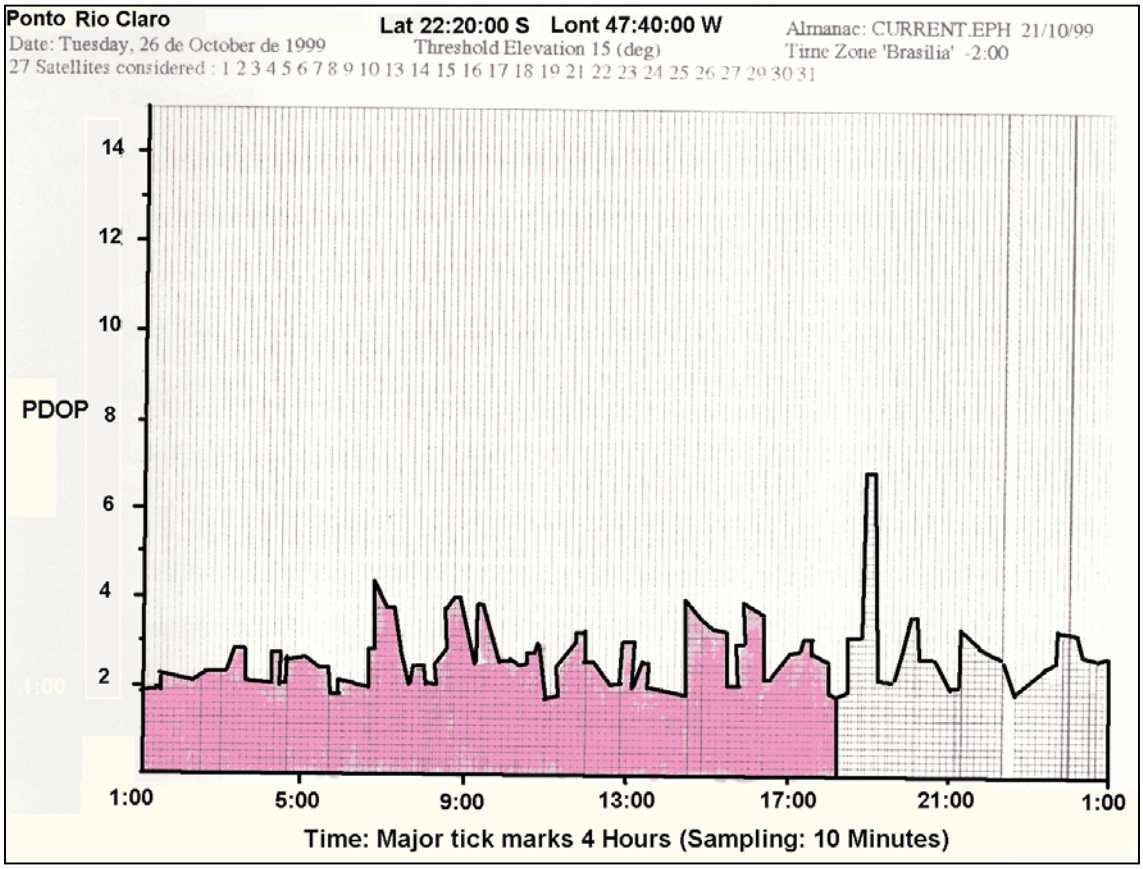


Figura 7.2 – Gráfico de PDOP para planejamento do levantamento com GPS no método Estático Diferencial.

A configuração foi a da figura 7.3, (os croquis de localização desses pontos podem ser vistos no Anexo D).

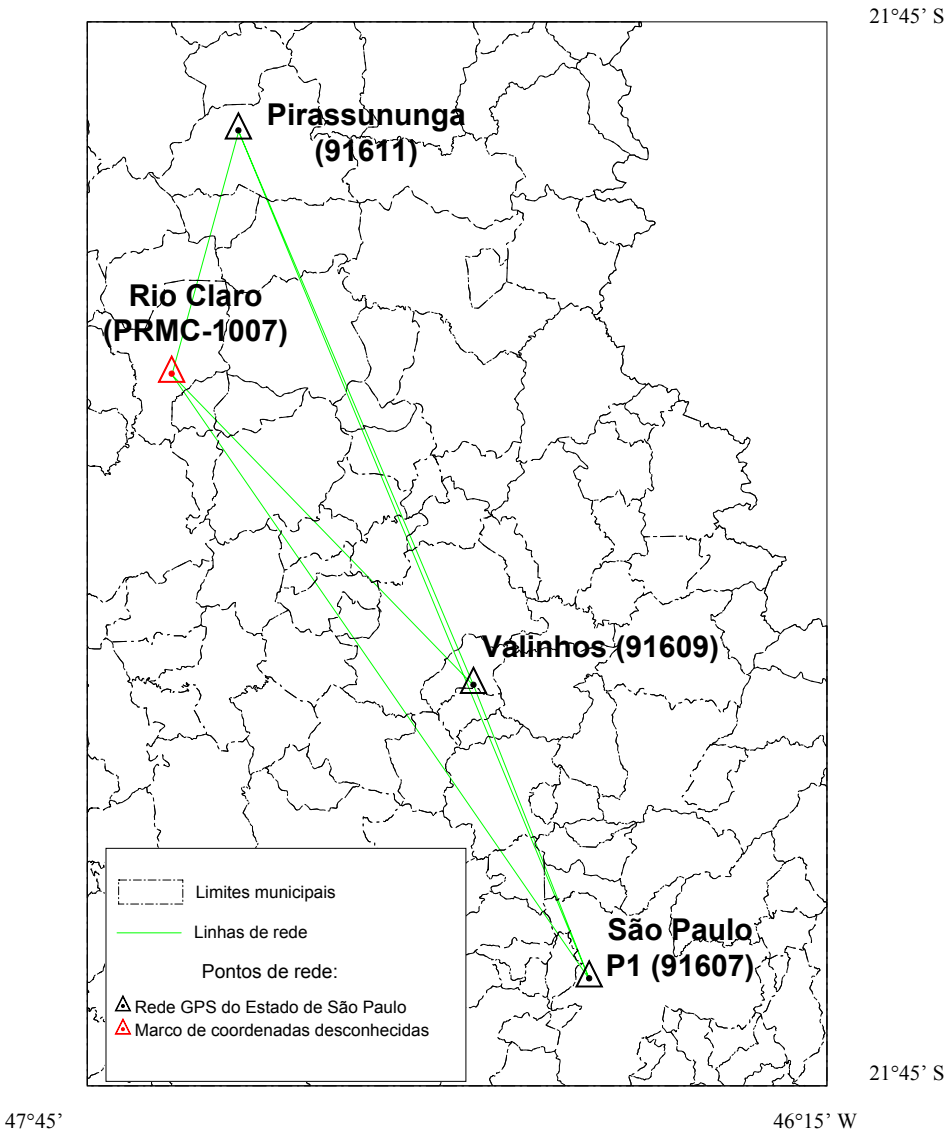


Figura 7.3 – Mapa da distribuição dos pontos rastreados na Rede Geodésica do Estado de São Paulo.

Esses pontos foram rastreados segundo os horários e intervalos apresentados na tabela 7.2, havendo uma sessão mínima de rastreio de todas as estações de 54 minutos e 19 segundos. Contou-se com uma equipe de 6 pessoas, sendo cada um dos receptores distribuídos nos respectivos marcos de rastreio. Em São Paulo, Valinhos colaboraram um operador por marco, sendo utilizados dois operadores para cada um dos pilares localizados em Rio Claro e Pirassununga respectivamente.

Tabela 7.2 – Sessões de rastreio dos pontos São Paulo (P1), Valinhos, Pirassununga da Rede Geodésica do Estado de São Paulo e do ponto de interesse em Rio Claro.

Ponto	Hora Inicial	Hora Final	Tempo de rastreio	Sobreposição
São Paulo (P1)	15:33:00 hrs	17:34:00 hrs	02:01:00 hrs	54 min
Valinhos	15:17:10 hrs	18:37:30 hrs	03:20:20 hrs	
Pirassununga	16:39:40 hrs	18:11:40 hrs	01:31:59 hrs	
Rio Claro	14:48:40 hrs	17:45:40 hrs	02:57:00 hrs	

Para o processamento, é preciso ter em conta que os dados, no caso do GPS estão referidos ao elipsóide WGS-84, cujos parâmetros são apresentados abaixo:

a = 6378137,00000 m (semi-eixo maior)

b = 6356752,31400 m (semi-eixo menor)

f = 1/298,257223563 (achatamento)

Além disso, devem ser utilizados como injunções (valores fixos), as coordenadas conhecidas dos pontos São Paulo (P1), Valinhos e Pirassununga, pertencentes à Rede Geodésica do Estado de São Paulo e que estão listadas na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Coordenadas conhecidas da Rede GPS do Estado de São Paulo em WGS-84 (Coordenadas Geodésicas Curvilíneas-φ,λ,h).

Ponto	Coordenadas conhecidas		
	Latitude (φ)	Longitude (λ)	h (m)
São Paulo P1	22°33’03,057510” S	46°43’53,654080” W	718,2032
Valinhos	23°00’06,167570” S	46°57’57,943580” W	856,9339
Pirassununga	21°57’54,338500” S	47°26’35,647300” W	600,7205

Os dados rastreados pelos receptores GPS foram transferidos para o computador por meio do GPLoad, sendo então realizado o processamento dos vetores e o ajustamento da rede através do GPSurvey.

Para efeito de verificação foi realizado um estudo prévio com os pontos de coordenadas conhecidas da rede geodésica para avaliar a qualidade do levantamento, sendo fixados dois pontos conhecidos e calculado o terceiro ponto supondo-o desconhecido e a seguir comparou-se a coordenada calculada com a oficial da rede. Por

exemplo, foram fixados São Paulo e Valinhos e calculou-se o ponto Pirassununga. O resultado é apresentado na tabela 7.3'.

Tabela 7.3' – Coordenadas processadas da Rede GPS do Estado de São Paulo em WGS-84 (Coordenadas Geodésicas Curvilíneas-φ,λ,h) por levantamento GPS realizado em novembro de 1999.

Ponto	Coordenadas processadas		
	Latitude (φ)	Longitude (λ)	h (m)
São Paulo P1	22°33'03,058589" S	46°43'53,652326" W	718,0330
Valinhos	23°00'06,166924" S	46°57'57,943980" W	856,9960
Pirassununga	21°57'54,340480" S	47°26'35, 645893" W	600,7581

Para a comparação das coordenadas processadas dos pontos com as coordenadas dos mesmos da Rede Geodésica do Estado de São Paulo, foi realizada a conversão das coordenadas geodésicas curvilíneas para UTM, já que existe maior sensibilidade para os erros quando estes estão em unidades métricas (vide Tabelas 7.4, 7.5 e 7.6). A partir dos resíduos foi realizado o cálculo dos erros médios e dos desvios padrão.

Tabela 7.4 – Coordenadas conhecidas da Rede GPS do Estado de São Paulo em WGS-84 (UTM-N,E,h).

Ponto	Coordenadas conhecidas		
	N (m)	E (m)	h (m)
São Paulo P1	7394431,8928	323255,8011	718,2030
Valinhos	7454939,1927	298486,4197	856,9340
Pirassununga	7569023,6147	247690,0618	600,7210

Tabela 7.5 – Coordenadas processadas para Rede GPS do Estado de São Paulo em WGS-84 (UTM-N,E,h) em novembro de 1999.

Ponto	Coordenadas processadas		
	N (m)	E (m)	h (m)
São Paulo P1	7394431,8602	323255,8512	718,0330
Valinhos	7454939,2125	298486,4081	856,9960
Pirassununga	7569023,5544	247690,1032	600,7580

Tabela 7.6 – Diferença entre coordenadas conhecidas da Rede GPS do Estado de São Paulo e coordenadas processadas em novembro de 1999.

Ponto	Resíduos			
	ΔN (m)	ΔE (m)	Δh (m)	Absoluto (m)
São Paulo P1	0,033	-0,050	0,170	0,060
Valinhos	-0,020	0,012	-0,062	0,023
Pirassununga	0,060	-0,041	-0,037	0,073

Média dos erros:

ΔN (m) médio = 0,0244

ΔE (m) médio = -0,0266

Δh (m) médio = 0.0237

Absoluto (m) médio = 0,0520

Desvios padrão:

Desvio padrão ΔN (m) = 0,028765

Desvio padrão ΔE (m) = 0,023614

Desvio padrão Δh (m) = 0,090045

Desvio padrão Absoluto (m) = 0,018381

Analisando esses resultados podemos considerar que o levantamento é satisfatório e que os resultados atingem uma boa precisão e acurácia, visto que a maior diferença foi com relação à altitude geométrica (h) próximo de 17 cm e os demais erros estão abaixo de 6 cm, sendo valores da mesma ordem de erros da Rede Geodésica do Estado de São Paulo.

Após a análise preliminar foram então processados os dados para a determinação das coordenadas do ponto de interesse de Rio Claro utilizando-se a mesma metodologia

empregada anteriormente, ou seja, variando-se as bases fixas, gerando-se os resultados que podem ser visualizados nas Tabelas 7.7 e 7.8.

Tabela 7.7 – Coordenadas processadas em WGS-84 (Coordenadas Geodésicas Curvilíneas-φ,λ,h) para Rio Claro por levantamento GPS realizado em novembro de 1999 resultantes da utilização de diferentes pares de vetores.

Vetores	Coordenadas processadas		
	Latitude (φ)	Longitude (λ)	h (m)
Rio Claro (Val-SP)	22°25'12,444243" S	47°34'42,958149" W	580,6445
Rio Claro (Val-PI)	**22°25'12,443773" S**	**47°34'42,959095" W**	**580,5117**
Rio Claro (PI-SP)	22°25'12,442782" S	47°34'42,958537" W	580,5200

Tabela 7.8 – Coordenadas processadas em WGS-84 (coordenadas UTM-N,E,h) para Rio Claro por levantamento GPS realizado em novembro de 1999 resultantes da utilização de diferentes pares de vetores.

Vetores	Coordenadas processadas		
	N (m)	E (m)	h (m)
Rio Claro (Val-SP)	7518390,9367	234561,9172	580,6440
Rio Claro (Val-PI)	**7518390,9507**	**234561,8899**	**580,5180**
Rio Claro (PI-SP)	7518390,9814	234561,9053	580,5200

Médias:

N médio = 7518390,9563 m

E médio = 234561,9041 m

h médio = 580,5607 m

Desvios padrão:

Desvio padrão N (m) = 0, 016167302

Desvio padrão E (m) = 0, 009678412

Desvio padrão h (m) = 0,05104

Sendo as diferenças pequenas, é quase irrelevante o valor a adotar. No entanto, devido a melhor geometria e mais tempo de sobreposição de rastreio foi escolhida como referência o resultado do processamento das coordenadas a partir dos vetores

Pirassununga-Rio Claro e Valinhos Rio Claro, utilizando-se para todo o trabalho as seguintes as coordenadas:

Rio Claro (Val-PI)

Coordenadas geodésicas referidas ao WGS-84:

Latitude (φ) = 22°25'12,443773" S

Longitude (λ) = 47°34'42,959095" W

Altura geométrica (h) = 580,512 m

Coordenadas UTM referidas ao WGS-84:

N = 7518390,951 m

E = 234561,890 m

Altura geométrica (h) = 580,512 m

7.3.2 Levantamento dos pontos de controle em campo com DGPS

Após a realização do transporte de coordenadas para um ponto localizado dentro da área de estudo, foi realizado o levantamento dos pontos de controle utilizando-se a seguinte configuração:

- Ponto base: Receptor Trimble Modelo 4000 SSI, com capacidade para armazenamento de dados durante 16 horas a uma taxa de coleta de 1 segundo;
- Pontos de controle: Receptor Trimble Modelo GeoExplorer II (como móvel, remoto ou rover[1]), taxa de coleta de 1 segundo (que foi definido segundo estudo realizado previamente e relatado no Anexo C).

[1] Rover: corresponde ao receptor GPS utilizado para o rastreio de pontos de interesse.

Para levantar os 47 pontos foram necessárias três sessões de levantamento num total de quatorze horas, sendo que cada ponto de controle (ver figura 7.4) foi coletado com duas sessões de dez medidas.

Cada uma das sessões teve um planejamento de percurso, bem como um planejamento de rastreio gerando-se os gráficos de PDOP, o qual indicou na maioria dos casos como um bom intervalo para o levantamento o período das 8 as 18 horas.

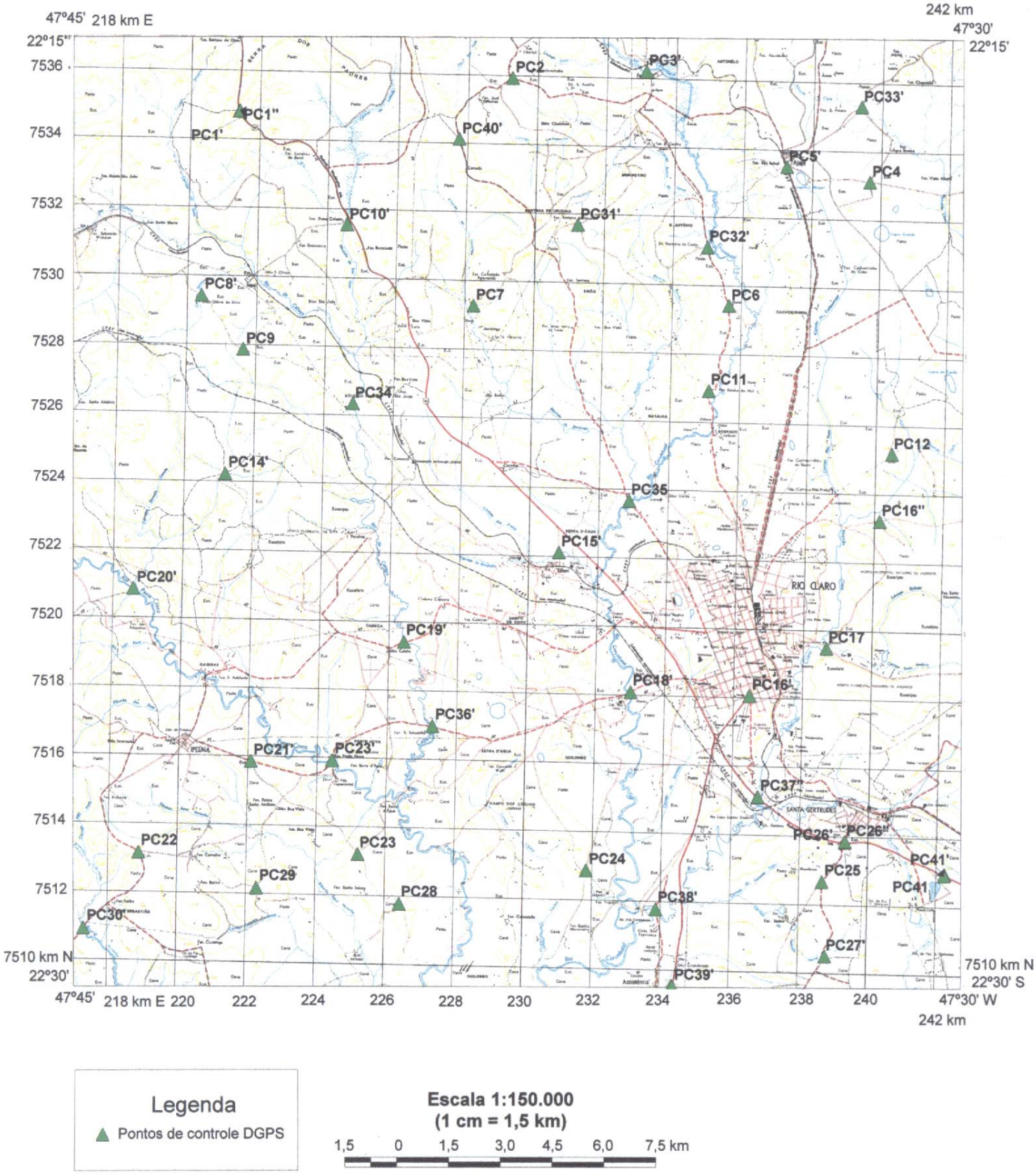


Figura 7.4 – Distribuição dos pontos levantados por DGPS na área de estudo.

Os dados foram então transferidos para o computador sendo então processados com a utilização do PathFinder Office e gerando-se as tabelas 7.9 e 7.10.

Tabela 7.9 - Coordenadas Geodésicas Curvilíneas-φ,λ,h referidas ao WGS-84 dos pontos de controle obtidos por levantamento DGPS – Medida 1.

No. Ordem	Ponto	Coordenadas Processadas		
		Latitude (φ)	Longitude (λ)	h (m)
1	PC1'	22°16'11,6944934"S	47°42'13,4595028"W	825,2440
2	PC1"	22°16'11,4505699"S	47°42'12,9013702"W	826,2388
3	PC10'	22°17'59,1909732"S	47°40'25,1082434"W	594,3040
4	PC11	22°20'35,5770748"S	47°34'19,6607120"W	556,4030
5	PC12	22°21'35,1547525"S	47°31'13,5187719"W	622,6540
6	PC14'	22°21'55,6964811"S	47°42'27,3902514"W	682,4200
7	PC15'	22°23'09,4309719"S	47°36'50,8472075"W	552,7870
8	PC16’	22°25'24,3731398"S	47°33'37,9106865"W	605,2930
9	PC16”	22°22'38,5495468"S	47°31'25,9118993"W	573,3030
10	PC17	22°24'39,1300793"S	47°32'19,6280941"W	563,9000
11	PC18'	22°25'21,5582989"S	47°35'37,9778968"W	533,9210
12	PC19'	22°24'34,6377392"S	47°39'27,1435736"W	574,3200
13	PC2	22°15'39,7884250"S	47°37'38,2832087"W	671,3690
14	PC20'	22°23'44,0885257"S	47°44'00,6034918"W	560,1110
15	PC21'	22°26'28,0089066"S	47°42'01,4590106"W	603,2940
16	PC22	22°27'54,2196447"S	47°43'54,9015412"W	638,7600
17	PC23	22°27'55,9327712"S	47°40'13,7697604"W	641,7970
18	PC23'	22°26'27,2363412"S	47°40'39,6715827"W	527,8570
19	PC24	22°28'10,5595967"S	47°36'22,8488126"W	590,7770
20	PC25	22°28'20,3193160"S	47°32'23,6930759"W	632,1070
21	PC26’	22°27'42,1144848"S	47°32'00,2295011"W	621,7600
22	PC41	22°28'13,2263880"S	47°30'18,3729071"W	604,1830
23	PC26”	22°27'43,0372567"S	47°32'00,2704602"W	624,8800
24	PC41’	22°28'14,0814089"S	47°30'18,7993790"W	603,0260
25	PC27'	22°29'31,0782822"S	47°32'20,8454833"W	611,8870
26	PC28	22°28'42,8168005"S	47°39'32,1130770"W	626,4090
27	PC29	22°28'27,9793034"S	47°41'55,9334523"W	592,3530
28	PC3'	22°15'33,0864246"S	47°35'23,2437544"W	570,3420
29	PC30'	22°29'05,7561586"S	47°44'51,3975447"W	543,8080
30	PC31'	22°17'58,8250257"S	47°36'32,2943626"W	672,1920
31	PC32'	22°18'19,4714016"S	47°34'21,2160482"W	551,9120
32	PC33'	22°16'05,4017144"S	47°31'45,2557234"W	616,1250
33	PC34	22°20'48,8369759"S	47°40'19,0470375"W	579,3680
34	PC35	22°22'20,4403435"S	47°35'39,9125194"W	539,6830
35	PC36'	22°25'54,6455783"S	47°38'58,3986096"W	543,1820
36	PC37'	22°27'00,6333787"S	47°33'29,3632870"W	567,7840
37	PC37"	22°27'00,4152577"S	47°33'28,9956373"W	565,4540
38	PC38'	22°28'47,2074049"S	47°35'12,3442756"W	522,5230
39	PC39	22°29'59,9928062"S	47°34'56,3083075"W	548,9140
40	PC39'	22°30'00,1416709"S	47°34'55,6795432"W	547,2940
41	PC4	22°17'16,9083362"S	47°31'36,8268484"W	657,7010
42	PC40'	22°16'37,5277867"S	47°38'32,1196576"W	721,0010
43	PC5'	22°17'02,7537083"S	47°33'01,1221177"W	664,8200
44	PC6	22°19'14,6058759"S	47°33'59,5228044"W	565,4740
45	PC7	22°19'15,6327895"S	47°38'17,6985402"W	593,2980
46	PC8'	22°19'06,1875890"S	47°42'51,4679369"W	601,6640
47	PC9	22°19'57,2276397"S	47°42'09,6401892"W	658,4510

Tabela 7.10 - Coordenadas Geodésicas Curvilíneas-φ,λ,h referidas ao WGS-84 dos pontos de controle obtidos por levantamento DGPS – Medida 2.

No. Ordem	Ponto	Coordenadas Processadas		
		Latitude (φ)	Longitude (λ)	h (m)
1	PC1'	22°16'11,6835867"S	47°42'13,4509483"W	825,3490
2	PC1"	22°16'11,4276667"S	47°42'12,8833676"W	825,5738
3	PC10'	22°17'59,2932083"S	47°40'25,0729143"W	593,8220
4	PC11	22°20'35,5879384"S	47°34'19,6961994"W	559,3900
5	PC12	22°21'35,1498400"S	47°31'13,5282898"W	622,7600
6	PC14'	22°21'55,6966636"S	47°42'27,3942546"W	682,4180
7	PC15'	22°23'09,4013550"S	47°36'50,7775887"W	552,5060
8	PC16’	22°25'24,3959413"S	47°33'37,8925422"W	605,3280
9	PC16”	22°22'38,5796564"S	47°31'25,8509890"W	579,1600
10	PC17	22°24'39,1048883"S	47°32'19,6240571"W	565,5400
11	PC18'	22°25'21,5402218"S	47°35'38,0048192"W	532,8150
12	PC19'	22°24'34,6572996"S	47°39'27,1678672"W	575,2440
13	PC2	22°15'39,7919408"S	47°37'38,2688704"W	671,1800
14	PC20'	22°23'44,0083147"S	47°44'00,6260806"W	559,9340
15	PC21'	22°26'27,8741843"S	47°42'01,5119380"W	600,8580
16	PC22	22°27'54,2125754"S	47°43'54,8932320"W	638,4080
17	PC23	22°27'55,9316658"S	47°40'13,7867174"W	638,7740
18	PC23'	22°26'27,2538093"S	47°40'39,6703382"W	528,0150
19	PC24	22°28'10,5395634"S	47°36'22,8463435"W	590,3110
20	PC25	22°28'20,3107247"S	47°32'23,6862425"W	632,9060
21	PC26’	22°27'42,1279879"S	47°32'00,2282326"W	621,3510
22	PC41	22°28'13,2020386"S	47°30'18,3816037"W	605,6610
23	PC26”	22°27'43,0216688"S	47°32'00,2876633"W	625,6600
24	PC41’	22°28'14,0794390"S	47°30'18,8270214"W	605,0030
25	PC27'	22°29'31,0518377"S	47°32'20,8392022"W	613,4700
26	PC28	22°28'42,8447320"S	47°39'32,1103918"W	626,7270
27	PC29	22°28'27,9991250"S	47°41'55,9136592"W	592,7680
28	PC3'	22°15'33,0812960"S	47°35'23,2515585"W	574,4390
29	PC30'	22°29'05,7690502"S	47°44'51,3873376"W	543,1800
30	PC31'	22°17'58,9485554"S	47°36'32,3578184"W	677,7350
31	PC32'	22°18'19,4715077"S	47°34'21,2128396"W	552,3440
32	PC33'	22°16'05,4006679"S	47°31'45,2573413"W	614,5630
33	PC34	22°20'48,7181530"S	47°40'18,9922824"W	580,0100
34	PC35	22°22'20,4320212"S	47°35'39,8985968"W	540,5100
35	PC36'	22°25'54,6425459"S	47°38'58,4331436"W	536,8710
36	PC37'	22°27'00,6313861"S	47°33'29,3593849"W	567,7150
37	PC37"	22°27'00,4141332"S	47°33'28,9996653"W	564,3260
38	PC38'	22°28'47,1939390"S	47°35'12,3855931"W	523,8800
39	PC39	22°30'00,1184921"S	47°34'56,2761530"W	551,2030
40	PC39'	22°30'00,2180715"S	47°34'55,6573539"W	550,1570
41	PC4	22°17'16,9058009"S	47°31'36,8220310"W	658,2370
42	PC40'	22°16'37,5534419"S	47°38'32,1266182"W	722,1800
43	PC5'	22°17'02,7583287"S	47°33'01,1269412"W	664,2030
44	PC6	22°19'14,5952004"S	47°33'59,5091564"W	565,5820
45	PC7	22°19'15,6441813"S	47°38'17,7237383"W	595,6740
46	PC8'	22°19'06,1885879"S	47°42'51,4555636"W	601,3730
47	PC9	22°19'57,2301754"S	47°42'09,6064329"W	660,4780

As coordenadas dos dois grupos de medidas foram então convertidas posteriormente para coordenadas UTM e referidas ao Córrego Alegre, utilizando-se

para isso, o programa Geobase 5.0 e tendo como parâmetros as translações recomendadas pelo IBGE e publicadas no Boletim de Serviço 1602 (suplemento) em 1983, gerando-se as tabelas 7.11 e 7.12.

Tabela 7.11 – Coordenadas referidas ao Córrego Alegre (UTM-N,E,h) para Rio Claro por levantamento DGPS – Medida 1.

No. Ordem	Ponto	Coordenadas Processadas		
		N (m)	E (m)	h (m)
1	PC1'	7534812,4180	221401,0470	829,3130
2	PC1"	7534820,2100	221416,8980	830,3080
3	PC10'	7531559,8540	224562,8560	598,3710
4	PC11	7526929,8240	235108,9180	560,5020
5	PC12	7525186,7670	240467,5720	626,7740
6	PC14'	7524219,6830	221192,1630	686,4210
7	PC15'	7522121,1780	230863,6130	556,8310
8	PC16’	7518064,0800	236455,2710	609,3430
9	PC16”	7523230,2410	240145,6090	577,4080
10	PC17	7519494,2110	238671,1430	567,9730
11	PC18'	7518091,7200	233018,9900	537,9510
12	PC19'	7519420,8460	226437,4320	578,3210
13	PC2	7535933,2250	229265,0530	675,4910
14	PC20'	7520835,9460	218584,9020	564,0750
15	PC21'	7515853,4210	222084,9780	607,2470
16	PC22	7513141,7130	218888,2070	642,6760
17	PC23	7513203,0170	225213,6600	645,7510
18	PC23'	7515919,1410	224424,1140	531,8230
19	PC24	7512869,2360	231825,7170	594,7680
20	PC25	7512686,4040	238670,0940	636,1360
21	PC26’	7513873,3010	239321,1940	625,8010
22	PC41	7512964,9920	242250,1330	608,2340
23	PC26”	7513844,8880	239320,5020	628,9200
24	PC41’	7512938,4800	242238,3780	607,0770
25	PC27'	7510510,5720	238788,4450	615,9020
26	PC28	7511781,5150	226430,6480	630,3600
27	PC29	7512164,5210	222309,5170	596,2830
28	PC3'	7536206,1950	233129,1800	574,4880
29	PC30'	7510910,7670	217312,7350	547,7010
30	PC31'	7531687,8060	231228,9570	676,2990
31	PC32'	7531116,9690	234992,9260	556,0370
32	PC33'	7535317,6160	239389,1160	620,3030
33	PC34	7526342,7070	224828,9470	583,4030
34	PC35	7523663,7830	232867,4250	543,7490
35	PC36'	7516973,4440	227303,3160	547,1720
36	PC37'	7515106,3590	236750,2920	571,8170
37	PC37"	7515113,2500	236760,6920	569,4870
38	PC38'	7511776,5220	233861,4820	526,5180
39	PC39	7509544,8170	234358,6780	552,8980
40	PC39'	7509540,5460	234376,7350	551,2780
41	PC4	7533121,4960	239667,3130	661,8670
42	PC40'	7534129,6710	227754,1730	725,1030
43	PC5'	7533516,4330	237246,2190	668,9730
44	PC6	7529431,0940	235642,9020	569,5920
45	PC7	7529271,9080	228252,2280	597,3720
46	PC8'	7529423,4080	220409,0260	605,6930
47	PC9	7527874,3270	221634,7550	662,4780

Tabela 7.12 – Coordenadas referidas ao Córrego Alegre (UTM-N,E,h) para Rio Claro por levantamento DGPS – Medida 2.

No. Ordem	Ponto	Coordenadas Processadas		
		N (m)	E (m)	h (m)
1	PC1'	7534812,7580	221401,2860	829,4180
2	PC1"	7534820,9240	221417,4010	829,6430
3	PC10'	7531556,7260	224563,9230	597,8890
4	PC11	7526929,4720	235107,9080	563,4890
5	PC12	7525186,9140	240467,2970	626,8800
6	PC14'	7524219,6760	221192,0490	686,4180
7	PC15'	7522122,1240	230865,5890	556,5500
8	PC16’	7518063,3870	236455,8020	609,3790
9	PC16”	7523229,3440	240147,3680	583,2650
10	PC17	7519494,9880	238671,2460	569,6120
11	PC18'	7518092,2630	233018,2100	536,8450
12	PC19'	7519420,2310	226436,7480	579,2440
13	PC2	7535933,1240	229265,4660	675,3020
14	PC20'	7520838,4030	218584,2100	563,8970
15	PC21'	7515857,5400	222083,3890	604,8100
16	PC22	7513141,9350	218888,4410	642,3240
17	PC23	7513203,0430	225213,1750	642,7280
18	PC23'	7515918,6040	224424,1590	531,9810
19	PC24	7512869,8540	231825,7770	594,3020
20	PC25	7512686,6720	238670,2850	636,9350
21	PC26’	7513872,8860	239321,2370	625,3920
22	PC41	7512965,7370	242249,8720	609,7130
23	PC26”	7513845,3600	239320,0020	629,7010
24	PC41’	7512938,5270	242237,5860	609,0540
25	PC27'	7510511,3890	238788,6110	617,4850
26	PC28	7511780,6570	226430,7400	630,6780
27	PC29	7512163,9210	222310,0940	596,6980
28	PC3'	7536206,3490	233128,9540	578,5860
29	PC30'	7510910,3760	217313,0340	547,0720
30	PC31'	7531683,9740	231227,2060	681,8420
31	PC32'	7531116,9670	234993,0180	556,4700
32	PC33'	7535317,6470	239389,0690	618,7410
33	PC34	7526346,3910	224830,4490	584,0450
34	PC35	7523664,0460	232867,8190	544,5750
35	PC36'	7516973,5200	227302,3260	540,8610
36	PC37'	7515106,4220	236750,4020	571,7480
37	PC37"	7515113,2830	236760,5770	568,3590
38	PC38'	7511776,9160	233860,2930	527,8750
39	PC39	7509540,9650	234359,6650	555,1870
40	PC39'	7509538,2060	234377,4100	554,1410
41	PC4	7533121,5760	239667,4500	662,4020
42	PC40'	7534128,8780	227753,9870	726,2820
43	PC5'	7533516,2890	237246,0830	668,3560
44	PC6	7529431,4300	235643,2870	569,7000
45	PC7	7529271,5450	228251,5130	599,7480
46	PC8'	7529423,3840	220409,3810	605,4020
47	PC9	7527874,2660	221635,7230	664,5040

Foi realizada então a comparação (diferença) dos resultados obtidos para as coordenadas convertidas para o Córrego Alegre para as duas medidas, o que pode ser visto na tabela 7.13.

Tabela 7.13 – Diferença entre coordenadas DGPS dos pontos de controle das duas medidas.

No. Ordem	Ponto	Resíduos			
		ΔN (m)	ΔE (m)	Δh (m)	Absoluto (m)
1	PC1'	-0,3400	-0,2390	-0,1050	0,4156
2	PC1"	-0,7140	-0,5030	0,6650	0,8734
3	PC10'	3,1280	-1,0670	0,4820	3,3050
4	PC11	0,3520	1,0100	-2,9870	1,0696
5	PC12	-0,1470	0,2750	-0,1060	0,3118
6	PC14'	0,0070	0,1140	0,0030	0,1142
7	PC15'	-0,9460	-1,9760	0,2810	2,1908
8	PC16’	0,6930	-0,5310	-0,0360	0,8730
9	PC16”	0,8970	-1,7590	-5,8570	1,9745
10	PC17	-0,7770	-0,1030	-1,6390	0,7838
11	PC18'	-0,5430	0,7800	1,1060	0,9504
12	PC19'	0,6150	0,6840	-0,9230	0,9198
13	PC2	0,1010	-0,4130	0,1890	0,4252
14	PC20'	-2,4570	0,6920	0,1780	2,5526
15	PC21'	-4,1190	1,5890	2,4370	4,4149
16	PC22	-0,2220	-0,2340	0,3520	0,3226
17	PC23	-0,0260	0,4850	3,0230	0,4857
18	PC23'	0,5370	-0,0450	-0,1580	0,5389
19	PC24	-0,6180	-0,0600	0,4660	0,6209
20	PC25	-0,2680	-0,1910	-0,7990	0,3291
21	PC26’	0,4150	-0,0430	0,4090	0,4172
22	PC41	-0,7450	0,2610	-1,4790	0,7894
23	PC26”	-0,4720	0,5000	-0,7810	0,6876
24	PC41’	-0,0470	0,7920	-1,9770	0,7934
25	PC27'	-0,8170	-0,1660	-1,5830	0,8337
26	PC28	0,8580	-0,0920	-0,3180	0,8629
27	PC29	0,6000	-0,5770	-0,4150	0,8324
28	PC3'	-0,1540	0,2260	-4,0980	0,2735
29	PC30'	0,3910	-0,2990	0,6290	0,4922
30	PC31'	3,8320	1,7510	-5,5430	4,2131
31	PC32'	0,0020	-0,0920	-0,4330	0,0920
32	PC33'	-0,0310	0,0470	1,5620	0,0563
33	PC34	-3,6840	-1,5020	-0,6420	3,9784
34	PC35	-0,2630	-0,3940	-0,8260	0,4737
35	PC36'	-0,0760	0,9900	6,3110	0,9929
36	PC37'	-0,0630	-0,1100	0,0690	0,1268
37	PC37"	-0,0330	0,1150	1,1280	0,1196
38	PC38'	-0,3940	1,1890	-1,3570	1,2526
39	PC39	3,8520	-0,9870	-2,2890	3,9764
40	PC39'	2,3400	-0,6750	-2,8630	2,4354
41	PC4	-0,0800	-0,1370	-0,5350	0,1586
42	PC40'	0,7930	0,1860	-1,1790	0,8145
43	PC5'	0,1440	0,1360	0,6170	0,1981
44	PC6	-0,3360	-0,3850	-0,1080	0,5110
45	PC7	0,3630	0,7150	-2,3760	0,8019
46	PC8'	0,0240	-0,3550	0,2910	0,3558
47	PC9	0,0610	-0,9680	-2,0260	0,9699
Média dos erros(m)		0,024	-0,027	0.024	0,052
Desvios padrão (m)		0,029	0,024	0,090	0,018
Erros máximos (m)		-4,1190	-1,9760	6,3110	4,4149

Pelos resultados dos resíduos apresentados na tabela 7.13 pode-se dizer que os resultados são bons: erro máximo de –4,11 m, erro médio de 0,029 m e assim podemos utilizar as coordenadas do DGPS para o controle de qualidade geométrico planimétrico, ou seja, em termos de N e E.

Não é objetivo do presente trabalho efetuar o controle de qualidade na altimetria, já que envolveria um modelo geoidal da região com uma precisão adequada. Em todo caso, quando se for aplicar um controle desse tipo, parece-nos interessante obter melhor precisão em altimetria com o GPS, já que alguns valores estão superiores à 5 m, muito próximos da precisão mínima recomendada (1/3*20 m, ou seja, um terço da eqüidistância da curvas de nível da folha Rio Claro, 1:50.000, IBGE).

Sendo assim, o que nos resta e calcular os valores médios das coordenadas planimétricas UTM (média das tabelas 7.11 e 7.12), referidas ao Córrego Alegre, o que foi obtido na tabela 7.14.

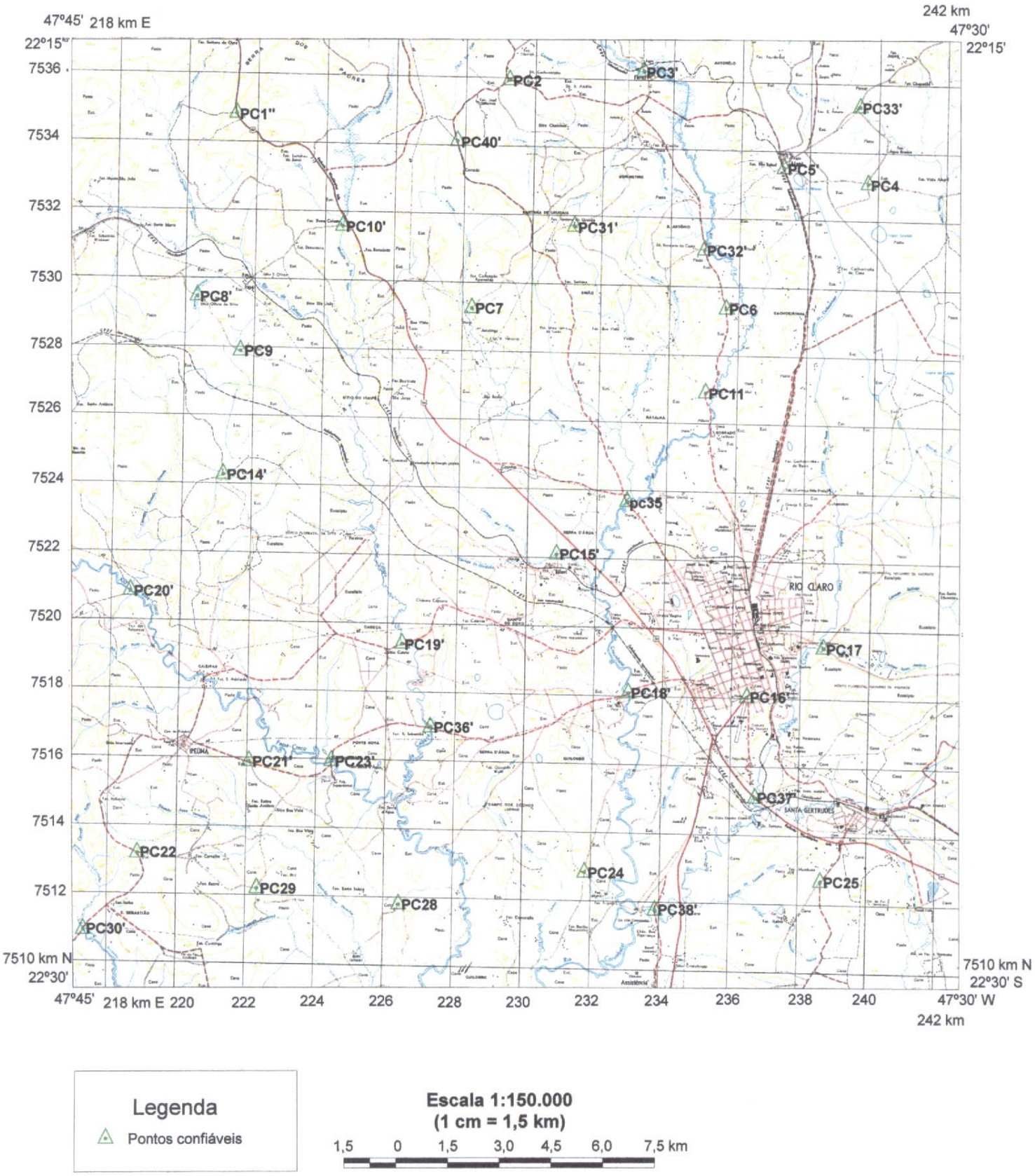
Tabela 7.14 - Coordenadas planimétricas referidas ao Córrego Alegre (UTM-N,E) para Rio Claro por levantamento DGPS – medias das medida 1 e 2.

No. Ordem	Ponto	N (m)	E (m)
1	PC1'	7534812,5880	221401,1665
2	PC1"	7534820,5670	221417,1495
3	PC10'	7531558,2900	224563,3895
4	PC11	7526929,6480	235108,4130
5	PC12	7525186,8405	240467,4345
6	PC14'	7524219,6795	221192,1060
7	PC15'	7522121,6510	230864,6010
8	PC16’	7518063,7335	236455,5365
9	PC16”	7523229,7925	240146,4885
10	PC17	7519494,5995	238671,1945
11	PC18'	7518091,9915	233018,6000
12	PC19'	7519420,5385	226437,0900
13	PC2	7535933,1745	229265,2595
14	PC20'	7520837,1745	218584,5560
15	PC21'	7515855,4805	222084,1835
16	PC22	7513141,8240	218888,3240
17	PC23	7513203,0300	225213,4175
18	PC23'	7515918,8725	224424,1365
19	PC24	7512869,5450	231825,7470
20	PC25	7512686,5380	238670,1895
21	PC26’	7513873,0935	239321,2155
22	PC41	7512965,3645	242250,0025
23	PC26”	7513845,1240	239320,2520
24	PC41’	7512938,5035	242237,9820
25	PC27'	7510510,9805	238788,5280
26	PC28	7511781,0860	226430,6940
27	PC29	7512164,2210	222309,8055
28	PC3'	7536206,2720	233129,0670
29	PC30'	7510910,5715	217312,8845
30	PC31'	7531685,8900	231228,0815
31	PC32'	7531116,9680	234992,9720
32	PC33'	7535317,6315	239389,0925
33	PC34	7526344,5490	224829,6980
34	PC35	7523663,9145	232867,6220
35	PC36'	7516973,4820	227302,8210
36	PC37'	7515106,3905	236750,3470
37	PC37"	7515113,2665	236760,6345
38	PC38'	7511776,7190	233860,8875
39	PC39	7509542,8910	234359,1715
40	PC39'	7509539,3760	234377,0725
41	PC4	7533121,5360	239667,3815
42	PC40'	7534129,2745	227754,0800
43	PC5'	7533516,3610	237246,1510
44	PC6	7529431,2620	235643,0945
45	PC7	7529271,7265	228251,8705
46	PC8'	7529423,3960	220409,2035
47	PC9	7527874,2965	221635,2390

7.4 Comparação entre os pontos de controle coletados via mesa digitalizadora da folha 1:10.000 do IGC e os pontos de controle coletados via DGPS

A primeira opção se considerarmos os custos é da realização do controle de qualidade geométrica por meio de documentos cartográficos em escala maior (no nosso caso, cartas 1:10.000, do IGC), sendo em casos que isso não seja possível a opção é partir diretamente para o controle com uso de GPS. Antes de fazer o controle de qualidade dos mapas digitalizados pareceu-nos interessante fazer uma comparação entre os dados comuns tanto dos pontos de controle obtidos do mapa 1:10.00 com aqueles gerados a partir de levantamento via DGPS, de modo a analisar o quanto um está discrepante do outro.

Com relação aos pontos de controle obtidos pelo levantamento por DGPS, foi realizada uma pré-análise visual dos mesmos através da geocodificação deste (em coordenadas UTM), sobrepondo-os à imagem colorida da folha Rio Claro, 1:50.000 do IBGE e sendo medida em tela a distância do ponto de controle GPS até o ponto de intersecção na folha. Os pontos que apresentaram um deslocamento muito grande foram desprezados da lista para o controle de qualidade (em função de ter havido mudança temporal na feição, como duplicação de estrada, etc), gerando-se no final a tabela 7.15 com 34 pontos (vide figura 7.5), quantidade suficiente para a análise de qualidade geométrica dos produtos finais, que conforme SILVA; BRITO (1991) apud BRISOLLA (1993) deve ser de pelo menos 20 pontos, bem distribuídos na área de interesse.



Legenda

Pontos confiáveis

Escala 1:150.000
(1 cm = 1,5 km)

1,5 0 1,5 3,0 4,5 6,0 7,5 km

Figura 7.5 – Pontos de controle confiáveis para a avaliação da qualidade geométrica.

Tabela 7.15 – Comparação entre as coordenadas dos pontos de controle obtidos por DGPS e da folha 1:10.000 do IGC referidas ao Córrego Alegre.

No. Ordem	Ponto	DGPS		Folhas 1:10.000		Resíduos		
		N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	ΔN(m)	ΔE(m)	Δabs(m)
1	PC1"	7534820,57	221417,15	7534815,40	221420,85	5,17	-3,70	6,35
2	PC10'	7531558,29	224563,39	7531549,17	224563,42	9,12	-0,03	9,12
3	PC11	7526929,65	235108,41	7526922,01	235106,54	7,64	1,87	7,87
4	PC14'	7524219,68	221192,11	7524228,77	221186,87	-9,09	5,24	10,49
5	PC15'	7522121,65	230864,60	7522128,85	230866,28	-7,20	-1,68	7,39
6	PC16'	7518063,73	236455,54	7518065,13	236454,83	-1,40	0,71	1,57
7	PC17	7519494,60	238671,19	7519495,96	238673,11	-1,36	-1,92	2,35
8	PC18'	7518091,99	233018,60	7518084,99	233020,47	7,00	-1,87	7,24
9	PC19'	7519420,54	226437,09	7519424,21	226435,15	-3,67	1,94	4,15
10	PC2	7535933,17	229265,26	7535930,99	229281,26	2,18	-16,00	16,15
11	PC20'	7520837,17	218584,56	7520839,51	218577,89	-2,34	6,67	7,06
12	PC21'	7515855,48	222084,18	7515858,95	222082,38	-3,47	1,80	3,91
13	PC22	7513141,82	218888,32	7513139,34	218894,90	2,48	-6,58	7,04
14	PC23'	7515918,87	224424,14	7515920,73	224431,49	-1,86	-7,35	7,58
15	PC24	7512869,55	231825,75	7512869,12	231826,14	0,43	-0,39	0,58
16	PC25	7512686,54	238670,19	7512687,82	238665,16	-1,28	5,03	5,19
17	PC28	7511781,09	226430,69	7511788,35	226427,05	-7,26	3,64	8,12
18	PC29	7512164,22	222309,81	7512150,68	222307,62	13,54	2,19	13,72
19	PC3'	7536206,27	233129,07	7536216,70	233128,71	-10,43	0,36	10,44
20	PC30'	7510910,57	217312,88	7510908,74	217313,47	1,83	-0,59	1,92
21	PC31'	7531685,89	231228,08	7531691,95	231235,54	-6,06	-7,46	9,61
22	PC32'	7531116,97	234992,97	7531121,50	234985,53	-4,53	7,44	8,71
23	PC33'	7535317,63	239389,09	7535309,46	239392,61	8,17	-3,52	8,90
24	PC35	7523663,91	232867,62	7523661,65	232864,83	2,26	2,79	3,59
25	PC36'	7516973,48	227302,82	7516975,28	227304,28	-1,80	-1,46	2,32
26	PC37'	7515106,39	236750,35	7515099,18	236748,18	7,21	2,17	7,53
27	PC38'	7511776,72	233860,89	7511777,08	233864,00	-0,36	-3,11	3,13
28	PC4	7533121,54	239667,38	7533126,00	239669,22	-4,46	-1,84	4,83
29	PC40'	7534129,27	227754,08	7534148,10	227750,60	-18,83	3,48	19,15
30	PC5'	7533516,36	237246,15	7533515,52	237250,54	0,84	-4,39	4,47
31	PC6	7529431,26	235643,09	7529398,51	235647,78	32,75	-4,69	33,08
32	PC7	7529271,73	228251,87	7529260,22	228260,87	11,51	-9,00	14,62
33	PC8'	7529423,40	220409,20	7529422,23	220412,78	1,17	-3,58	3,77
34	PC9	7527874,30	221635,24	7527882,97	221646,31	-8,67	-11,07	14,06
Média dos erros (m)						0,57	-1,32	8,12
Desvios padrão (m)						8,84	5,12	---------
Erros máximos (m)						32,75	-16,00	33,08

Foi então realizado o "Teste de Tendência", o qual consiste em dizer se a média está próxima de zero e de modo a verificar no nosso caso se as coordenadas dos pontos de controle coletados das folhas do IGC 1:10,000 possuíam erro sistemático.

Os resultados foram os seguintes, baseados nas fórmulas já apresentadas no item 4.3 deste trabalho e a partir dos valores dos média dos erros e desvios padrão nas direções N e E temos:

$t_N = 0,37$

$t_E = 1,48$

Teste de tendências:

Pela tabela t de Student o valor de $t_{n-1,\alpha/2} = t_{33,\ 0,05} = 1,694$ com nível de confiança de 90 % (vide tabela E.1, Anexo E); para que os resultados sejam considerados livres de erros sistemático $|t_N|$ e $|t_E|$ devem ser menores que 1,694.

Como vemos os valores de t_N (0,37) e t_E (1,48) são menores que 1,694. Portanto, os pontos das folhas 1:10.000 do IGC não possuem erros sistemático.

7.5 Alternativa para coleta de pontos com DGPS, utilizando dados de estações de monitoramento contínuo

Nesse item apresentamos uma alternativa de levantamento com DGPS para a coleta de pontos de controle na área de estudo, sem a necessidade do prévio transporte de coordenadas de um ponto de referência na área teste.

Para tanto, pode-se utilizar os dados de estações de monitoramento contínuo (RBMC e outras) e processá-los em conjunto com os dados do receptor de mão. Foram realizados processamentos com dados das seguintes estações de monitoramento contínuo, que estão representados na figura 7.6:

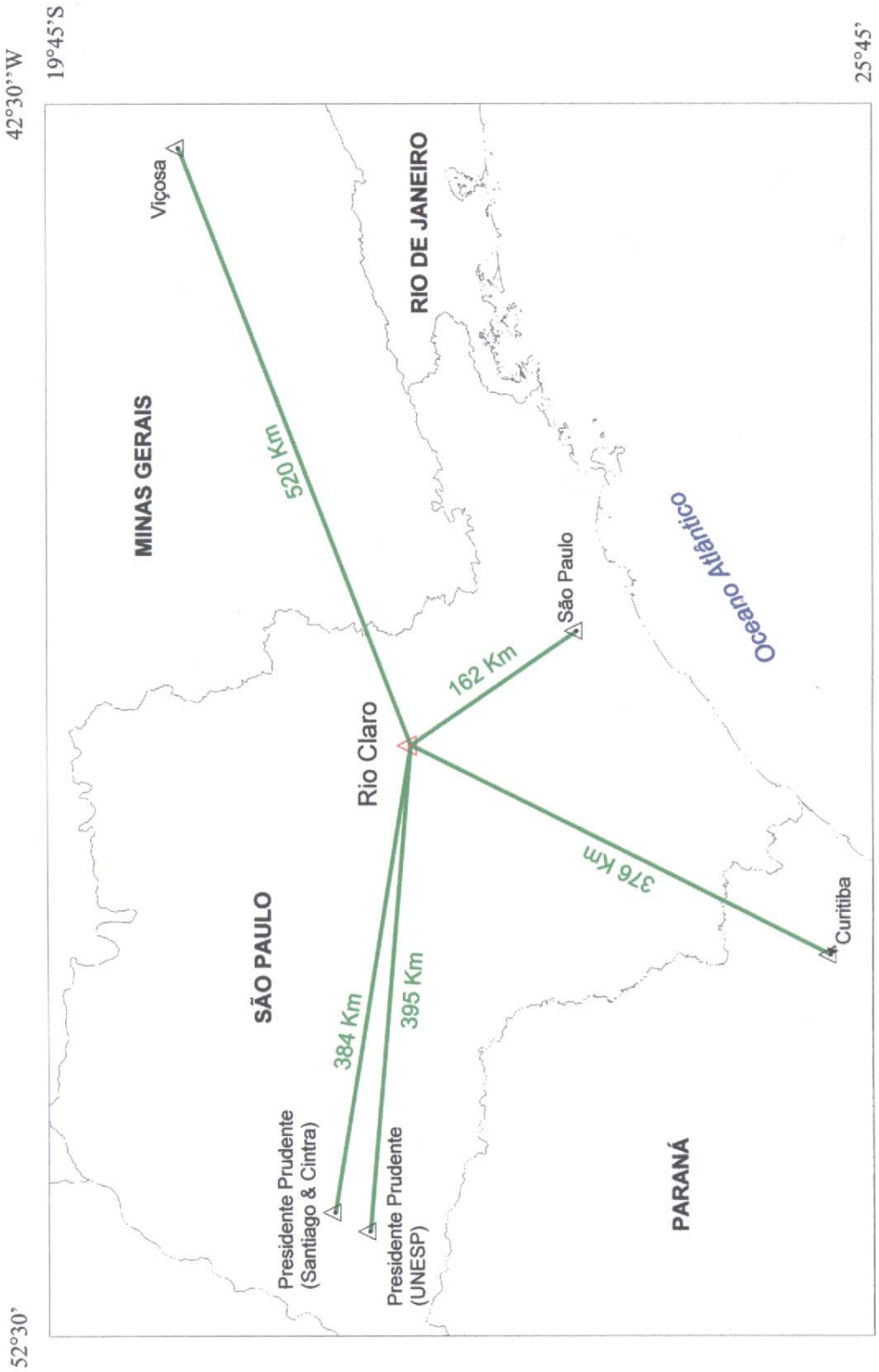


Figura 7.6 – Distribuição dos pontos base das estações de monitoramento contínuo utilizados no teste para processamento de pontos de controle de bases longas.

1) Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), pertencentes ao IBGE:

- Localidades: Presidente Prudente-SP (UNESP), Curitiba-PR e Viçosa-MG;
- Receptores Trimble modelo 4000 SSI com taxa de coleta de 15 s.

2) Estações de monitoramento contínuo da empresa Santiago & Cintra:

- Localidades: Presidente Prudente-SP, São Paulo-SP;
- Receptores Trimble Pro-XR com taxa de coleta de 5 s.

De posse dos dados referentes aos dias de coleta de campo foi possível definir intervalos de sobreposição com o período levantado com o receptor GeoExplorer II, com exceção parcial dos dados de Viçosa (que possibilitou sobreposição de 24 dos 34 pontos) e do receptor localizado na UNESP de Presidente Prudente (houve problema no processamento de um ponto).

Para cada uma das estações-base foram processados novamente os pontos de controle de campo da mesma maneira já descrita anteriormente (item 7.3.2), gerando-se as cinco primeiras tabelas do Anexo F.

Para cada uma das tabelas apresentadas no Anexo F foram calculados os valores: média dos erros, desvios padrão e erros máximos, sendo analisada a discrepância entre os dois grupos de medidas (medida 1 e mediada 2) . Verificou-se de tal análise que todos os resultados foram satisfatórios, visto que todos os valores do t calculado são inferiores ao do t de Student da tabela. O resumo da análise é apresentado a seguir na tabela 7.16.

Alguns erros, isoladamente, ultrapassam a casa dos 5m, mas isto está dentro do previsto. O teste mais importante é o da diferença entre a média dessas medidas e o levantamento DGPS mais preciso (base em Rio Claro).

Tabela 7.16 – Resumo analítico dos resultados dos processamentos de pontos de controle referidos às estações de monitoramento contínuo.

Referência	Variável	N	E	h	Total
São Paulo (Santiago & Cintra)	Média dos erros (m)	-0,1	0,04	-0,3	1,06
	Desvios padrão (m)	1,53	0,75	2,1	1,33
	Erros máximos (m)	-6,17	2,21	-8,71	6,55
	t_c (t calculado)	-0,4	0,35	-0,9	-----
	t (t de Student da tabela)	1,69	1,69	1,69	-----
Presidente Prudente (Santiago & Cintra)	Média dos erros (m)	0,11	-0,01	-0,21	1,08
	Desvios padrão (m)	1,31	0,85	1,91	1,12
	Erros máximos (m)	3,99	-2,50	6,31	4,59
	t_c (t calculado)	0,49	-0,09	-0,63	-----
	t (t de Student da tabela)	1,694	1,694	1,694	-----
Presidente Prudente (RBMC)	Média dos erros (m)	0,11	0,03	-0,07	1,39
	Desvios padrão (m)	1,19	0,71	1,97	0,87
	Erros máximos (m)	4,11	-3,13	7,30	4,55
	t_c (t calculado)	0,54	0,22	-0,2	-----
	t (t de Student da tabela)	1,69	1,69	1,69	-----
Curitiba (RBMC)	Média dos erros (m)	-0,11	0,01	-0,37	1,30
	Desvios padrão (m)	1,89	0,85	2,86	1,6
	Erros máximos (m)	-8,13	-2,65	-11,02	8,53
	t_c (t calculado)	-0,34	0,08	-0,75	-----
	t (t de Student da tabela)	1,694	1,694	1,694	-----
Viçosa (RBMC)	Média dos erros (m)	0,05	0,16	-0,56	0,93
	Desvios padrão (m)	1,10	0,64	1,94	0,86
	Erros máximos (m)	3,67	1,55	5,96	3,98
	t_c (t calculado)	0,22	1,22	-1,42	-----
	t (t de Student da tabela)	1,714	1,714	1,714	-----

Um outro estudo foi a análise de precisão e possível erro sistemático em alguns desses 5 levantamentos, utilizando como controle os pontos DGPS levantados pelo método do item 7.3.2, que são considerados mais precisos em função da menor distância e maior taxa de coleta da base correspondente. A partir de tais dados foram geradas as tabelas comparativas apresentadas no Anexo F (F.6 a F.10).

Também para cada uma dessas tabelas foram calculados a média dos erros, desvios padrão e erros máximos. A partir de tais dados foi possível realizar o teste de tendência de modo a detectar possíveis erros sistemáticos. O resumo deste estudo é apresentado visualmente nos gráficos da figuras 7.7 e 7.8 e de maneira analítica nas tabelas 7.17 e 7.18.

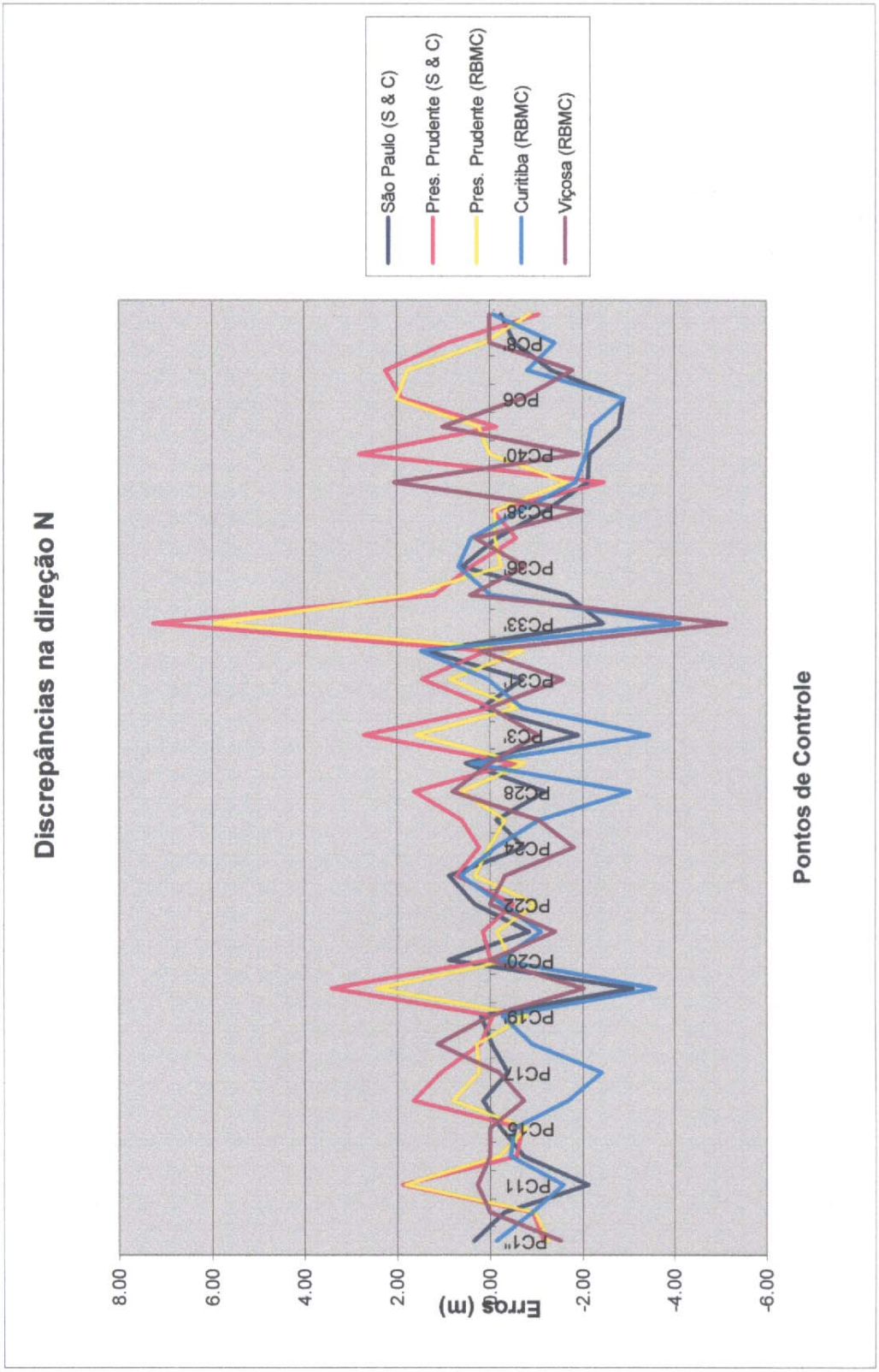


Figura 7.7 – Gráfico das discrepâncias entre a coordenada N dos pontos de controle calculada em relação à base de Rio Claro e a calculada em relação às cinco diferentes estações de monitoramento contínuo.

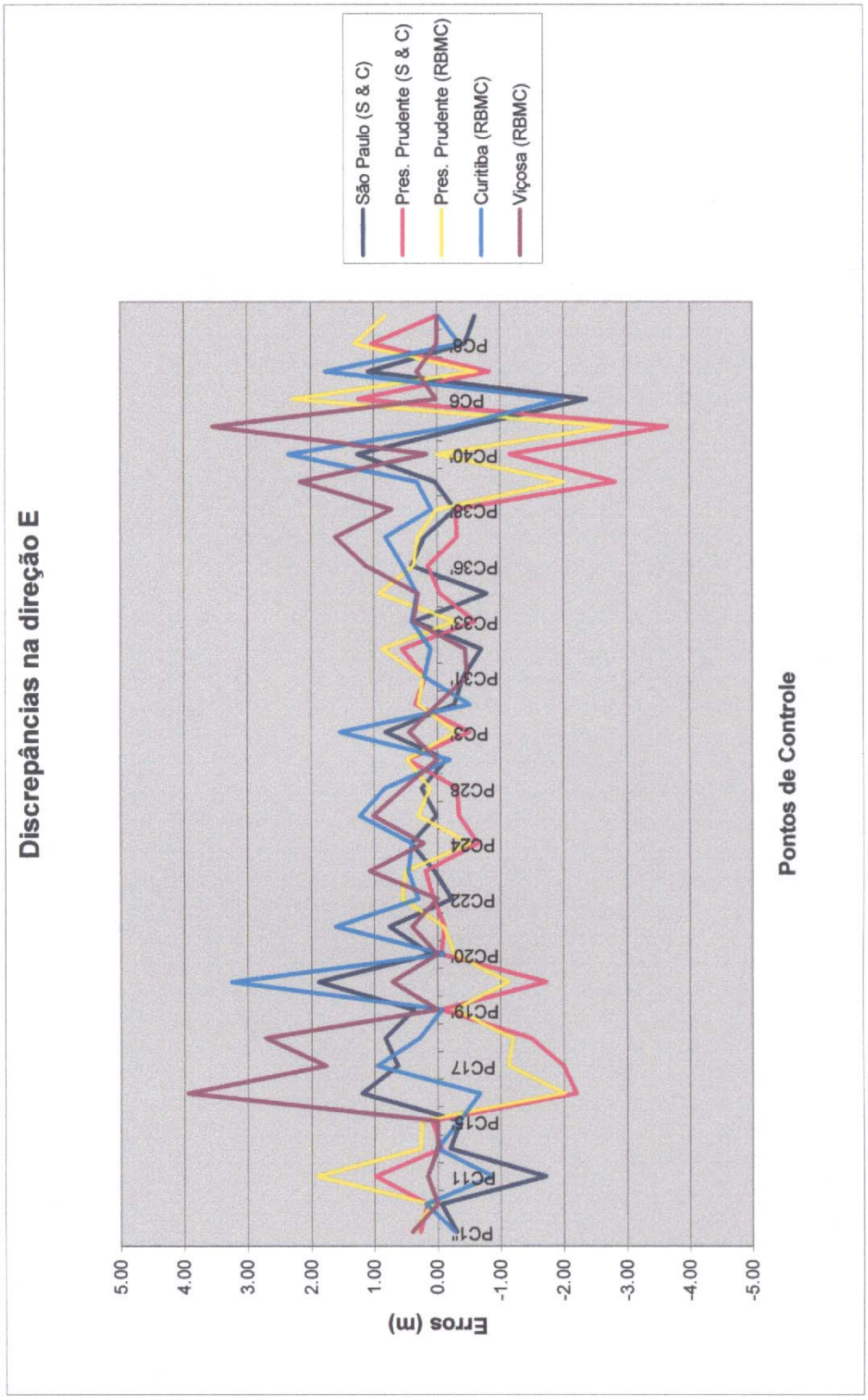


Figura 7.8 – Gráfico das discrepâncias entre a coordenada E dos pontos de controle calculada em relação à base de Rio Claro e a calculada em relação às cinco diferentes estações de monitoramento contínuo.

Tabela 7.17 – Resumo dos resultados com relação à média dos erros, erro médio e erro sistemático.

Estação	Média dos erros		Erro médio		tc		t (tabela)	Erro sistemático
	N(m)	E (m)	N(m)	E (m)	N(m)	E (m)		
São Paulo (S & C)	-0,73	0,04	1,04	0,59	-3,59	0,26	1,694	em N
Pres. Prudente (S & C)	0,70	-0,40	1,22	0,73	2,35	-2,17	1,694	em N
Pres. Prudente (RBMC)	0,30	-0,01	0,94	0,73	1,18	-0,07	1,692	Não
Curitiba (RBMC)	-1,03	0,36	1,24	0,69	-4,49	2,18	1,694	em N e E
Viçosa (RBMC)	-0,67	0,96	0,85	0,73	-2,22	4,11	1,714	em N e E

Tabela 7.18 – Resumo dos resultados com relação ao desvio padrão, erro 90% e erro máximo.

Estação	Desvios padrão		Erro 90%		Erro máximo	
	N(m)	E (m)	N(m)	E (m)	N(m)	E (m)
São Paulo (S & C)	1,18	0,81	1,95	1,34	-3,09	-2,37
Pres. Prudente (S & C)	1,73	1,07	2,85	1,77	7,27	-3,64
Pres. Prudente (RBMC)	1,45	1,04	2,39	1,72	5,96	-2,74
Curitiba (RBMC)	1,33	0,96	2,19	1,58	-4,10	3,26
Viçosa (RBMC)	1,48	1,15	2,44	1,90	-5,14	3,95

Analisando essas tabelas e os gráficos percebe-se através da média dos erros (que deveria ser zero) e do valor de t_c comparado com t que em quase todos os casos verifica-se a existência de um erro sistemático, com exceção do levantamento que teve como base de referência a estação Presidente Prudente da RBMC. No entanto, esse valor é pequeno (o máximo representa 1 m, ou seja, 0,02 m, na escala 1:50.000) e não vale a pena corrigi-lo.

Podemos ainda, fazer uma outra análise com relação aos dados apresentados na tabela 7.18. Ela diz respeito ao erro 90%, que representa o intervalo na curva de distribuição estatística, dentro do qual se situam probabilisticamente 90% dos erros. Essa porcentagem é a mesma estabelecida na norma que estabelece o PEC. Pode-se verificar que em todos os casos esse valor é inferior ao erro de tolerância admitido, ou seja, 5 m. Aproveitamos para lembrar que esse valor de 5 m corresponde a 1/3 (melhoria de precisão) de 0,3 mm (PEC classe A) na escala 1:50.000.

Com isso, podemos dizer que é possível a utilização de uma base longa (cerca de 520 Km nesse caso, mas talvez até 1.000 Km) para o levantamento de pontos de controle com DGPS, reduzindo dessa maneira o custo do trabalho de campo.