

## Viabilidade do GNREF/GNRT-K em uma Área Teste na UFPR

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Pereira Krueger <sup>1</sup>  
 Elaine C. B. de Souza <sup>2</sup>  
 Samantha C. Morais <sup>3</sup>  
 Maurício I. Sejas <sup>4</sup>

UFPR - Setor de Ciências da Terra  
 Departamento de Geomática  
 Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE)  
 Curitiba - Paraná

<sup>1</sup> ✉ [ckrueger@cce.ufpr.br](mailto:ckrueger@cce.ufpr.br)

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Técnica RTK (DGPS)
	3 Descrição da Área em Estudo
	4 Materiais e Métodos
	4.1 Equipamentos Utilizados
	4.2 Programas Empregados
	4.3 Levantamento de Campo
	5 Resultados
	6 Análise deste Posicionamento RTK com o GNREF/GNRT-K
	7 Conclusões e Recomendações
	8 Referências Bibliográficas

**Resumo:** O Brasil é um país de grande extensão territorial e marítima, e é de extrema importância um melhor domínio sobre suas áreas e conformações. O emprego do sistema DGPS Preciso (RTK/PDGPS) tem se mostrado eficiente e preciso nas mais diversas áreas de levantamentos em que ele tem sido utilizado em nosso país. Algumas instituições tem empregado o PDGPS com o auxílio do programa GNREF/GNRT-K, que é um programa GPS que possibilita a determinação da posição em tempo real, através da combinação dos dados brutos da estação móvel com as correções transmitidas pela estação de referência. Este programa tem possibilitado precisões da ordem do decímetro. Em uma área teste estabelecida próxima ao Laboratório de Geodésia Espacial, situado no Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, testes foram realizados indicando a viabilidade e as precisões alcançadas com este programa em levantamentos cadastrais.

**Palavras chave:** RTK, PDGPS, Levantamento Cadastral, GNREF/GNRT-K

**Abstract:** Being Brazil a country of great territorial and marine extension, it is of extreme importance a better domain on its areas and conformations. The Precise DGPS (RTK/PDGPS) has been showing efficient and precise in the most several surveys in that it has been used at our country. Some institutions have been using PDGPS with the GPS-software GNREF/GNRT-K, that facilitates the high precision in real-time positioning, through the combination between the raw data of the mobile station with the corrections transmitted by the reference station. Its accuracy reaches up to some decimeter. Some tests were accomplished in an area near to the Laboratory of Geodesy Space in the Federal University of Paraná. These tests showed the viability and the accuracy reached with this software in the cadastral surveying.

**Keywords:** RTK, PDGPS, Cadastral surveying, GNREF/GNRT-K

### 1 Introdução

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) vem sendo utilizado nos mais diversos levantamentos em face da sua disponibilidade contínua, fácil aplicação e independência em relação as condições meteorológicas. A alguns anos, ele têm sido empregado em levantamentos cartográficos urbanos, onde inicialmente os usuários empregavam o posicionamento relativo com a técnica estática e posteriormente com as técnicas cinemáticas em face do desenvolvimento de técnicas para a resolução rápida das ambigüidades. Está técnica é muito produtiva, mas requer ainda do usuário o pós-processamento dos dados para atender o padrão de acurácia necessário no desenvolvimento das bases cartográficas. Visando obter precisões da ordem do decímetro no posicionamento GPS, em tempo real, o usuário lança mão da técnica RTK ou DGPS Preciso (PDGPS).

A determinação das coordenadas precisas de pontos, em tempo real, pode ser obtida através de equipamentos capacitados com a técnica RTK ou através de programas GPS, como por exemplo o GNREF/GNRT-K.

Com o presente artigo apresenta-se a técnica RTK, bem como a viabilidade e as precisões alcançadas com o programa GNREF/GNRT-K em levantamentos cadastrais. Estes levantamentos foram realizados em uma área teste estabelecida próxima ao Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE), situado no Centro Politécnico na Universidade Federal do Paraná.

### 2 Técnica RTK (DGPS)

O DGPS Preciso, também conhecido por "diferencial preciso" ou RTK- *Real Time Kinematic* -, tem como princípio básico o posicionamento de uma estação móvel através das correções geradas na estação de referência. Essas correções são enviadas em tempo real por meio de um enlace (rádio de transmissão, linha telefônica, ou satélites de comunicação) e dentro de um formato apropriado, definido pela *Radio Technical Committee for Maritime Service* (RTCM) (RTCM, 1994; KRUEGER, 1996). Ele, difere do DGPS pelo tipo de observável utilizada. O RTK utiliza a medida da fase da portadora que conduzirá a uma precisão decimétrica ou melhor que esta, visto que a fase da portadora possui pouco ruído (de 0,5 a 5 mm). O principal problema do PDGPS consiste na comunicação dos dados, pois a transmissão e o alcance dependem da distância entre as estações. Também o efeito da ionosfera, que é problemático quando se está na época e na região de maior influência (WANNINGER, 1995), deve ser considerado. Neste sistema utiliza-se o formato RTCM 2.1 e RTCM 2.2 para a transmissão dos dados (KRUEGER, 1996).

Maiores informações sobre GPS, DGPS e PDGPS, bem como sobre o formato RTCM e os enlaces podem ser obtidas em: KRUEGER (1996), SEEBER (1993), e WÜBBENA et al. (1995).

### 3 Descrição da Área em Estudo

Os levantamentos foram realizados na área próxima ao Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE), no Campus do Centro Politécnico da UFPR, em Curitiba. Esta área é composta de 4 estações materializadas por marcos de concreto, chapeados e denominados de RM01, RM02, RM03 e PARA. Os 3 primeiros marcos são excêntricas em relação à estação 91.105 (PARA) pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC - IBGE). As estações PARA e RM3 fazem parte da Rede de Referência SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de  $\pm 5$  mm, configurando-se como uma das estações redes mais precisas do mundo (IBGE, 1998). Na tabela 01, observam-se as coordenadas das estações PARA e RM03.

Tabela 01 : Coordenadas das estações PARA e RM03 (WGS-84)

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
PARA	-25 <sup>0</sup> 26' 54",12910	49 <sup>0</sup> 13' 51",43680	925,758
RM3	-25 <sup>0</sup> 26' 54",56850	49 <sup>0</sup> 13' 52",21080	923,785

## 4 Materiais e Métodos

### 4.1 Equipamentos Utilizados

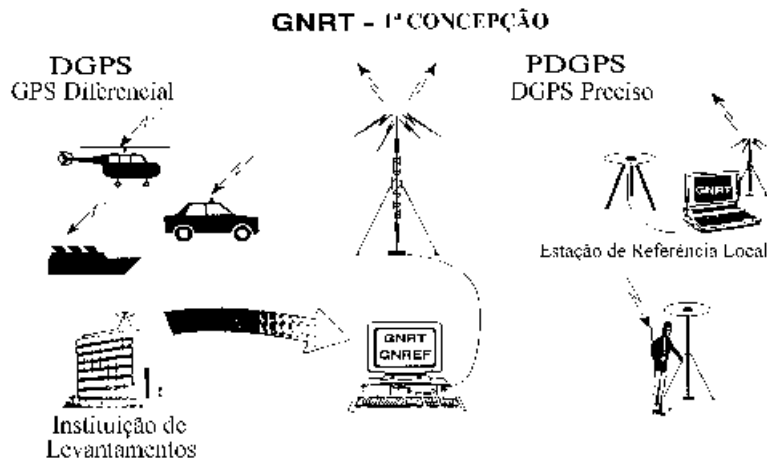
Utilizou-se nos levantamentos descritos na seção 3.3 os seguintes equipamentos:

- 2 Receptores Ashtech ZX-II, que apresentam as seguintes características principais: operam com 12 canais, possuem portadoras  $L_1$  e  $L_2$  com comprimento de onda completo, aplicam a técnica de *P-W Tracking* e apresentam o módulo diferencial. A eles foram acopladas antenas de dupla frequência;
- 1 Sistema de Comunicação, caracterizado por um par de rádios *Pacific Crest*, operando com uma potência de 35W e 2W, na faixa de UHF em FM;
- 2 computadores operando no sistema OS-2 e com o programa GNREF/GNRT-K devidamente instalado.

### 4.2 Programas Empregados

#### GNREF/GNRT

Este é um programa GPS que possibilita a determinação da posição em tempo real, através da combinação dos dados brutos da estação móvel com as correções transmitidas pela estação de referência. Ele é flexível (independe do *hardware* dos receptores) e trabalha dentro do sistema OS-2, em PC. Como trabalha em padrões standardizados (RTCM, NMEA, RINEX), é possível a sua integração com outros programas e a sua utilização em estações de referência. É um programa desenvolvido pela empresa *Geo++ GmbH*, Garbsen, e a principal concepção deste programa pode ser observada na figura 01



**Fig. 1** : Concepção do Programa GNREF/GNRT-K)

Na estação de referência é instalado o módulo GNREF, que gera correções em RTCM 2.0, RTCM 2.1, RTCM 2.2 e RTCM++, transferidas na forma serial e armazena os dados brutos no formato RINEX 2.0. As correções ou os dados brutos podem ser enviados para a estação móvel através de diferentes enlaces (rádio de transmissão, linha telefônica, telefone celular, ou satélites de comunicação). Na Alemanha, uma rede de referência utilizando esse sistema encontra-se em operação (SAPOS - *Satellite Positioning Service of the Surveying and Mapping Authorities of the Federal Republic of Germany*).

A conexão em tempo real, entre as estações, permite uma minimização dos erros dependentes da distância no posicionamento em tempo real através do módulo GNNET (WÜBBENA *et al.*, 1996).

Dentro desse programa, encontra-se uma expansão de grande aplicação nos levantamentos cinemáticos de alta precisão em tempo real (módulo GNRT-K). Nesse, tem-se tanto a estação móvel quanto a de referência equipadas para a transferência das correções no formato RTCM++. O GNRT-K apresenta as possibilidades de ambas as estações trabalharem com a fase das portadoras  $L_1$  e  $L_2$ , de resolverem as ambigüidades em tempo real (OTW) e ainda de avisarem em tempo real quando essas foram resolvidas. A precisão alcançada em tempo real com o módulo GNRT-K é da ordem decimétrica, segundo documento da *Geo++ GmbH* (WÜBBENA *et al.*, 1996).

### 4.3 Levantamento de Campo

Para os levantamentos cadastrais realizados na área do Centro Politécnico ( seção 2) contou-se com duas estações, a estação de referência e a estação móvel. Na seqüência faz-se uma descrição destas estações.

#### Estação de Referência

Na figura 02, observa-se a estação de referência em funcionamento. A antena GPS foi instalada no marco RM 03 e os demais equipamentos (receptor GPS, Rádio de comunicação de 35 W e o o programa GNREF) nas dependências do Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE). O programa GNREF, na estação de referência, gera e transmite as correções para a estação móvel. Um esquema com os módulos componentes do programa está representado na figura 03.



Fig. 2a/b : Estação de Referência RM03 e Equipamentos da Estação de Referência

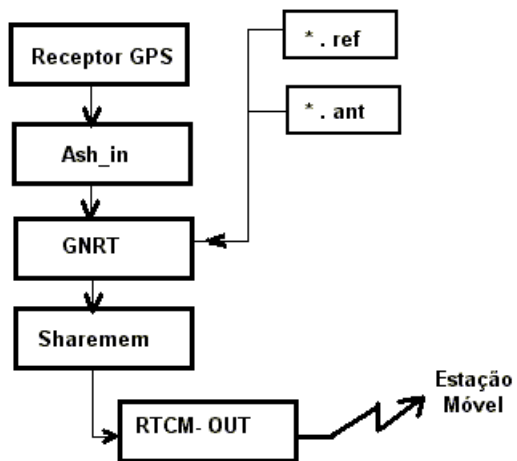
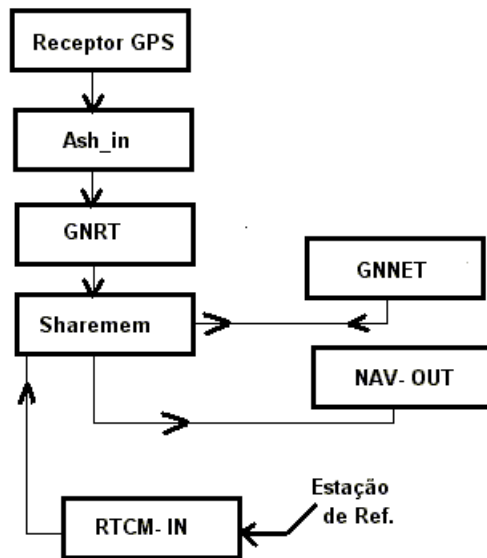


Fig. 3 : Módulos do Programa GNREF instalado na Estação de Referência)

### Estação Móvel

A estação móvel consistiu de uma pessoa se deslocando, cadastrando os pontos de interesse. Ela, é composta de 01 receptor GPS, 01 rádio de comunicação de 2 W e 01 laptop com o programa GNRT-K/GNNET, possibilitando o posicionamento com alta precisão, em tempo real. Os módulos que compõem o programa instalado na estação móvel está indicado na figura 04.



**Fig. 4** : Módulos do Programa GNREF instalado na Estação Móvel)

### Levantamentos Realizados

Estes levantamentos cadastrais se desenvolveram, em junho de 2000, no Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná (seção 3). A área teste localiza-se nas proximidades do LAGE, é composta por pontos, definidos a priori, e engloba ainda os marcos RM01 e RM02, e outro marco (PI) de coordenadas geodésicas conhecidas. A ocupação destes 3 marcos visa uma análise na qualidade deste posicionamento RTK. Foi empregado o sistema indicado no item estação móvel; as correções, no formato RTCM++, eram enviadas continuamente pelo enlace; e a estações de referência foi descrita anteriormente. Na tabela 01, foram indicadas as coordenadas geodésicas (WGS 84) para o marco RM03. As coordenadas determinadas em tempo real (latitude, longitude e altitude geométrica), para os pontos de interesse, foram armazenadas em um arquivo de saída proporcionado pelo módulo NAV-OUT.

Foi realizada a devida transformação das coordenadas geodésicas  $(\phi, \lambda, h)$ , no sistema WGS-84, em coordenadas UTM (SAD-69) pelo programa Geodesy v1.0.

A figura 05 mostra parte da área cadastrada. Observa-se o marco PARA, o LAGE, a Astronomia, a cerca e a calçada.



## 5 Resultados

Na tabela 02, podem ser observadas as coordenadas geodésicas (WGS-84) e as coordenadas UTM (SAD-69) respectivamente, para os pontos levantados na área em estudo.

**Tabela 2** : Coordenadas geodésicas (WGS-84) e as coordenadas UTM (SAD-69) dos pontos levantados

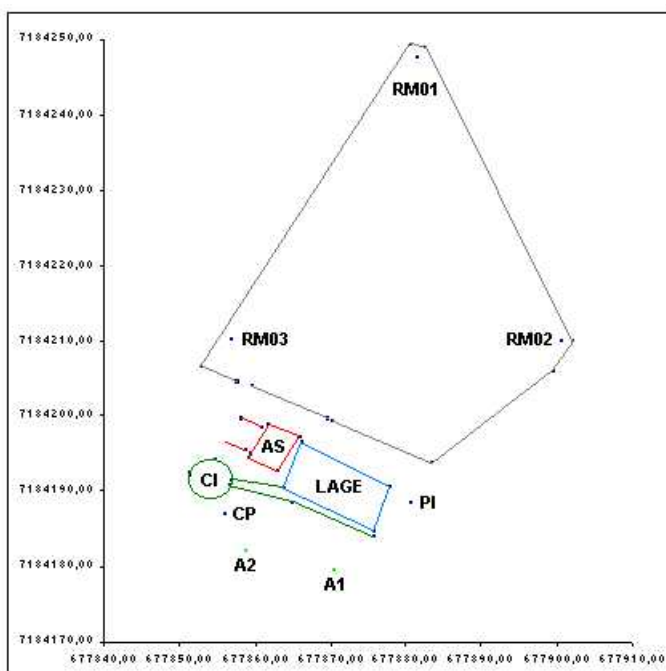
Ponto	$\phi$ ( ° ' '' )	$\lambda$ ( ° ' '' )	h ( m )	UTM ( E )	UTM ( N )
CP1	-25,26553194	-49,13522322	921,690	677855,819	7184186,913
CI1	-25,26551958	-49,13522091	923,366	677856,515	7184190,707
CI2	-25,26551523	-49,13524027	922,302	677851,124	7184192,117
CI3	-25,26551424	-49,13523973	922,107	677851,279	7184192,420
CI4	-25,26550784	-49,13522772	921,902	677854,660	7184194,345
CI5	-25,26551685	-49,13522044	922,159	677856,657	7184191,545
L1	-25,26552091	-49,13519502	922,780	677863,742	7184190,202
L2	-25,26552627	-49,13519163	922,926	677864,667	7184188,540
L3	-25,26553843	-49,13515198	922,943	677875,694	7184184,652
L4	-25,26554054	-49,13515149	922,965	677875,823	7184184,000
PI	-25,26552604	-49,13513466	922,835	677880,583	7184188,400
L5	-25,26551888	-49,13514488	922,241	677877,758	7184190,641
L6	-25,26550013	-49,13518697	923,042	677866,076	7184196,566
AS1	-25,26549820	-49,13518797	922,350	677865,804	7184197,163
AS2	-25,26549255	-49,13520307	922,175	677861,609	7184198,958
	-25,26549415	-49,13520652	922,086	677860,639	7184198,478
AS3	-25,26549408	-49,13520640	922,019	677860,672	7184198,499
AS4	-25,26549027	-49,13521640	921,836	677857,894	7184199,709
AS5	-25,26550528	-49,13521156	921,795	677859,185	7184195,072
AS6	-25,26550420	-49,13521365	922,409	677858,606	7184195,412
AS8	-25,26551325	-49,13519858	923,204	677862,779	7184192,572
A2	-25,26554718	-49,13521286	921,738	677858,651	7184182,158
A1	-25,26555538	-49,13517088	922,917	677870,345	7184179,506
A3	-25,26547455	-49,13521850	923,037	677857,372	7184204,553
C1	-25,26547437	-49,13521775	923,550	677857,582	7184204,606
C2	-25,26546807	-49,13523504	922,917	677852,778	7184206,609
C3	-25,26532851	-49,13513770	924,679	677880,541	7184249,189
C4	-25,26532943	-49,13513093	924,676	677882,428	7184248,881
RM01	-25,26533323	-49,13513427	924,852	677881,480	7184247,724
C5	-25,26545501	-49,13505883	923,482	677902,058	7184209,974
RM02	-25,26545525	-49,13506475	923,913	677900,403	7184209,922
C6	-25,26546804	-49,13506812	923,115	677899,409	7184205,999
C7	-25,26550810	-49,13512486	922,239	677883,394	7184193,883
C8	-25,26550832	-49,13512477	922,111	677883,419	7184193,815

<b>C9</b>	-25,26549091	-49,13517263	922,154	677870,119	7184199,350
<b>C10</b>	-25,26548993	-49,13517493	922,163	677869,481	7184199,660
<b>C11</b>	-25,26547646	-49,13521074	922,090	677859,532	7184203,937
<b>RM03</b>	-25,26545685	-49,13522108	923,805	677856,723	7184210,009
<b>AS7</b>	-25,26550739	-49,13521237	922,145	677858,950	7184194,426

onde:

CP: marco de concreto  
 CI: calçada de concreto (circunferência)  
 L: LAGE  
 PI: piquete  
 AS: Astronomia  
 A: árvore  
 C: cerca

Observa-se na figura 06 a representação gráfica resultante deste levantamento cadastral realizado nas proximidades do LAGE.



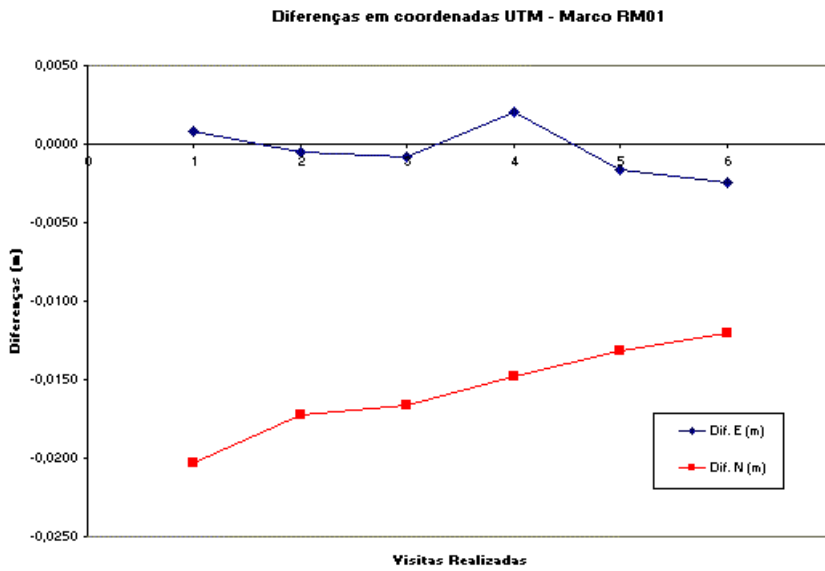
**Fig. 6** : Levantamento Cadastral nas proximidades do LAGE)

Verifica-se na figura 06 que um dos vértices da Astronomia está deslocado em relação a sua posição real. Observou-se uma dificuldade na fixação das amarras em face das obstruções ali presentes (figura 05).

## 6 Análise deste Posicionamento RTK com o GNREF/GNRT-K

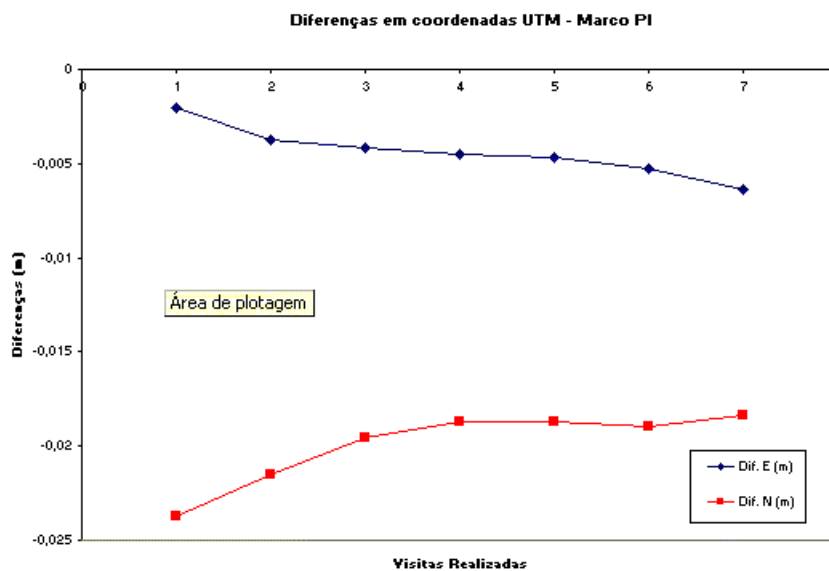
Visando analisar a precisão alcançada com este posicionamento RTK, através do programa GNREF/GNRT-K, foram posicionados os marcos RM01, RM02 e PI.

Na figura 07, observa-se as diferenças entre as coordenadas (coordenadas obtidas no sistema UTM), para o marco geodésico RM01. Foram obtidas 6 coordenadas, em tempo real, as quais foram comparadas com as coordenadas precisas e conhecidas deste marco. Analisando-se esta figura verifica-se que para as coordenadas E, as diferenças estão entre 2 mm e -2,4 mm e para as coordenadas N, elas apresentam-se entre -2 cm e -1,2 cm.



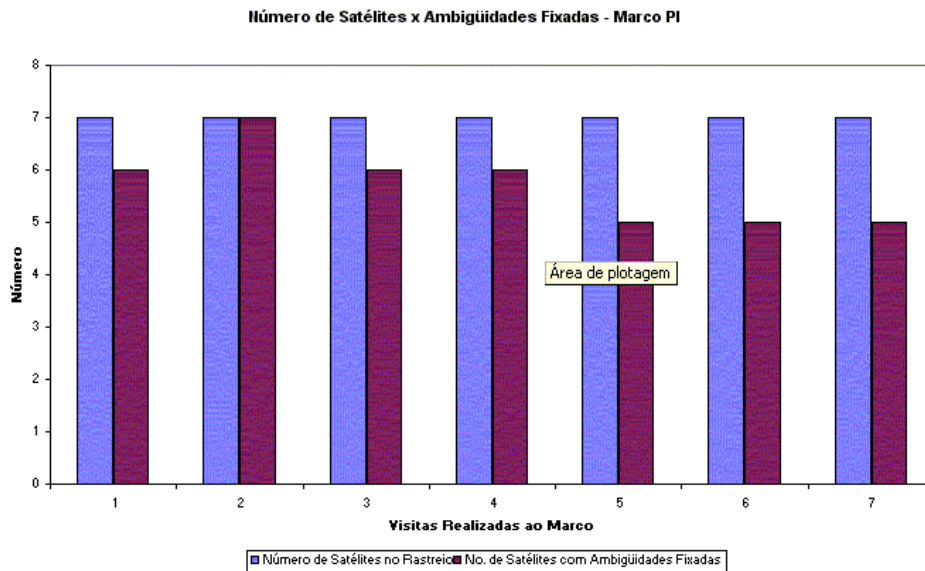
**Fig. 7 :** Diferenças nas coordenadas N (m) e E (m) - Marco RM01

Observa-se na figura 08 as diferenças entre as coordenadas E e N obtidas para o marco PI durante 7 visitas. Constata-se que para as coordenadas E, as diferenças estão entre  $-2$  mm e  $-6,4$  mm e para as coordenadas N, elas apresentam-se entre  $-2,37$  cm e  $-1,84$  cm.



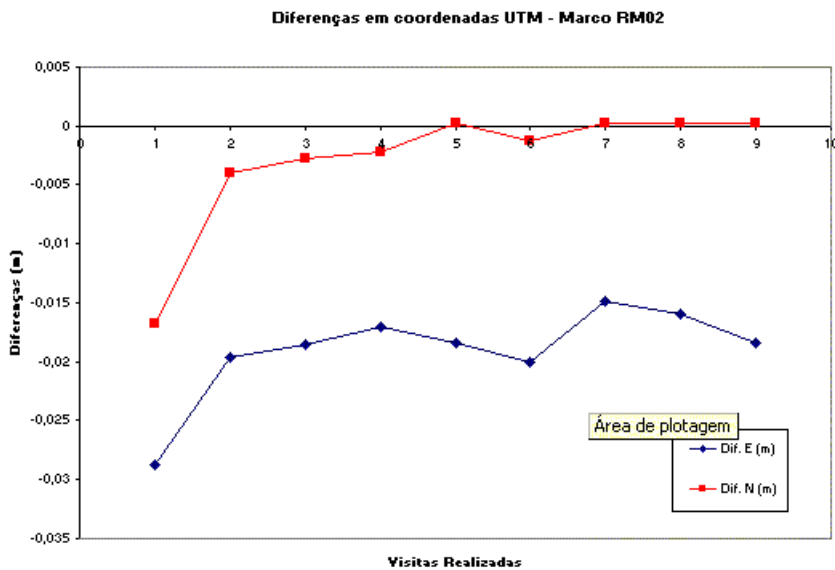
**Fig. 8 :** Diferenças nas coordenadas N (m) e E (m) - Marco PI

Analisou-se também o número de satélites envolvidos durante a ocupação do marco PI (figura 09) e o número de satélites que tiveram as ambigüidades fixadas (figura 09). Na figura 09, observa-se uma constelação constante de 7 satélites durante as visitas a este marco, contudo o número de satélites que tiveram as suas ambigüidades resolvidas variou de 5 a 7.



**Fig. 9 :** Número de satélites rastreados e com ambigüidade fixada - Marco PI

Foram realizadas 9 visitas ao marco RM02 e as diferenças em coordenadas N e E obtidas estão indicadas na figura 10. Observa-se que para as coordenadas N, as diferenças estão entre  $-1,68$  cm e  $0,3$  mm e para as coordenadas E, elas apresentam-se entre  $-2,87$  cm e  $-1,84$  cm.



**Fig. 10 :** Diferenças nas coordenadas N (m) e E (m) - Marco RM02

Na figura 11 observa-se o número de satélites rastreados durante as visitas ao marco RM02 e para cada visita o número de satélites que tiveram as ambigüidades fixadas. Verifica-se que a constelação esteve entre 7 e 8 satélites durante as 9 visitas e que o número de satélites que tiveram as suas ambigüidades fixadas variou de 4 a 6 satélites. Na 5ª visita ao marco RM02 contou-se com 8 satélites mas apenas 5 satélites tiveram as ambigüidades fixadas. Neste caso verifica-se um aumento nas diferenças com relação a visita anterior. Na 9ª visita o rastreo contava com 8 satélites mas apenas 4 satélites tiveram as ambigüidades fixadas, verifica-se um aumento nas diferenças das coordenadas, principalmente para a coordenada E.

Número de Satélites x Ambigüidades Fixadas - Marco RM02

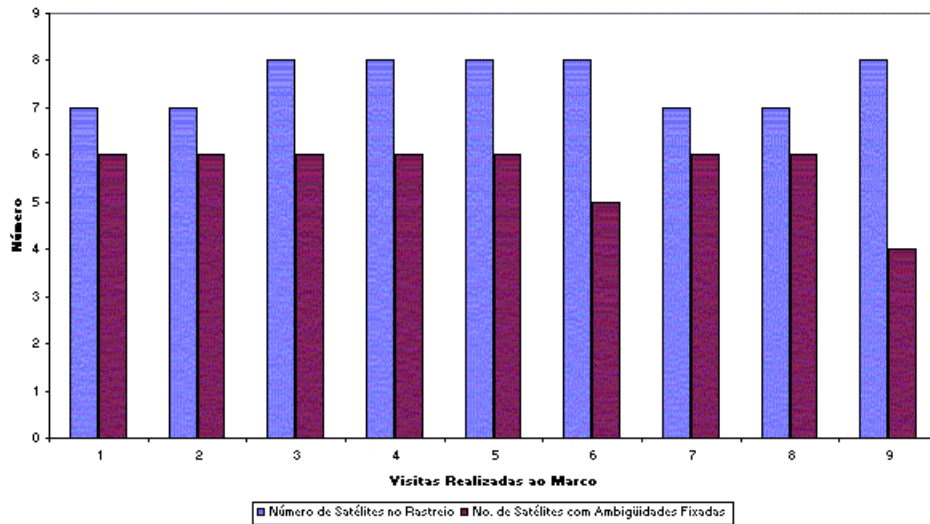


Fig. 11 : Número de satélites rastreados e com ambigüidade fixada - Marco RM02

## 7 Conclusões e Recomendações

A técnica RTK (PDGPS) com o emprego do programa GNREF/GNRT-K, mostrou-se eficiente e prática nos levantamentos cadastrais. Ela, possibilitou a obtenção de coordenadas geodésicas precisas, em tempo real, sem o pós-processamento dos dados.

Constatou-se que as diferenças obtidas, nos marcos visitados, para as coordenadas N (Norte) variaram de 1,2 cm a -2,37 cm e para as coordenadas E (leste) variaram de 1,84 cm a -2,87 cm. Estes valores atendem as especificações técnicas previstas para os levantamentos cadastrais. Indicam, desta forma a viabilidade deste posicionamento com o programa GNREF/GNRT-K.

Foram realizadas apenas análises planimétricas em face de que o objetivo deste trabalho é o levantamento cadastral.

A qualidade no posicionamento em tempo real está ligada diretamente ao número de satélites rastreados e ao número de satélites que tiveram as suas ambigüidades fixadas.

Neste levantamento tem-se uma linha de base inferior a 1km, fator este que contribui de maneira significativa para a qualidade do posicionamento. Com o aumento desta linha de base há uma degradação da posição, principalmente em anos de grande atividade ionosférica. Nestes casos deve-se recorrer a uma rede de estações de referência.

Este sistema tornar-se-á mais atrativo quando possibilitar uma atualização cartográfica em tempo real. Este projeto, já está sendo desenvolvido por um aluno de mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - UFPR.

## 8 Referências Bibliográficas

- GNRT**, *GPS-Positionierung in Echtzeit*, Technical Manual, GEO++ Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und navigatorische Technologien mbH, Garbsen, Alemanha, 1996.
- IBGE**, Relatório Final: SIRGAS. Rio de Janeiro, 1998.
- KRUEGER, C.P.**: Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho. CPGCG (Tese de Doutorado). UFPR. Curitiba, Paraná, 267 p, 1996.
- RTCM RECOMMENDED STANDARDS FOR DIFFERENTIAL NAVSTAR GPS SERVICE**, Version Radio Technical Commission for Maritime Services, Washington, U.S.A. 2.1. January 3, 1994.
- SEEBER, G.**: Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications. Berlin - New York, 1993.
- WÜBBENA, G., BAGGE, A.**: Präzises DGPS in Echtzeit für Vermessung und GIS-Anwendungen. Beitrag zum DVW-Praxisseminar DGPS-Anwendungen. Hamburg, p.01 à 16. 19.-20. Sept. 1995.
- WÜBBENA, G., BAGGE, A., SEEBER, G., BÖDER, V., HANKEMEIER, P.**: Reducing Distance Dependent errors for Real-Time Precise DGPS Applications by Establishing Reference Station Networks. Kansas City, Missouri. ION GPS-96