

# Avaliação da Acurácia pelo Método da Suavização da Pseudodistância pela Fase da Onda portadora em Bases longas

Prof. Dr. Nilton Ricetti Xavier Nazareno  
Prof. Msc. Fábio Campos Macedo

CEFET/GO – CENTRO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE GOIÁS  
74000-000 Goiânia GO

Helena Bernardes Cortez  
[hbcagrimensura@yahoo.com.br](mailto:hbcagrimensura@yahoo.com.br)

Lidiane Batista de Morais  
[lidianemorais@yahoo.com.br](mailto:lidianemorais@yahoo.com.br)

Polyane Tavares dos Santos  
[polyanetavares@yahoo.com.br](mailto:polyanetavares@yahoo.com.br)

**Resumo:** Este trabalho se propôs a avaliar a possibilidade de um rastreador topográfico (GPS L1), usando a técnica da suavização da pseudodistância pela fase da onda portadora atingir um grau de precisão e acurácia que atenda as normas de georreferenciamento de imóveis rurais para bases longas, com um período relativamente curto de permanência no ponto. Para alcançar esse objetivo foram ocupados, com receptores GPS, pontos com coordenadas conhecidas (marcos da Rede Geodésica Brasileira -IBGE) cujas posições foram consideradas como referência. Após o processamento dos dados utilizando essa técnica as coordenadas foram comparadas e obtiveram-se resultados que em princípio confirmam essa afirmação.

**Palavras chaves:** GPS, Precisão, Acurácia, Suavização, Onda Portadora

**Abstract:** This work is proposed to assess the possibility of a crawler topographic (GPS L1), using the technique of the soften of the pseudorange smoothing for phase of the Carrier Phase to reach a degree of precision and accuracy that takes care of norms of georeference of agricultural property for long bases, with a relatively short period of permanence in the point. To reach this objective they had been busy, with receivers GPS, points with known coordinates use this (landmarks of the Brazilian Geodesic Net - IBGE) whose positions had been considered as reference. After processing the data the coordinates had been compared and they had been gotten resulted that in principle they confirm this affirmation.

**Keywords:** GPS, Precision, Accuracy, Smoothing, Carrier Phase

## INTRODUÇÃO

Mônico (2000) relata: "O NAVSTAR - GPS (*Navigation Satellite With time and ranging – Global Positioning System*), foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, concebido para dar apoio na navegação das forças armadas americanas. O Sistema auxiliou varias atividades de posicionamento, principalmente missões militares que exigia alta precisão, razão essa da sua concepção. Apartir daí acelerou – se a fabricação de receptores GPS, para aplicações civis, com resultados surpreendentes em relação aos sistemas comerciais já existentes, tais como: Loran, Transit, Ômega, Shiran, etc. Com a grande demanda do GPS o DOD- (*Department of Defense* dos Estados Unidos) cria o A/S (*Anti – Spoofing* “) e o S/A (*Selective Availability* “), impondo limites ao nível de acurácia.

O Sistema GPS é constituído por três segmentos: Espacial (Satélites), Controle (Pontos de Controle) e Usuário (Receptores). Conforme MONICO (2000, p.27), os Satélites GPS enviam duas ondas portadoras L1 E L2, e dois Códigos, C/A e P, modulados sobre estas ondas. Sendo o Código C/A (Course Acquisition) menos preciso com comprimento de onda de aproximadamente de 300m, enquanto o Código P (Precise or Protected) tem comprimento de onda de 30 m aproximadamente.

Em posicionamentos do tipo relativos, os receptores GPS que recebem as portadoras L1 e L2 são os que proporcionam maior precisão e acurácia (milímetros), porém são os de maior custo. Os que recebem apenas a portadora L1 têm precisão e acurácia menor que os primeiros, mas se forem utilizados em distâncias menores ou iguais a 20 km, apresentam resultados na ordem do centímetro. Os receptores são também conhecidos como receptores geodésicos e topográficos, respectivamente.

Devido ao alto custo dos equipamentos ditos geodésicos, a empresa *Leica Geosystems* desenvolveu um equipamento e programa computacional que proporciona boa precisão e acurácia em distancias longas. Segundo o fabricante estes equipamentos utilizam à técnica da suavização da onda portadora de modo que para uma distância de até 250 km atinge uma acurácia de até 30 cm, satisfazendo assim as Normas de Georreferenciamento de imóveis Rurais.

Com o objetivo de verificar se a técnica da suavização realmente melhora a acurácia em bases longas, neste trabalho ocuparam-se marcos da Rede Geodésica Brasileira (RGB), cujas coordenadas foram consideradas como corretas, para em seguida compara-las com as obtidas no pós-processamento dos dados obtidos em campo.

## 1- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 - GPS (Global Positioning System)

Cada satélite GPS transmite duas ondas portadoras L1 e L2. Elas são geradas a partir da frequência fundamental de 10,23 MHz. Essas duas frequências são geradas simultaneamente, permitindo aos usuários corrigir grande parte dos efeitos em razão da Refração Ionosférica.

Os códigos que formam o PRN (*Pseudo-Random - Noise* – Ruído falsamente aleatório) São modulados em fase, sobre essas duas portadoras, técnica essa que permite realizar medidas de distâncias a partir da medida do tempo de propagação da modulação MONICO (2000 p.26).

Os Códigos são os seguintes:

- Código C/A (*Coarse/Acquisition* - fácil aquisição) Segundo MONICO (2000, p. 27) é gerado a partir do produto de duas seqüências PN (*Pseudo-Random - Pseudo-aleatória*) com comprimento de onda por volta de 300m, é transmitido por a uma razão de 1,023 MHz.
- Código P (*Precise or Protected* - preciso ou protegido), reservado para uso dos militares americanos e dos usuários autorizados. Ele é transmitido com frequência de 10,23 MHz, resultando num comprimento de onda da ordem de 30m. Devido seu comprimento de onda ser menor que o do código C/A as medidas consequentemente são mais precisas. Conforme SEJAS (2005, p.05) O código P é modelado sobre as duas portadoras, sendo que o código C/A é modulado somente sobre a portadora L1. Segundo MONICO (2000, p. 29) Existem três tipos de sinais envolvidos no GPS: as portadoras (L1 e L2), os códigos (C/A E P) e os dados (navegação, relógio etc.) Essa estrutura permite não só medir a fase da portadora e sua variação, más também o tempo de propagação da modulação.

## 1.2 - Precisão e acurácia

Conceitualmente, precisão e acurácia estão associadas aos erros de observação (erros aleatórios e sistemáticos).

O termo acurácia refere-se à exatidão da informação; uma medida é dita acurada, quando ela se aproxima de seu valor considerado verdadeiro - Normas Técnicas Para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (2003, p. 06).

O Termo precisão refere – se à repetição de um mesmo valor vincula-se a idéia de dispersão dos valores medidos em torno de um valor médio. Uma medida é considerada precisa, quando ela tem pouca flutuação estatística - Normas Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (2003, p. 06).

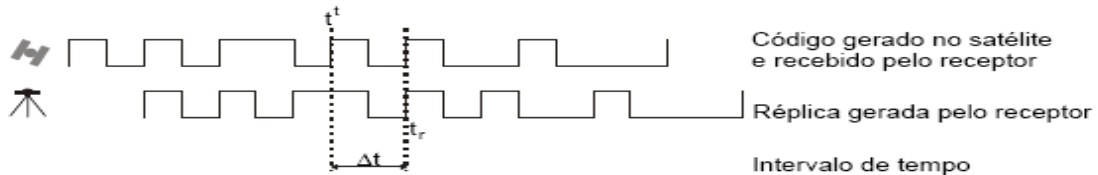
## 1.3 - As observáveis GPS

As observáveis fundamentais do GPS, utilizadas neste trabalho, são de acordo com MONICO (2000, p.115), as que permitem determinar posição, velocidade e tempo, podendo ser classificadas como:

- Pseudodistância a partir do Código;
- Fase da onda portadora ou diferença de fase da onda portadora.

### 1.3.1- Pseudodistância

A Pseudodistância, segundo MONICO (2000, p.117), é igual à diferença entre o tempo registrado no receptor no instante de recepção do sinal, e o tempo, registrado no satélite, no instante de transmissão do sinal, multiplicado pela velocidade da luz no vácuo. Essa observável é denominada pseudodistância, em vez de distância, devido ao atraso do sinal ao percorrer a distância satélite/receptor associado ao não sincronismo entre os relógios dos satélites e do receptore. Ainda pode ser obtida via correlação com o código P (Correlação do código Y) sobre as portadoras L1 e L2 e/ou com o código C/A, sobre a portadora L1.



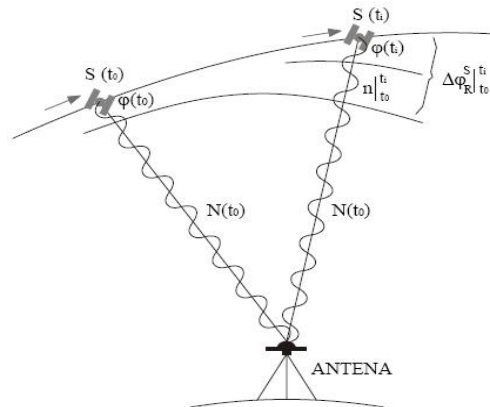
**FIGURA 1.1 - PRINCÍPIO DA MEDIDA DA PSEUDODISTÂNCIA**

FONTE: Adaptada em SEJAS (2005, p. 07)

### 1.1.3.2 – Fase da Onda Portadora

A Fase da Onda Portadora conforme MONICO (2000, p.118), é a diferença entre as fases dos sinais do satélite recebido no receptor e o sinal gerado no receptor, ambas no mesmo instante de recepção. A fase da onda portadora é a principal observável utilizada nos posicionamentos geodésicos, observável essa, muito mais precisa do que a pseudodistância, sendo sua precisão na ordem de poucos milímetros e da pseudodistância na ordem de metro.

Ainda de acordo com MONICO (2000, p.119) Os receptores medem a parte fracional da portadora e efetuam a contagem do número de ciclos completos de onda, para determinação da distância receptor-satélite. Este número de ciclos, da primeira época de observação, é denominado ambigüidade, pode ser obtida por várias maneiras, todas elas computacionais ou estatísticas. Para determinação da ambigüidade é necessária à mudança da geometria dos satélites durante o posicionamento, além de um número maior de observações coletadas. A figura 1.2 procura ilustrar essa situação.



**FIGURA 1.2 - MEDIDA DA FASE DA ONDA PORTADORA**

FONTE: adaptada em SEJAS (2005, p. 11)

Onde:  $S(t_0)$  Satélite na sua posição Inicial

$S(t_i)$  Satélite na sua posição Deslocada

$\varphi(t_0)$  Parte fracional da Fase Inicial

$\varphi(t_i)$  Parte fracional da Fase Final

$N(t_0)$  Numero de ciclos inteiros - Ambigüidade

$$\Delta\varphi_R^{S|t_0}$$

é a variação de ciclos inteiros e a parte fracional da Fase.

#### 1.4 - Suavização da Pseudodistância pela Fase da Onda Portadora

A Suavização da Pseudodistância foi descrita no início dos anos de 1980 e foi batizado com o nome do seu criador, "Filtro de Hatch". Sendo o algoritmo de suavização da pseudodistância pela fase da onda portadora.

A Suavização da Pseudodistância pela fase da onda portadora de acordo com MONICO (2000, p.170) é uma maneira de melhorar a qualidade da pseudodistância do código C/A, através da combinação destas medidas. Essa técnica denominada de suavização da pseudodistância pela portadora (*Pseudorange Smoothing*), ou apenas a filtragem da Pseudodistância.

MONICO (2000, p. 170) ressalva que a Pseudodistância deve ser convertida em ciclos, ficando com o mesmo comprimento de onda da Fase da Portadora, podendo assim fazer sua combinação. Sendo obtido a partir da média aritmética entre a pseudodistância observada e seu valor extrapolado.

À medida que o número de épocas aumenta, a precisão da observável suavizada melhora, tornando-se mais precisa, segundo MONICO (2000, p.171).

SEJAS (2005, P.31) observa que na suavização da pseudodistância, o filtro de Hatch não deixa de ser um filtro que subtrai a média Aritmética da Pseudodistância da Época Inicial com a pseudodistância suavizada da Época Final acrescida da diferença das medidas de fase entre épocas.

## 2- MATERIAIS E MÉTODOS

A tecnologia GPS, assim com outras, tem avançado significativamente em inovações tecnológicas otimizando as operações de campo e melhorando a precisão nominal dos equipamentos. A Leica *Geosystems* colocou no mercado o receptor GPS GS20, especialmente concebido para dar apoio na coleta de dados georreferenciadas para posterior integração em sistemas de informações geográficas com precisão submétrica. Esta precisão submétrica é conseguida através da filtragem da pseudodistância

pela fase da onda portadora (MONICO, 2000), procedimento conhecido como suavização da pseudodistância. O manual deste equipamento especifica que se pode atingir 30 cm de precisão no pós-processamento, numa situação onde a estação base pode estar até a 250 km.

Com o objetivo de testar a acurácia anterior foi definida uma área de estudo (Figura 2.1) para comparar os resultados e precisões obtidos com o aparelho GS20. Deste modo foi estabelecido que se ocupassem os marcos do IBGE nos municípios de Goiânia (SAT 92693), Aparecida de Goiânia (SAT 90881), Itumbiara (SAT 92713) e Caldas Novas (SAT 92570) e um ponto em Bela Vista as margens da Rodovia GO-020, todos estes situados no estado de Goiás. Seus dados estão nos anexos deste trabalho e suas coordenadas, consideradas como referências estão contidas na (Tabela 2.1)

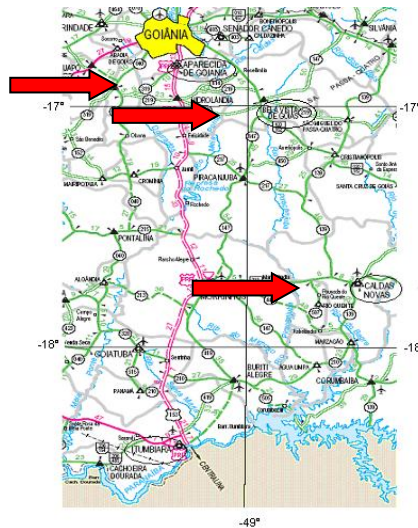


Figura 2.1 - Mapa de localização das estações ocupadas (sem escala). Fonte: DNIT

## 2.1 Coleta de dados em Campo

Tabela 2.1 Coordenadas das estações ocupadas. Datum SIRGAS 2000.

MARCO	N(m)	E(m)	H(m)	LOCAL
SAT 90881	8.146.260,028	676.245,470	897,570	Aparecida de Goiânia
SAT 92693	8.156.714,794	686.120,767	733,070	Goiânia
SAT 92713	7.965.756,650	704.024,262	511,930	Itumbiara
SAT 92570	8.038.354,260	752.981,291	691,170	Caldas Novas
BELA VISTA	8.144.401,710	701.685,110	772,926	Bela Vista

**Obs.:** H - altitude geométrica ou elipsoidal

Após a definição dos pontos de referência iniciou-se o processo de rastreamento em campo. Os levantamentos foram realizados em dois momentos. O primeiro foi realizado no dia 17 de março de 2007. O marco do IBGE, no município de Aparecida de Goiânia (SAT 90.881), foi utilizado como base e o ponto localizado no município de Bela Vista, como móvel.

O segundo levantamento de dados foi realizado no dia 29 do mês de abril do ano de 2007. Foram rastreados 3 (três) marcos do IBGE simultaneamente nos municípios de Itumbiara (SAT 92713), Caldas Novas (SAT 92570) e no município de Goiânia (SAT 92693). Com esses posicionamentos pode-se verificar a precisão e acurácia para distâncias curtas e longas.

No levantamento de campo foram utilizados três receptores, da marca Leica, modelo GS20 PDM, com 12 canais paralelos e independentes para recepção dos sinais dos satélites, cuja precisão alcançada no pós-processamento dos dados é de 10mm + 2ppm com processamento de fase L1.(Manfra & Cia, 2004).

Os dados coletados foram pós-processados utilizando um programa computacional denominado *GIS DataPRÓ*, software comercial desenvolvido pela Leica Geosystems fabricante deste equipamento. Desenvolvido para processar dados GPS (L1), em ambiente do *Windows*, usando a técnica de ClearTrak

que melhora significativamente o posicionamento. Com o uso do módulo de processamento da fase este programa associado ao receptor GS20 pode alcançar precisão em nível de centímetros de acordo com seu fabricante (Manfra e Cia, 2004).

Utilizou-se a técnica de Posicionamento Relativo Estático onde dois ou mais receptor rastreiam no mesmo instante os satélites por um intervalo de tempo.

Considerando que alguns usuários afirmam que para a técnica de suavização basta um rastreamento de 10 à 15 minutos para atingir acurácia de 30cm com L1, optou-se por um período de tempo maior, para verificação dessa afirmação. O tempo de rastreamento para cada situação está especificado na tabela 2.2.

**Tabela 2.2** - Intervalo de tempo nos posicionamentos

VÉRTICE	TEMPO DE OCUPAÇÃO
MARCO (SAT 90881)	30 minutos
BELA VISTA	30 minutos
MARCO (SAT 92570)	29 minutos
MARCO (SAT 92713)	60 minutos
MARCO (SAT 92693)	60 minutos

### 3- RESULTADOS OBTIDOS

Os marcos ocupados possuem coordenadas conhecidas que estão explicadas na tabela 2.1. As coordenadas pós-processadas para o Datum SIRGAS 2000, obtidas através do programa denominado *GIS DataPRO*, foram comparadas com essas coordenadas. As diferenças representam a acurácia das coordenadas obtidas nos intervalos das coletas de dados. Os resultados deste processamento estão na tabela 3.1, tabela 3.2 e tabela 3.3.

Os receptores foram configurados para coletarem dados com uma taxa de gravação de 2 segundos e ângulo de inclinação de 15°, permanecendo ligado durante todo o tempo de observação. O marco de Caldas Novas, por equívoco, foi configurado com uma taxa de gravação de 10 segundos.

No pós-processamento dos dados, com o objetivo de verificar o tempo ótimo de rastreamento, se estabeleceu à sistemática de processamento em intervalos de tempos.

Na seqüência são apresentadas as tabelas resumo do processamento por intervalo de tempo. É importante esclarecer que as colunas identificadas por  $\square_{ABS}$  e Acurácia correspondem à precisão absolutas planimétrica e a acurácia absoluta planimétrica, desconsiderando assim a altitude.

#### 3.1 - Goiânia a Itumbiara

Base Goiânia  
 Movél: Itumbiara  
 Distância: 191,796 km  
 ITUMBIARA SAT 92713  
 E: 704.024,2520m    N: 7.965.756,6500m    H: 511,930m  
 Taxa de coleta: 2 s.

**TABELA 3.1** - Análise de Goiânia a Itumbiara

Intervalo	Pós-processamento LINHA BASE							ACURÁCIA			
	E (m)	$\square_E$	N (m)	$\square_N$	h (m)	$\square_h$	$\square_{ABS}$	$\square_E$	$\square_N$	$\square_h$	Acurácia
0 min a 1,0 min	704.024,4030	0,0729	7.965.756,3786	0,0847	509,8040	0,4140	0,1118	0,1510	-0,2714	-2,1260	0,3106
0 min a 2,0 min	704.024,4114	0,0930	7.965.756,2534	0,1064	510,5761	0,5124	0,1413	0,1594	-0,3966	-1,3539	0,4274
0 min a 3,0 min	704.024,4079	0,0634	7.965.756,2733	0,0737	510,5250	0,3498	0,0972	0,1559	-0,3767	-1,4050	0,4077
0 min a 4,0 min	704.024,4316	0,0465	7.965.756,3570	0,0546	510,3495	0,2568	0,0717	0,1796	-0,2930	-1,5805	0,3437
0 min a 5,0 min	704.024,4102	0,0372	7.965.756,4073	0,0439	510,1446	0,2038	0,0575	0,1582	-0,2427	-1,7854	0,2897
0 min a 10,0 min	704.024,2900	0,0214	7.965.756,4378	0,0257	509,8200	0,1084	0,0334	0,0380	-0,2122	-2,1100	0,2156
0 min a 15,0 min	704.024,2725	0,0163	7.965.756,4806	0,0200	509,9567	0,0794	0,0258	0,0205	-0,1694	-1,9733	0,1706

0 min a 20,0 min	704.024,2405	0,0130	7.965.756,4638	0,0162	509,7198	0,0616	0,0208	-0,0115	-0,1862	-2,2102	0,1866
0 min a 25,0 min	704.024,1947	0,0113	7.965.756,4400	0,0142	509,7667	0,0516	0,0181	-0,0573	-0,2100	-2,1633	0,2177
0 min a 30,0 min	704.024,1446	0,0107	7.965.756,4744	0,0135	509,9980	0,0468	0,0172	-0,1074	-0,1756	-1,9320	0,2058
0 min a 60,0 min	704.024,1892	0,0073	7.965.756,4404	0,0085	509,8227	0,0237	0,0112	-0,0628	-0,2096	-2,1073	0,2188

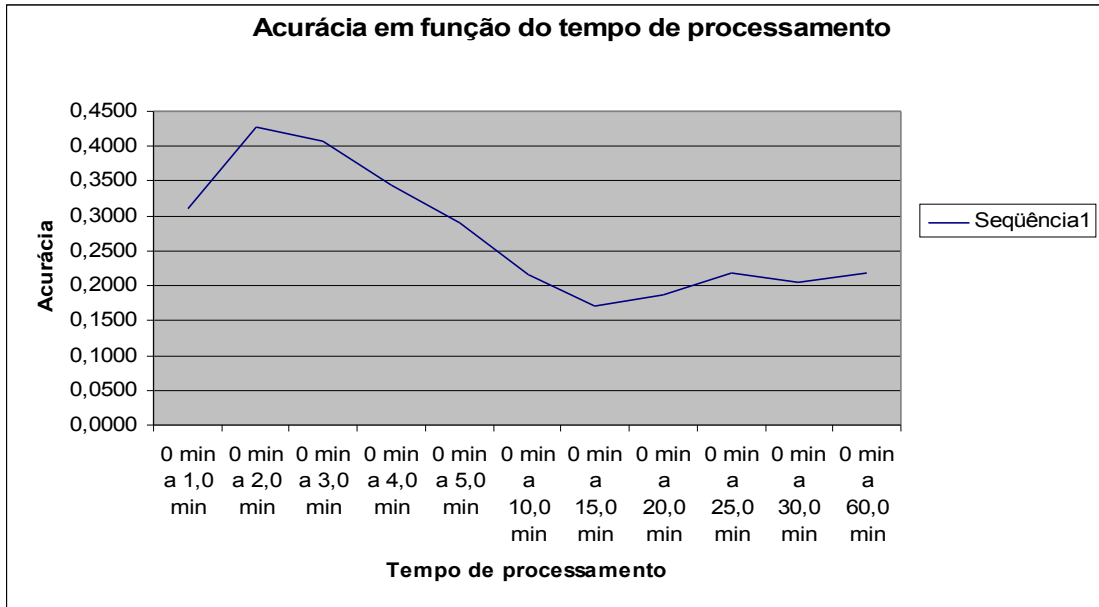


Figura 3.1 - Gráfico da acurácia em função do Tempo. Goiânia a Itumbiara.

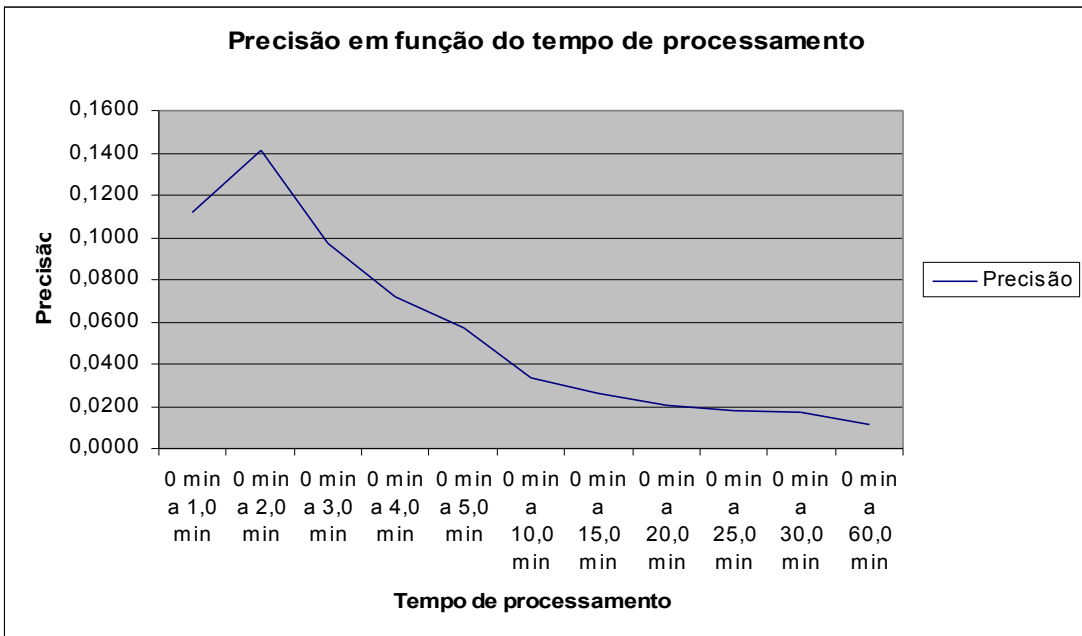


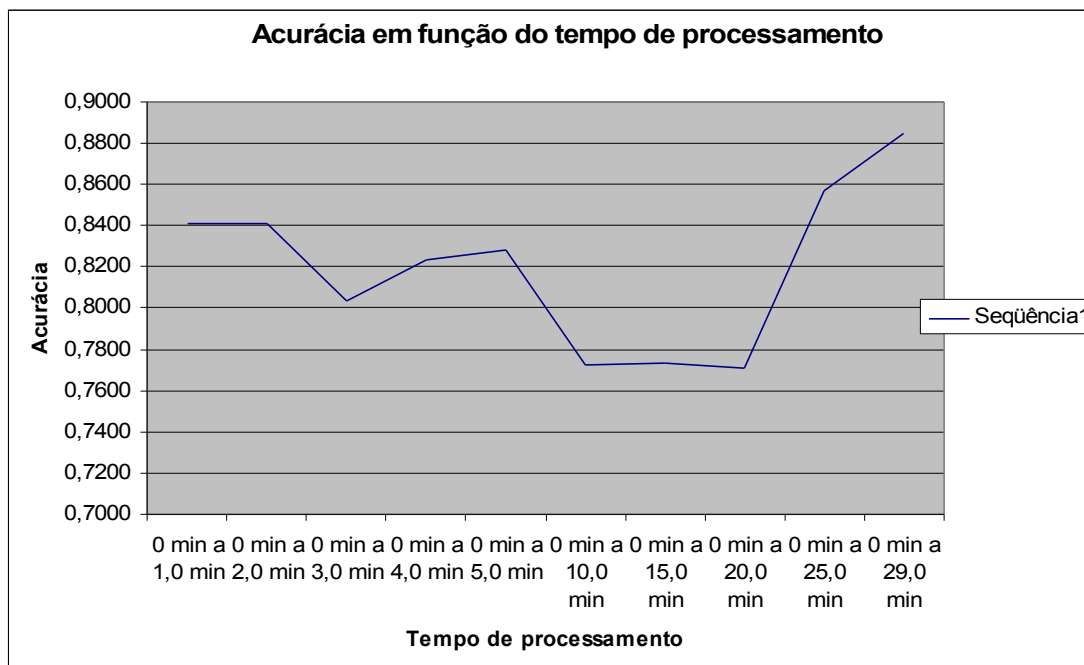
Figura 3.2 – Gráfico da precisão em função do Tempo. Goiânia a Itumbiara.

### 3.2 - Itumbiara a Caldas Novas

Base: Itumbiara  
 Movél: Caldas Novas  
 Distância: 87,506 km  
 CALDAS NOVAS SAT 92570  
 E: 752.881,291m    N: 8.038.364,260m    H: 691,17m  
 Taxa de Coleta: 10 s.

**TABELA 3.2 - Análise de Itumbiara a Caldas Novas**

Intervalo	Pós-processamento							ACURÁCIA			Acurácia PLANIMETRICA
	E (m)	□E	N (m)	□N	h (m)	□h	□ABS PLANIMETRICA	□E	□N	□h	
0 min a 1,0 min	752.880,5721	0,0092	8.038.353,8240	0,0112	702,6516	0,0290	0,0145	0,7189	0,4360	-11,4816	0,8408
0 min a 2,0 min	752.880,5721	0,0092	8.038.353,8240	0,0112	702,6516	0,0290	0,0145	0,7189	0,4360	-11,4816	0,8408
0 min a 3,0 min	752.880,6998	0,0078	8.038.353,7155	0,0095	702,4852	0,0242	0,0123	0,5912	0,5445	-11,3152	0,8037
0 min a 4,0 min	752.880,7244	0,0077	8.038.353,6620	0,0093	702,4124	0,0235	0,0121	0,5666	0,5980	-11,2424	0,8238
0 min a 5,0 min	752.880,7507	0,0075	8.038.353,6321	0,0091	702,3588	0,0228	0,0118	0,5403	0,6279	-11,1888	0,8284
0 min a 10,0 min	752.880,9583	0,0069	8.038.353,5625	0,0082	702,1853	0,0199	0,0107	0,3327	0,6975	-11,0153	0,7728
0 min a 15,0 min	752.880,9503	0,0062	8.038.353,5659	0,0072	702,0199	0,0169	0,0095	0,3407	0,6941	-10,8499	0,7732
0 min a 20,0 min	752.880,9730	0,0053	8.038.353,5574	0,006	702,0733	0,0138	0,0080	0,3180	0,7026	-10,9033	0,7712
0 min a 25,0 min	752.880,9342	0,0094	8.038.353,4805	0,0104	701,7874	0,0235	0,0140	0,3568	0,7795	-10,6174	0,8573
0 min a 29,0 min	752.880,9122	0,0101	8.038.353,4604	0,0109	701,6960	0,0242	0,0149	0,3788	0,7996	-10,5260	0,8848



**Figura 3.3 - Gráfico da acurácia em função do Tempo. Itumbiara a Caldas Novas.**

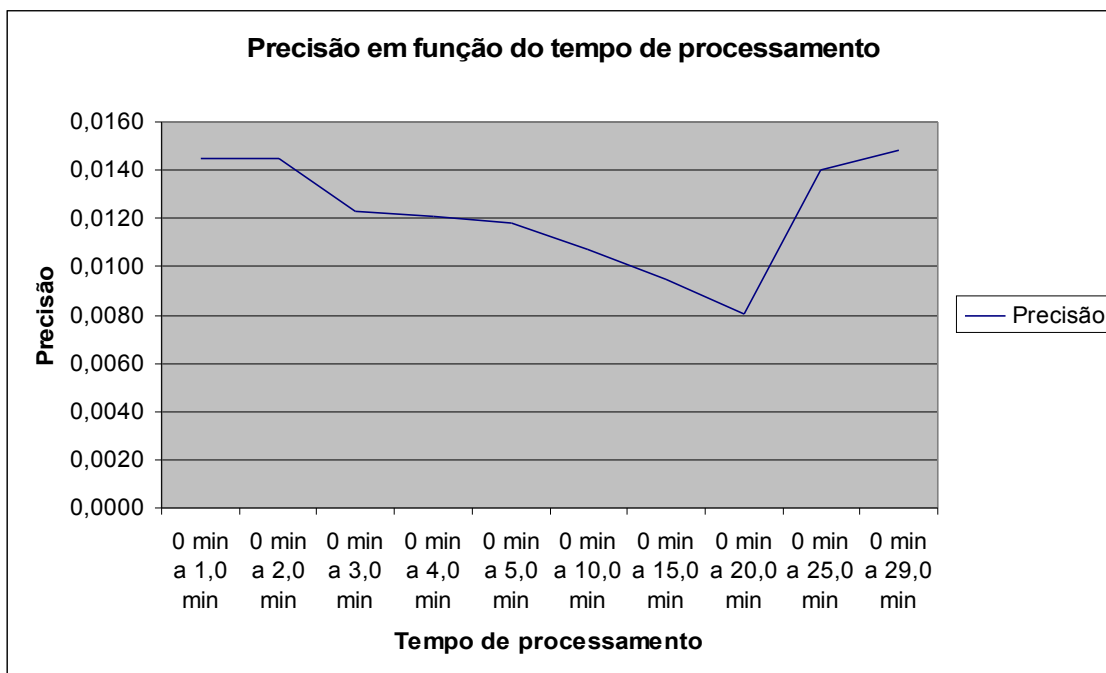


Figura 3.4 – Gráfico da precisão em função do Tempo. Itumbiara a Caldas Novas.

### 3.3 - Aparecida de Goiânia à Bela Vista

Base: Aparecida de Goiânia

Movél: Bela Vista

Distância: 25,453 km

BELA VISTA

E: 701.685,115m

N: 8.144.401,709m

H: 772,844m

Taxa de Coleta: 2 s.

TABELA 3.3 - Análise de Aparecida de Goiânia a Bela Vista

Intervalo	Pós-processamento							ACURÁCIA			
	E (m)	□E	N (m)	□N	h (m)	□h	□ABS PLANIMET RICA	□E	□N	□h	Acurácia PLANIMET RICA
0 min a 1,0 min	701.685,5701	0,0268	8.144.401,9667	0,0283	772,8445	0,0841	0,0390	0,4551	0,2577	0,0005	0,5230
0 min a 2,0 min	701.685,5712	0,0175	8.144.401,9783	0,0184	772,8746	0,0547	0,0254	0,4562	0,2693	0,0306	0,5298
0 min a 3,0 min	701.685,4882	0,0154	8.144.401,9298	0,0161	772,8806	0,0485	0,0223	0,3732	0,2208	0,0366	0,4336
0 min a 4,0 min	701.685,4229	0,0134	8.144.401,8973	0,0140	772,8848	0,0425	0,0194	0,3079	0,1883	0,0408	0,3609
0 min a 5,0 min	701.685,3930	0,0117	8.144.401,8858	0,0121	772,8423	0,0370	0,0168	0,2780	0,1768	-0,0017	0,3295
0 min a 10,0 min	701.685,3110	0,0074	8.144.401,8517	0,0076	772,8084	0,0234	0,0106	0,1960	0,1427	-0,0356	0,2424
0 min a 15,0 min	701.685,2680	0,0098	8.144.401,8135	0,0304	772,6845	0,0169	0,0319	0,1530	0,1045	-0,1595	0,1853
0 min a 20,0 min	701.685,2162	0,0084	8.144.401,7930	0,0083	772,6997	0,0264	0,0118	0,1012	0,0840	-0,1443	0,1315
0 min a 25,0 min	701.685,1970	0,0072	8.144.401,7894	0,0069	772,7706	0,0221	0,0100	0,0820	0,0804	-0,0734	0,1148
0 min a 30,0 min	701.685,1237	0,0109	8.144.401,7287	0,0102	772,8776	0,0331	0,0149	0,0087	0,0197	0,0336	0,0215

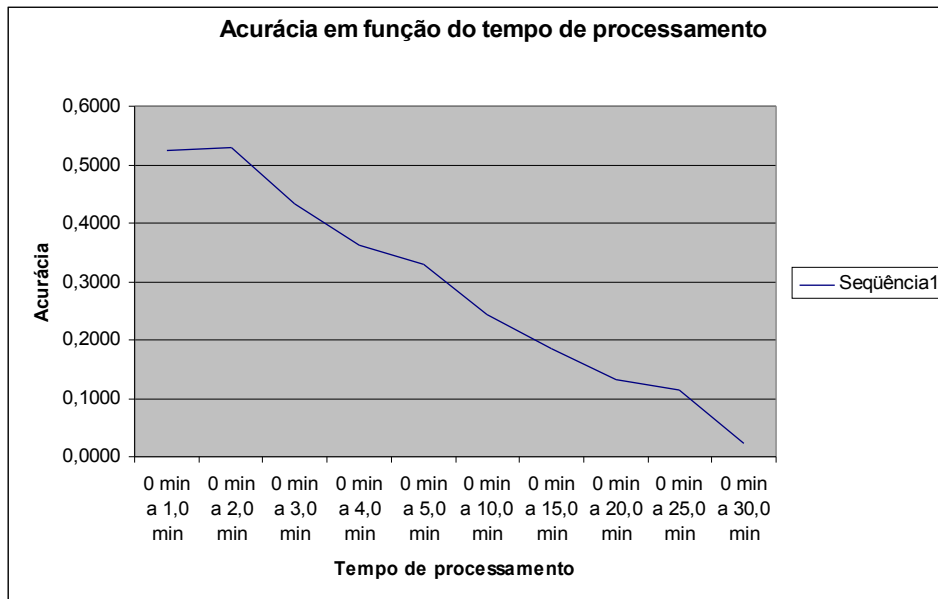


Figura 3.5 – Gráfico da acurácia em função do Tempo. Aparecida de Goiânia a Bela Vista.

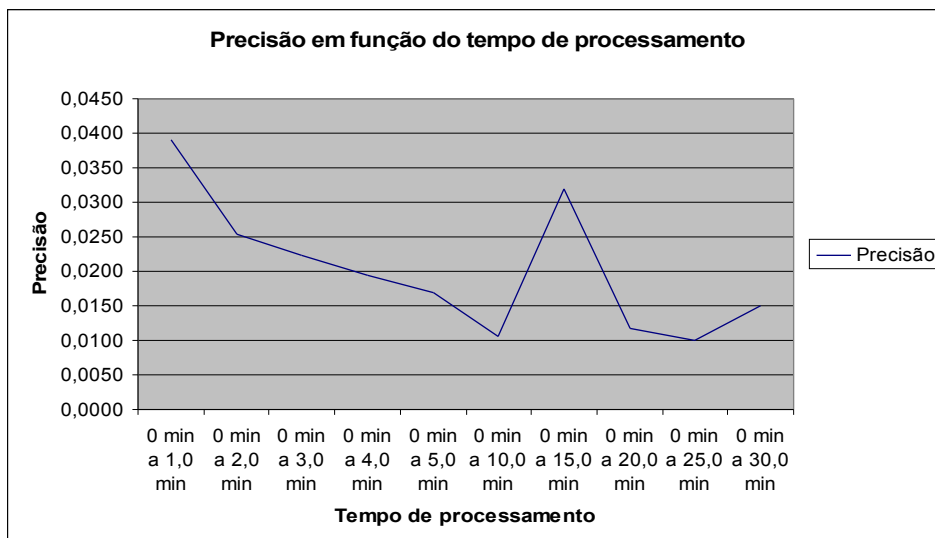


Figura 3.6 – Gráfico da precisão em função do Tempo. Aparecida de Goiânia a Bela Vista.

#### 4- CONCLUSÕES

Para realização de um posicionamento com o receptor GPS, é necessário considerar vários fatores, como as condições do tempo, PDOP (*Position Dilution of Precision*), qualidade dos satélites, tempo de coleta e máscara de elevação, além do tipo de posicionamento.

A partir dos resultados obtidos no processamento observou-se que em curta distância (Aparecida de Goiânia à Bela Vista - 25,453 km) a partir de 5 minutos de rastreo a precisão se estabilizou entre 0,017m a 0,010m com resultados satisfatórios, isto é, sem alterações significativas. Em relação à acurácia verificou-se que quanto maior o tempo de ocupação melhor o resultado havendo uma variação que foi de 0,523m a 0,021m no rastreo de 30 minutos.

Na observação da distância média (Itumbiara a Caldas Novas – 87,506 km) ao iniciar a coleta de dados os resultados da precisão foram satisfatórios variando de 0,008m a 0,0015m e os resultados obtidos da acurácia insatisfatórios entre 0,77m e 0,88m. Esse resultado provavelmente é justificado pela taxa de coleta de 10 segundos, o que implicou em uma quantidade de dados não suficiente, embora o tempo de rastreo fosse de 29 minutos.

Já no processamento de distância longa (Goiânia à Itumbiara – 191,796 km) verificou-se que os resultados da precisão melhoraram conforme aumentava o tempo de ocupação. Houve uma variação entre 0,141m a 0,011m. Os melhores resultados obtidos na acurácia foram entre de 15 e 20 minutos de rastreo, quando atingiu os valores de 0,1706m e 0,1866 m respectivamente. Após este tempo houve uma pequena deterioração da acurácia que se estabilizou ao redor de 0,21m e se manteve até os 60 minutos.

Considerando os resultados apresentados pode-se afirmar que para este experimento a especificação do fabricante foi confirmada para uma distancia de aproximadamente 200 km (Goiânia a Itumbiara). No entanto este resultado isolado precisa ser confirmado por outros testes desta natureza.

No caso da distância curta (Aparecida de Goiânia a ponto em Bela Vista) já era esperado um resultado satisfatório uma vez que aparelhos com apenas uma portadora são indicados para trabalhos em curta distância.

No caso da distância média, (Caldas Novas a Itumbiara) a taxa pode ter sido um dos fatores preponderantes no resultado ruim. Uma conta simples mostra que com uma taxa de 10 segundos em um período de 29 minutos tem-se 10.440 observações e com uma taxa de 2 segundos num período de 15 minutos (tempo em que o rastreo da base longa atingiu a acurácia melhor) tem-se 27.000 observações, ou seja, quase três vezes a mais. Este fato mostra que um simples equívoco de configuração do equipamento pode significar algumas horas de prejuízo, pois numa situação prática os marcos teriam que ser reocupados.

Como recomendação para outros trabalhos desta natureza indica-se:

- Testar para distâncias maiores que 200 km de modo a comprovar a eficiência do método.
- Verificar porque em bases longas a altitude apresentou uma acurácia ruim algo em torno de 2 m embora a precisão tenha ficado ao redor de 0,01m, conforme pode ser observado na tabela 3.1.
- Processar os dados considerando e desconsiderando a suavização da onda portadora de modo a verificar o comportamento da acurácia nessas situações em outros *softwares*.

## BIBLIOGRAFIA

**DNIT**- Departamento Nacional de Infra – Estrutura de Transportes. Em: <http://www.dnit.gov.br/>. Acessado em: 21 mar. 2007.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. em:<http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em: 21 mar. 2007.

**INCRA** (2003). Norma técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais. 1ª edição. Aplicada á lei 10.267, de 28 de agosto de 2001 e do decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002. Gabinete da Presidência do INCRA. Divisão de ordenamento territorial - SDTT. Gerência de Cartografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Novembro 2003.

**MANFRA**. Curitiba, Empresa do Setor de Topografia e Geodésia. em: <http://www.manfra.com.br/antena/parana.asp>. Acessado em 08 out 2004.

**MONICO, J. F. G.** Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações. Editora UNESP. São Paulo. 287p, 2000

**SEJAS, M. I.** Suavização da Pseudodistância pela Fase da Onda Portadora – Análise da Técnica, Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG) Universidade Federal do Paraná (UFPR) Curitiba, 2005.