

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

VINICIUS FILIER

ANÁLISE COMPARATIVA DE AJUSTAMENTOS DE  
ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA POR DIFERENTES  
METODOLOGIAS

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP  
2013

VINICIUS FILIER

ANÁLISE DE DADOS POSICIONAIS DE ESTAÇÕES DO  
SISTEMA DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITE  
(GNSS) AVALIADOS POR DIFERENTES  
METODOLOGIAS

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Bacharel em Geografia.

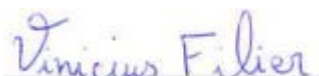
Comissão Examinadora

Profª. Drª. Maria Isabel Castreghini de Freitas (orientadora)

Profª. Drª. Andreia Medinilha Pancher

Prof. Engº. Elifas Valim Neto

Rio Claro, 03 de fevereiro de 2014.



Assinatura do aluno

assinatura do orientador

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Edivaldo e Luciana.

## AGRADECIMENTOS

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Isabel pela orientação.

A UNESP, por ter me proporcionado a oportunidade de cursar o tão sonhado nível superior.

Aos professores que de alguma maneira também fizeram a diferença: Profs. Drs. Mario Assine, Andreia Panher, Cenira, Fadel, Rolando, Silvio Govone e Antonio Carlos Tavares.

A empresa Métrica Tecnologia, por todo o suporte que me foi dado, em especial aos colegas de trabalho e amigos Gustavo, Elifas, Daniel e Willian.

A toda minha família (meus pais, tios, avós, primos e demais familiares) que sempre estiveram ao meu lado e torcendo por mim desde os meus primeiros passos.

A minha amada Adriana, por toda paciência, carinho, dedicação e doçura.

A Geoplan Júnior, – na extensão de todos os seus membros - por ter propiciado uma das experiências mais incríveis da minha vida, trazendo um crescimento pessoal e profissional ímpar e tendo feito esses 4 anos valerem muito a pena, dando mais sentido a minha vida e graduação.

Aos amigos mais especiais da Geografia: Belo, Felipinho e Gonzalo.

A grande banda Gaveta de Rep, da qual fui baixista durante o último ano de graduação.

Aos grandes amigos e parceiros Mauricio, Danilo, Caes, Dé.

Ao COTIL e aos bons amigos que lá deixei.

*“What we do in life echoes in eternity.”*

Maximus

## **Resumo**

O emprego de técnicas de Posicionamento Global por satélite representou uma verdadeira revolução nas tradicionais técnicas de mapeamento e georreferenciamento, que servem de base para outros estudos pertinentes à diversos campos da Geografia. Neste contexto, no Brasil, observou-se um crescimento acelerado na utilização de receptores GNSS a partir de meados dos anos 2000, principalmente com a finalidade de atender às exigências da lei 10.267/2001 que visava o Georreferenciamento e a Retificação de Imóveis Rurais.

Para realização do Georreferenciamento, são necessários equipamentos de alta precisão e para execução do mesmo geralmente se utiliza método de Posicionamento Relativo, onde se opera com dois receptores: uma estação de referência (base) – que faz o rastreamento para posterior transporte de coordenadas que permita correção e ajuste do levantamento, e um móvel (Rover) - que coleta os pontos de interesse.

Para se realizar o transporte de coordenadas e ajuste da base (a fim de se corrigir erros intrínsecos às medições), são praticados dois métodos: através de pós-processamento a partir de pontos conhecidos da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) e, mais recentemente, a partir do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), ambos mantidos pelo IBGE.

Tendo em vista a vasta gama de aplicações bem como de discussões acerca da precisão de ambos os métodos, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa a fim de verificar a eficácia de ambas as metodologias aplicadas às normas de Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA. A partir do processamento de dados GNSS coletados em trabalhos de campos realizados em Piracicaba, Ituverava, Iperó e São Pedro, pode-se verificar que a pesquisa atingiu os objetivos propostos resultado obtido mostrou que ambos os métodos são precisos e viáveis.

**Palavras-chave:** Cartografia, Georreferenciamento de imóveis rurais, Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS.

**Abstract**

The use of the Global Positioning System technology has brought a real revolution in the surveying and georeferencing techniques, which are the basis for many others relevant studies to the many fields of Geography. In this sense, it was seen a massive growth of the use of GNSS receivers in Brazil from the early 2000s, due the duty of Georeferencing Rural Properties to comply with the 10.267/2001 law.

For Georeferencing, it is needed high accuracy receivers, and most of time, it is used two receivers: one static base and one rover.

To do the adjustment of the base (in order to correct errors), two ways are utilized: post-processing via the brazilian GNSS network - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) or via Precise Point Positioning - Posicionamento por Ponto Preciso, both managed by IBGE.

Given the wide range of applications as well as discussions on the accuracy of both methods, this monograph aims to conduct a comparative analysis and prove the effectiveness of both methods considering the INCRA's Standard for Rural Properties Georeferencing. From the processing of GNSS data collected in Piracicaba, Ituverava, Iperó and São Pedro, it could be seen that the research reached the objectives and shows that both methods are accurate and feasible.

**Key words:** Cartography, Rural Properties Georeferencing, Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS.

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
1.1 – A forma da terra.....	11
1.2 – Posicionamento Tridimensional por Satélite.....	13
1.3 – GNSS.....	14
1.3.1 – GPS – Sistema de Posicionamento Global.....	15
1.3.2 – Modernização do GPS.....	16
1.3.3 – GLONASS.....	17
1.3.4 – GALILEO.....	17
1.3.5 – COMPASS .....	17
1.4 – Técnicas de Posicionamento.....	18
1.5 – Posicionamento por Ponto.....	19
1.5.1 – Posicionamento por Ponto a partir do Código C/A e L1/L2.....	19
1.5.2 – Posicionamento Relativo.....	19
1.6 – Ajustamento, processamento dos rastreios e integração ao referencial geodésico.....	20
1.6.1 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC).....	21
1.6.2 – Posicionamento por Ponto Preciso.....	22
1.7 – A lei 10.267/01 e o Georreferenciamento de imóveis rurais.....	22
2 – OBJETIVOS.....	24
3 – JUSTIFICATIVA.....	24
4 – MATERIAIS E MÉTODOS .....	25
5 – BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS ESTAÇÕES BASE DE REFERÊNCIA.....	26
5.1 – Piracicaba.....	26
5.2 – Ituverava.....	27
5.3 – Iperó.....	27
5.4 – São Pedro.....	28
6 – COLETA, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	30
6.1 – Piracicaba.....	30
6.2 – Ituverava.....	32
6.3 – Iperó.....	35
6.4 – São Pedro.....	37

6.5 – Análise dos resultados obtidos.....	37
6.5.1 – Análise estatística dos dados obtidos.....	40
6.5.1.1 – Análises e cálculos – Piracicaba.....	42
6.5.1.2 – Análises e cálculos – Ituverava.....	42
6.5.1.3 – Análises e cálculos – Iperó.....	43
6.5.1.4 – Análises e cálculos – São Pedro.....	43
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	44
8 – REFERÊNCIAS.....	45
9 – ANEXOS.....	48
ANEXO 1.....	49
ANEXO 2.....	50
ANEXO 3.....	52
ANEXO 4.....	53
ANEXO 5.....	54
ANEXO 6.....	56
ANEXO 7.....	57
ANEXO 8.....	58
ANEXO 9.....	61
ANEXO 10.....	62
ANEXO 11.....	63
ANEXO 12.....	65
ANEXO 13.....	66

## 1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde os primórdios, o ser humano sempre teve o interesse e a necessidade em conhecer e interpretar o espaço em que habitava; este interesse inicial não tinha caráter científico, mas apesar disso, o homem buscava o conhecimento da forma, dimensão e composição da Terra, tendo em vista que um simples deslocamento de um espaço à outro na superfície terrestre já justificava a necessidade de se visualizar de alguma maneira as características físicas do planeta. (IBGE, 2008)

Desta maneira, pode-se afirmar que a origem e próprio conceito de ‘Cartografia’ tem suas origens intimamente relacionadas às estas inquietudes do homem em conhecer o espaço que o cercava.

O vocábulo “Cartografia” (etimologicamente - descrição de cartas) foi introduzido na língua portuguesa em 1839, pelo segundo Visconde de Santarém e em 1949 a Organização das Nações Unidas já reconhecia a importância da Cartografia.

Cartografia - no sentido lato da palavra não é apenas uma das ferramentas básicas do desenvolvimento econômico, mas é a primeira ferramenta a ser usada antes que outras ferramentas possam ser postas em trabalho (ONU, 1949).

O ‘processo cartográfico’, que se inicia com a coleta de dados, envolve estudo, análise, composição e representação de observações, fatos e fenômenos pertinentes aos estudos de base para os mais diversos campos de estudo da Geografia e das Geociências, de maneira geral.

### 1.1 A forma da Terra

A forma de nosso planeta sempre gerou diversas pesquisas e muitas foram as interpretações e conceitos desenvolvidos para definir qual seria o formato da Terra. Pitágoras em 528 a.C. definiu o planeta como esférico; desde então sucessivas teorias foram desenvolvidas até que se alcançasse o conceito hoje aceito no meio científico internacional (SEGANTINI, S/D).

Neste contexto, entende-se a Geodésia como sendo a Ciência aplicada que estuda a forma, as dimensões e o campo gravitacional da Terra. Embora a sua finalidade

principal seja científica, é empregada como estrutura básica de mapeamentos e trabalhos topográficos, constituindo estes fins práticos razão de seu desenvolvimento e realização na maioria dos países (IBGE, 1997).

Tomando por base que a superfície terrestre está sob efeito de constantes alterações – naturais e antrópicas – e que, portanto, não se pode definir de forma sistemática o formato da Terra, definiu-se a Terra como uma esfera achatada nos polos, a fim de se simplificar os cálculos necessários para o mapeamento da superfície terrestre (IBGE, 2008).

Em 1828, o matemático alemão Gauss introduziu um modelo aperfeiçoado da forma do planeta, entretanto, o nome ‘Geoide’ - que refere-se à este modelo - foi cunhado em 1873 por Listing (IBGE, 1998). O Geoide corresponde à superfície do nível médio do mar homogêneo supostamente prolongado sob os continentes. A definição dessa superfície tem como base a ação das forças de atração (gravidade) e da força centrífuga (rotação da Terra). Deve-se considerar que os diferentes materiais que compõem a superfície terrestre possuem diferentes densidades, fazendo com que a força gravitacional atue com maior ou menor intensidade em locais diferentes. As águas do oceano procuram uma situação de equilíbrio, ajustando-se às forças que atuam sobre elas. A compensação gravitacional de forças buscando equilíbrio (devido ao fato dos diferentes materiais que compõem a superfície terrestre possuírem diferentes densidades) proporciona com que o geoide tenha o mesmo potencial gravimétrico em todos os pontos de sua superfície (SEGANTINE, S/D).

Após isso, buscou-se um modelo mais simplificado para representar a Terra. Sendo assim, foi introduzida a ideia da Elipse que ao girar em torno do seu eixo menor forma um volume, o Elipsoide de Revolução achatado nos polos. Assim, o elipsoide é a superfície de referência utilizada nos cálculos que fornecem subsídios para a elaboração de uma representação cartográfica (SEGANTINE, S/D).

Em geral, cada país ou grupo de países adota um elipsoide como referência para os trabalhos geodésicos e topográficos que mais se aproxime do geoide na região em questão (IBGE, 2008).



Figura 1 – As três superfícies

Fonte: IBGE, S/D. Adaptado.

A forma e tamanho de um elipsóide, bem como sua posição relativa ao geóide define um sistema geodésico, também designado por datum geodésico. O datum refere-se ao ponto central de referência a partir do qual a representação gráfica dos paralelos e meridianos está relacionada e proporcionada. No Brasil já foram utilizados os *data* Corrêgo Alegre, Sad-69 e atualmente adota-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, realização de 2000 – SIRGAS2000 (IBGE, 2008).

## 1.2 – Posicionamento Tridimensional por Satélite

As atividades geodésicas experimentaram uma verdadeira revolução desde o advento do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na década de 1970 e sua operacionalização nos anos 1990, devido à capacidade que este sistema possui de

determinar posições, estáticas ou cinemáticas, aliando rapidez e precisão superiores aos métodos clássicos de levantamento (COELHO, 2003).

Deve-se considerar que para obter cobertura global, uma constelação de satélites deve possuir um mínimo de 24 satélites posicionados de forma que o receptor na superfície terrestre consiga ter um mínimo de quatro satélites rastreáveis – três são suficientes para determinar a posição do receptor, enquanto que um quarto é utilizado para sincronizar o tempo (MARINO, 2011).

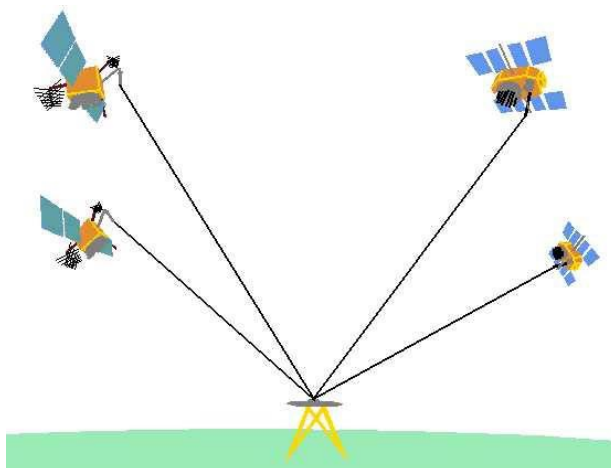


Figura 2: configuração mínima de satélites para que seja possível obter coordenadas tridimensionais.

Fonte: Monico (2000), adaptado.

### 1.3 GNSS

O termo GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélite) foi utilizado pela primeira vez em 1991 pela Associação Internacional de Aviação Civil (International Civil Aviation Organization) para designar os sistemas de posicionamento por satélite com cobertura global. O desenvolvimento das técnicas de posicionamento aliado ao avanço do conhecimento científico e tecnológico mostraram que o GPS associado à infra-estruturas espacial (SBAS – *Satellite Based Augmentation System*) e terrestre (GBAS – *Ground Based Augmentatin System*) poderia ampliar a sua utilização do sistema. Atualmente, o conceito de GNSS vem sendo empregado para designar o posicionamento por satélites utilizando toda essa infra-estrutura somando-a a outros sistemas de posicionamento por satélite como GLONASS, Galileo e Compass (IBGE, 2008).

### 1.3.1 GPS – Sistema de Posicionamento Global

Desenvolvido nos anos 1970 e mantido pelo departamento de defesa dos Estados Unidos, o NAVSTAR-GPS (*NAVigation System with Timing And Ranging – Global Positioning System*), é um sistema de posicionamento por satélites artificiais que proporciona informações de tempo e posição tridimensional em tempo real em qualquer lugar do planeta, através da distribuição de 31 satélites que orbitam a Terra a 20.200 km de altitude. Embora inicialmente o sistema tenha sido concebido unicamente para fins militares, desde os anos 1990 o serviço foi liberado para o uso civil (no entanto, continha a chamada “disponibilidade seletiva”, que consistia em um erro induzido na precisão do sinal), e desde o ano de 2000 até os dias atuais, o Departamento de Defesa americano mantém o serviço sem restrições de precisão para os usuários civis (MARINO, 2011).

O sistema é composto por três segmentos:

- a) Segmento espacial: composto pelos satélites que orbitam a Terra;
- b) Segmento de controle: composto por estações espalhadas pelo globo que monitoram e controlam o funcionamento e sinal dos satélites.
- c) Segmento do usuário: composto pelo receptor utilizado. É o receptor que permite ao usuário saber sua posição no planeta (MANO, 2012).

Atualmente os satélites transmitem os sinais continuamente em duas frequências da banda L do espectro eletromagnético, denominadas de L1 (1575,42 MHz) e L2 (1227,60 MHz). Sobre as frequências são modulados a mensagem de navegação e os códigos pseudoaleatórios (PRN – *Pseudo Random Noise*) (IBGE, 2008).

Na sua concepção original dois tipos de códigos foram implementados no sistema, sendo eles: P (*Precise* ou *Protected*) e C/A (*Course/Acquisition*). O primeiro é modulado sobre as duas portadoras, enquanto que o código C/A é modulado somente sobre a portadora L1 (COSTA et al, 2002).

É válido salientar que o posicionamento com GPS está sujeito a degradações provocadas por algumas fontes de erros. Tais erros podem ser reunidos em quatro grupos: satélites, propagação do sinal, receptor/antena e estação (MONICO, 2000).

Fonte	Erro
Satélite	Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite Erro de órbita Erro do relógio
Propagação do sinal	Refração troposférica Refração ionosférica Perdas de ciclos Multicaminho
Receptor/antena	Erro do relógio Erro entre os canais Variação do centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas Multicaminho

Figura 3 – Erros intrínsecos ao Sistema GPS

Fonte: (MONICO, 2000)

Os erros provenientes podem aumentar a imprecisão da coordenada obtida no receptor. Os Erros de Órbita estão relacionados às posições precisas do satélite: as efemérides (informações transmitidas pelos satélites GPS) implicam sempre em uma margem de erro que traz consequências ao se calcular o tempo de viagem dos sinais.

Os erros do relógio consistem em um erro no cálculo do tempo de viagem do sinal de rádio. A Ionosfera e Troposfera “atrasam” a velocidade do sinal de rádio devido às diferenças de densidade atmosférica, o que implica com o que conceito de que os sinais de rádio viajariam à velocidade da luz deixe de ser verdadeiro. O multicaminhamento consiste no efeito de “ricochete” que os sinais de rádio podem fazer nos objetos mais próximos (casas, árvores, prédios, etc) antes de atingir o receptor, o que implicaria em uma diferença no cálculo do tempo de recepção do sinal (MANO, 2012).

### 1.3.2 Modernização do GPS

Visando melhorias a fim de se elevar a precisão das medições, o GPS passou por um processo de modernização. Desta forma, ações realizadas visando o usuário civil, como a desativação da disponibilidade seletiva (SA - *Selective Availability*) e a adição de novas observações nos satélites das novas gerações, estão em andamento ou já foram implementadas. Correções diferenciais também são muito importantes para se obter maior precisão. Também merece destaque a inclusão de novas estações ao segmento de controle, bem como o refinamento do WGS 84 (datum de referência utilizado pelo

GPS) e implantação do código civil na portadora L2, denominada L2C, que é menos suscetível à interferências e à multicaminho (IBGE, 2008).

### **1.3.3 GLONASS**

O sistema de posicionamento por satélites artificiais russo, denominado GLONASS, tem sua concepção semelhante com a do GPS e foi desenvolvido na União Soviética, também nos anos 1970 visando fins militares.

Similarmente ao que ocorreu com o GPS, o governo russo estabeleceu, em 1999, que o GLONASS passaria a ter participação civil (IBGE, 2008), entretanto, devido à crise econômica que o país atravessou, este setor careceu de investimentos e o sistema só se tornou completamente operável em 2011. Atualmente, conta com 31 satélites que orbitam o planeta à uma altitude de 19.100 km e têm a particularidade de os sinais emitidos utilizarem frequências ligeiramente diferentes de satélite para satélite, ao contrário do que ocorre com os satélites da constelação GPS, mas que também se enquadram em duas frequências L1 e L2. (MANO, 2012).

A integração entre os sistemas GPS e GLONASS é totalmente possível desde que estes dois sistemas levem em consideração algumas diferenças, tais como: sistema de referência, sistema de tempo e a forma de emissão dos dados (MANO, 2012).

### **1.3.4 GALILEO**

O Galileo é um sistema de posicionamento por satélites criado através do esforço de alguns países europeus e países colaboradores como Canadá e Japão. Ao contrário do GPS e do GLONASS, o controle do Galileo é de responsabilidade civil, sendo a ESA (*European Space Agency*) uma das instituições responsáveis pelo seu desenvolvimento. Foi lançado em 28 de dezembro de 2005, pela Agência Espacial Européia, o primeiro satélite teste GIOVE-A (*Galileo In-Orbit Validation Element*). O projeto prevê duas estações de controle, uma na Itália e outra na Alemanha e almeja-se a cobertura global até 2019. (IBGE, 2008).

### **1.3.5 COMPASS**

Sistema GNSS desenvolvido pela China, o Compass/Beidou (*China's Compass Navigation Satellite System – CNSS*) foi iniciado pelas Forças Militares da China, e estabelecido que o CSNPC (*China Satellite Navigation Project Center*) intensificará as pesquisas, construção e administração do CNSS (IBGE, 2008). Atualmente, possui 10 satélites geoestacionários em órbita e prevê-se o alcance de cobertura global em 2020, com 35 satélites em órbita (MANO, 2012).

#### **1.4 Técnicas de Posicionamento**

O posicionamento através do GPS pode ser realizado a partir de diferentes técnicas e observáveis, as quais fornecem níveis de precisão que variam desde algumas dezenas de metros até poucos milímetros.

Ressalta-se que a observável utilizada no processo de estimação das coordenadas é um dos principais fatores que influenciam os níveis de precisão alcançados.

Normalmente, o posicionamento com GPS é efetuado a partir da fase de batimento da onda portadora (diferença de fase entre o sinal que chega do satélite e aquele que é gerado no receptor) e/ou da pseudodistância – medida de distância entre a antena do satélite, no instante da transmissão do sinal, e a antena do receptor, no instante da recepção. Devido à precisão da medida da fase da onda portadora ser da ordem de milímetros, ela é a observável indispensável na obtenção de posicionamentos que requeiram melhor precisão. A pseudodistância é mais utilizada em posicionamentos com precisão de ordem métrica (MONICO, 2000).

Os receptores GNSS podem ser classificados como:

- Navegação: destinado à navegação terrestre, marítima e aérea, bem como a levantamentos com precisão de ordem métrica.
- Topográfico: podem proporcionar posicionamento preciso quando utilizados em conjunto com um ou mais receptores localizados em estações de referência, mas sua utilização fica restrita a uma área compreendida dentro de raio de aproximadamente 10 km. Estes receptores são capazes de rastrear a fase da onda portadora L1 e o código C/A;
- Geodésico: Capazes de rastrear a fase da onda portadora nas duas frequências, permitem a utilização em linhas de base maiores que 10 km, pois é possível modelar a maior parte da refração ionosférica.

As técnicas de posicionamento podem ser classificadas como estática e cinemática, dependendo do movimento da antena, bem como em tempo real e pós-processado, que está relacionado com a disponibilidade de correção das coordenadas em tempo real. Além destas duas categorias, as técnicas podem ser divididas quanto à metodologia utilizada, ou seja, utilizando ou não uma estação de referência, sendo denominadas, respectivamente: de posicionamento relativo e posicionamento por ponto (MONICO, 2000).

### **1.5 Posicionamento Por Ponto**

O posicionamento por ponto requer a utilização de apenas um receptor. Neste caso, o referencial geodésico das coordenadas determinadas é definido a partir das efemérides dos satélites - informações de posição, tempo e geometria dos satélites no momento da recepção do sinal. (IBGE, 2008).

#### **1.5.1 Posicionamento por ponto a partir do código C/A e L1/L2**

O posicionamento a partir do código C/A proporciona precisão inferior àquelas fornecidas por outras técnicas, pois apenas os erros do relógio do satélite e do receptor são modelados na solução. Nenhuma estrutura adicional é necessária para sua realização, bastando o usuário dispor de apenas um receptor e de pelo menos quatro satélites rastreados (ISHIKAWA, 2007). O sinal L1/L2 possibilita maior precisão uma vez que essas frequências possibilitam a eliminação dos efeitos da refração ionosférica.

#### **1.5.2 Posicionamento relativo**

No posicionamento relativo, são necessários pelo menos dois receptores e as coordenadas são determinadas em relação à estação – um dos receptores deve ocupar a estação base de referência e realizar rastreamento (coleta de dados) a fim de corrigir as coordenadas da segunda estação e torna-las precisas em relação aos referenciais geodésicos.

O princípio básico desta técnica de posicionamento é o de minimizar as fontes de erro através da diferença entre observações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações (ISHIKAWA, 2007).

Na figura abaixo,  $\Delta X$  refere-se à latitude,  $\Delta Y$  à longitude e  $\Delta Z$  à altitude.

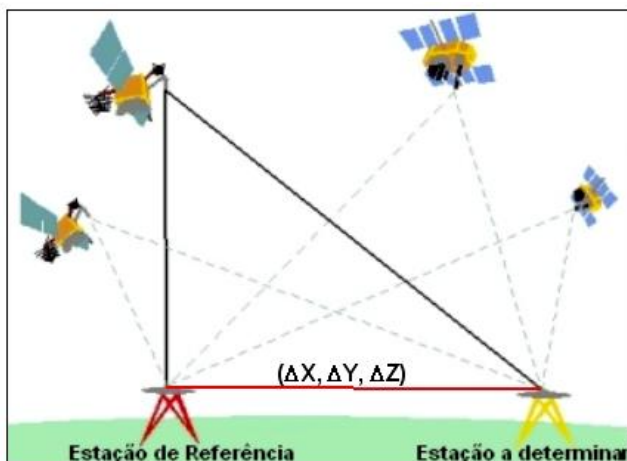


Figura 4

Fonte: MONICO (2000), adaptado.

### 1.6 Ajustamento, Processamentos dos rastreios e integração ao referencial geodésico

O ajuste das coletas consiste na utilização de modelos matemáticos capazes de relacionar a posição tridimensional de um determinado local com as observáveis básicas do sistema e as coordenadas tridimensionais dos satélites.

Em outras palavras, a partir de observações e rastreios redundantes sujeitos à flutuações probabilísticas e visando uma estimativa de sua precisão, o ajustamento de observações tem por finalidade estimar – mediante a aplicação de modelos matemáticos adequados e do método dos mínimos quadrados, um valor único para cada coordenada rastreada (média de leituras de todo o tempo que o receptor ficou recebendo dados em um único ponto).

Portanto, o pós-processamento destes dados oriundos dos rastreios de campo é feito a fim de solucionar as ambiguidades e chegar à uma coordenada única e precisa. Esse pós-processamento pode ser relativo com, transporte de coordenadas de pontos conhecidos (através da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC) ou então,

absoluto, através do serviço de Posicionamento por Ponto Preciso. A diferença encontrada entre os pós-processamentos tendem a ser da ordem de poucos centímetros.

Sendo assim para que seja realizado georreferenciamento de imóveis rurais, bem como demais trabalhos que envolvem métodos de levantamento geodésico, o receptor que é utilizado como estação base deve passar pelo processo de ajuste e transporte das coordenadas da base instalada (ISHIKAWA, 2007).

### **1.6.1 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC)**

As estações da RBMC desempenham justamente o papel de ponto de coordenadas conhecidas pertencem ao Sistema Geodésico Brasileiro. As estações da RBMC são materializadas através de pinos de centragem forçada, cravados em pilares. A grande maioria rastreia sinais GNSS e estes receptores coletam e armazenam continuamente as observações do código e da fase das ondas portadoras transmitidas pelos satélites das diferentes constelações.

A operação das estações da RBMC é totalmente automatizada, cada estação possui um receptor e antena geodésica, conexão à internet e fornecimento contínuo de energia elétrica para possibilitar a operação constante da estação. As observações são organizadas, ainda na memória do receptor, em arquivos diários, correspondendo a sessões iniciadas às 00h 01min e encerrando às 24h 00 min (tempo universal), com intervalo de rastreamento de 15 segundos. Todas as coordenadas das estações da RBMC fazem parte da Rede de Referência SIRGAS, o que garante precisão final de suas coordenadas na ordem de  $\pm 5\text{mm}$  (IBGE, S/D).

Para correção de tais coordenadas com base na RBMC, utiliza-se softwares de pós-processamento que através de modelos matemáticos e estatísticos (Método dos Mínimos Quadrados) definem a coordenada precisa da base utilizada em campo. O referido Método é uma técnica de otimização matemática que visa encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados, tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados. É válido frisar que a RBMC configura-se como uma das redes mais precisas do mundo, e que por isso é muito utilizada em trabalhos de geodesia e topografia.



Figura 5 – Distribuição espacial da RBMC

Fonte: IBGE, 2013. Adaptado.

### 1.6.2 Posicionamento por Ponto Preciso

O Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), por sua vez, foi projetado pelo IBGE para ser uma aplicação “auto-serviço” e é oferecido como um serviço on-line para o pós-processamento de dados GNSS. Ele permite aos usuários obterem coordenadas precisas e o resultado do PPP independe de qualquer ajustamento de rede geodésica e não está associado às realizações ou ajustamentos de rede planimétrica. Seu ajuste é feito diretamente junto ao IGS (International GNSS Service), mantido pela NASA. Deste modo, os resultados obtidos através deste serviço apresentarão uma pequena diferença daqueles disponíveis no Banco de Dados Geodésicos – BDG do IBGE (IBGE, 2009).

Os resultados obtidos através do PPP apresentam uma pequena diferença daqueles processados através da RBMC, e, segundo relatos, esta pequena diferença trouxe desconfiança à alguns usuários, tendo em vista a praticidade do PPP frente ao tradicional ajustamento de bases geodésicas.

### 1.7 A Lei 10.267/01 e o Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Instituído pela Lei 10.267/01 de 28 de agosto de 2001, o chamado Georreferenciamento consiste na obrigatoriedade da descrição do imóvel rural, em seus limites, características e confrontações, através de memorial descritivo e planta georreferenciada firmada por profissional habilitado.

A mesma lei que também estabeleceu o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR, determina, ainda, a obrigatoriedade de atualização do cadastro sempre que houver alteração nos imóveis rurais e que seu georreferenciamento deve ser de acordo com o Sistema Geodésico Brasileiro, bem como o ajustamento, que é de caráter obrigatório. Dentre outras disposições, normatiza que esse trabalho não pode ser feito através de imagens orbitais, devendo ser obrigatoriamente efetuado em campo com equipamento de precisão e com fixação de marcos nos limites do imóvel. O INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) é o órgão responsável por promover a integração cadastro-registro (INCRA, 2011).

O georreferenciamento, de acordo com essa legislação, tem duas funções básicas: a de servir de instrumento de Registro Público, possibilitando a segurança no tráfico jurídico de imóveis; e a de servir de instrumento de cadastro, com a finalidade preponderantemente fiscalizatória, como, aliás, dispõe o art. 1º e seus parágrafos da Lei nº 5.868/72, que trata do cadastramento rural, alterado também pela Lei 10.267/01 (ISHIKAWA, 2007). Daí a importância de se garantir que o levantamento das coordenadas dos vértices de divisa do imóvel seja feito de modo confiável e preciso.

## **2. OBJETIVOS**

Tendo em vista a possibilidade de dois métodos para correção e ajustamento de coordenadas rastreadas por equipamentos GNSS geodésicos – PPP e RBMC, teve-se por objetivo analisar e comparar os resultados obtidos pelos dois métodos após rastreo realizados em quatro locais com realidades geográficas distintas, a fim de se avaliar a eficácia de ajustamento por ambos os métodos.

## **3. JUSTIFICATIVA**

Tendo em vista que os recursos tecnológicos disponíveis à cartografia, topografia e geodesia têm viabilizado avanços relevantes, proporcionado sofisticadas análises de fenômenos espaciais e que a utilização de dados imprecisos pode, gerar erros comprometedores aos mais diversos trabalhos, a presente pesquisa apresenta caráter inovador e visa contribuir no apoio a profissionais em tomadas de decisão, considerando-se que o uso de coordenadas precisas subsidia os mais variáveis tipos de trabalhos, destacando-se aplicações em monitoramento e locação de obras e diversas aplicações em Geoprocessamento, como agricultura de precisão e criação de pontos de controle para ortorretificação de imagens; além da notória aplicação junto ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Desenvolvido com o apoio do Centro de Análises e Planejamento Ambiental - CEAPLA da UNESP campus Rio Claro, da Métrica Tecnologia e assessoria técnica da empresa Métrica Tecnologia, espera-se, ainda, que futuramente, este trabalho sirva de alçada para outras pesquisas da mesma temática, incluindo projetos para uma possível pós-graduação.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o método empírico-analítico. Foram realizados quatro trabalhos de campo (em parceria com a empresa Métrica Tecnologia) nos quais foram implementadas estações base e executados rastreo para coleta de dados GNSS.

Como critério de seleção para implementação das estações base, foram selecionadas quatro áreas com realidades geográficas distintas – principalmente no que tange fatores como clima, relevo, urbanização e que influenciam nos sinais obtidos através dos satélites.

Sendo assim, os trabalhos foram realizados em Piracicaba-SP, Iperó-SP, São Pedro-SP e em Ituverava – SP.

Para coleta, processamento e análise dos dados, foram utilizados os seguintes materiais, equipamentos e estruturas do Centro de Análises e Planejamento Ambiental – CEAPLA e da empresa Métrica Tecnologia:

- Microcomputador com acesso à internet para descarregar e analisar dados;
- Receptor GNSS Geodésico Kronos 200 L1/L2 RTK, bem como equipamentos auxiliares como tripé, base nivelante e cano extensor para montagem do mesmo fornecido pela empresa Métrica Tecnologia para rastreo e coleta dos dados por no mínimo 4 horas;
- Software *Dat to Rinex* cedido pela empresa Métrica Tecnologia para converter o arquivo gerado pelo receptor base (*Dat*) em *Rinex* (extensão aceita pelo IBGE);
- Software *Topcon Tools* versão demo para pós-processamento dos dados;
- Serviços on-line e gratuitos do IBGE;
- Calculadora Geográfica on-line do DPI – INPE.

Após coleta e pós-processamento dos dados, os mesmos passaram por análise estatística e posterior verificação e classificação dentro dos padrões da 2ª Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do Inbra.

## 5. BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS ESTAÇÕES BASE DE REFERÊNCIA

### 5.1 Piracicaba – SP

Piracicaba é um município brasileiro localizado no interior do estado de São Paulo e que pertence à mesorregião e microrregião de Piracicaba. Ocupa uma área de 1.378,501 km<sup>2</sup>. Possuía, em 2013, uma população estimada em 385.287 habitantes, PIB Per capita à preços correntes de R\$ 29.959,19 e IDH de 0,836 (IBGE, 2013).

Localizada em um bioma onde predominam o Cerrado e a Mata Atlântica, apresenta clima Tropical de Altitude (Cwa) e temperatura média anual de 23,9°C. O relevo de Piracicaba apresenta predominância de áreas acidentadas, sendo que o município situa-se em uma área com declividade média 7,8% e a Depressão é maior na parte central de seu território.

Observa-se, ainda, a presença de grande diversidade de tipos de solos. Os principais são os latossolos e podzólicos.



Figura 6 – Localização de Piracicaba/SP

Fonte: Wikicommons, 2013. Adaptado.

## 5.2 Ituverava – SP

Ituverava é um município brasileiro localizado no interior do estado de São Paulo e que pertence à mesorregião de Ribeirão Preto e microrregião de Ituverava. Ocupa uma área de 697.9 km<sup>2</sup>. Possuía, em 2013, uma população estimada em 40.552, PIB per capita à preços correntes de R\$14.656,42 e IDH de 0,765 (IBGE, 2013).

Localizada em um bioma onde predomina o Cerrado, apresenta clima Tropical de Altitude (Cwb) e o solo, em sua maioria, é composto de “terra roxa”.



Figura 7 – Localização de Ituverava/SP

Fonte: Wikicommons, 2013. Adaptado.

## 5.3 Iperó – SP

Iperó é um município brasileiro localizado no interior do estado de São Paulo e que pertence à mesorregião Macro Metropolitana Paulista e microrregião de Sorocaba. Ocupa uma área de 170.281m<sup>2</sup>. Possuía, em 2013, uma população estimada em 31.745 habitantes, PIB per capita à preços correntes de R\$15.574.89, IDH de 0,719 e localiza0se em um bioma onde predomina a Mata Atlântica (IBGE, 2013)



Figura 8 – Localização de Iperó/SP

Fonte: Wikicommons, 2013. Adaptado.

#### **5.4 São Pedro – SP**

São Pedro é um município brasileiro localizado no interior do estado de São Paulo e que pertence à mesorregião de Piracicaba e microrregião de Piracicaba. Considerado uma estância turística, ocupa uma área de 609.091 km<sup>2</sup>. Possuía, em 2013, uma população estimada em 31.662, PIB per capita à preços correntes de R\$12.870,41 e IDH de 0,755 (IBGE, 2013).

Localizada em um bioma onde predomina o Cerrado, apresenta clima Tropical de Altitude (Cfb) e se localiza entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Ocidental, na zona de ocorrência das cuevas arenítico-basálticas.



Figura 9 – Localização de São Pedro/SP

Fonte: Wikicommons, adaptado.

## **6. COLETA, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS**

### **6.1 – Piracicaba**

Em Piracicaba, a estação base (GNSS Kronos 200) foi instalada no deck da empresa Métrica Tecnologia (ambiente totalmente urbano e próximo a grandes edifícios) no dia 30/07/2013, e efetuou-se rastreamento de quase 9 horas. Após realização do rastreamento, os dados foram descarregados no computador, convertidos para o formato universal RINEX, e, como objetivo principal deste estudo, foram pós-processados no software Topcon Tools versão Demo, bem como compactados e enviados ao IBGE– seção Geociências, para processamento através do PPP.

Para o transporte e ajustamento de coordenadas através do software de pós-processamento Topcon Tools, utilizou-se os dados das estações de referência de São Paulo (POLI), Campinas (SPCA) e São Carlos (EESC), obtidos junto ao IBGE. Após o pós-processamento, foram obtidas as seguintes coordenadas ajustadas:

#### **UTM (Fuso 23, Meridiano Central 45°):**

N 7484320,703

E 229615,155

Alt. 547,786 m

#### **Coordenadas geodésicas:**

**Latitude** 22°43'36.54" S (-22.7268166667)

**Longitude** 47°37'56.831" W (-47.6324530556)

Alt. 547,786 m

Enquanto, que, pelo PPP, obteve-se os seguintes dados:

#### **UTM**

N 7484320.713575

E 229615.160311

Alt. 547,70

#### **Coordenadas geodésicas:**

**Latitude** 22°43'36.5225" S (-22.7268118056)

**Longitude** 47°37'56.8308" W (-47.632453)

**Alt.** 547,70 m



Figura 10 – Base instalada em Piracicaba/SP

Fonte: Vinicius Filier, 2013.



Figura 11 – Localização da Base instalada em Piracicaba/SP

Fonte: Google/adaptado.

## 6.2 – Ituverava

Em Ituverava, a estação base foi instalada em pilar de concreto na Fundação Educacional “Dr. Francisco Maeda”, instituto superior de ensino esta cujo campus localiza-se em uma fazenda. No dia 24/07/2013, e efetuou-se rastreamento de quase 5 horas. Após realização do rastreamento, os dados foram descarregados no computador, convertidos para o formato universal RINEX, e, como objetivo principal deste estudo, foram pós-processados no software Topcon Tools versão Demo, bem como compactados e enviados ao IBGE– seção Geociências, para processamento através do PPP.

Para o transporte e ajustamento de coordenadas através do software de pós-processamento Topcon Tools, utilizou-se os dados das estações de referência de São Carlos (EESC) e Jaboticabal (SPJA) obtidas junto ao IBGE. Após o pós-processamento, foram obtidas as seguintes coordenadas ajustadas:

**UTM (Fuso 23, Meridiano Central 45°):**

N 7746271,767

E 210287,891

Alt. 603,616 m

**Coordenadas geodésicas:****Latitude** 20°21'34.900" S (-20.3596944444)**Longitude** 47°46'30.387" W (-47.7751075)**Alt.** 603,531 m

Enquanto, que, pelo PPP, obteve-se os seguintes dados:

**UTM****N** 7746271.77243**E** 210287.890177**Alt.** 603,450**Coordenadas geodésicas:****Latitude** 20°21'34.9002" S (-20.3596945)**Longitude** 47°46'30.3866" W (-47.7751073889)**Alt.** 603,450 m



Figura 12 – Base instalada em Ituverava/SP

Fonte: Vinicius Filier, 2013.

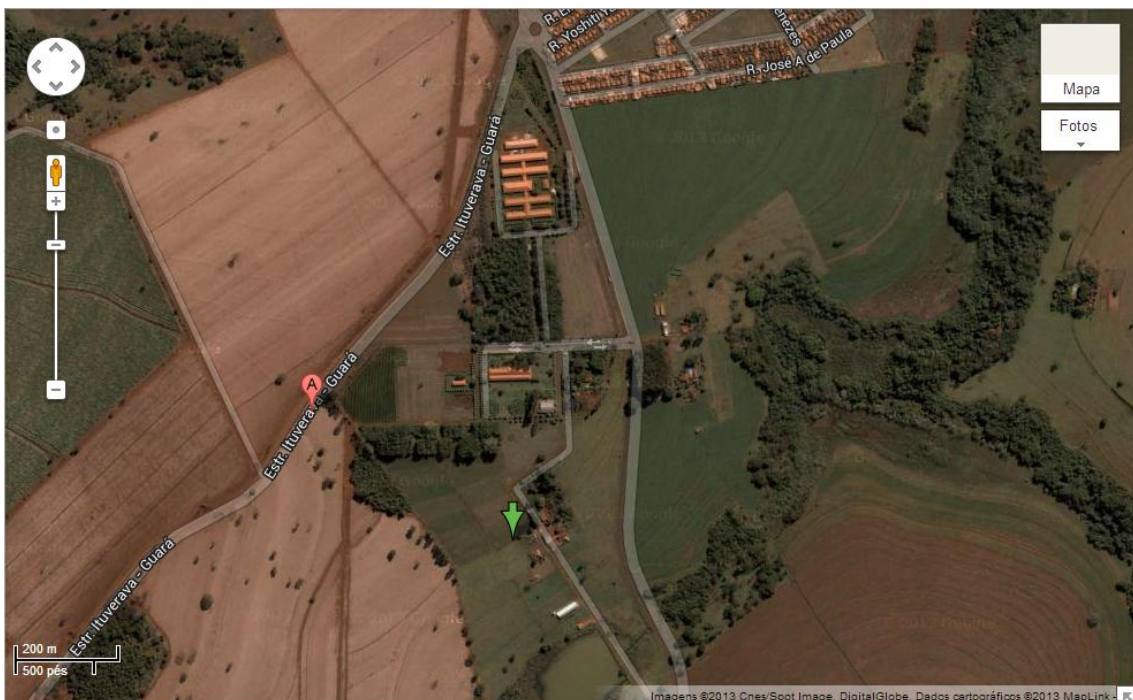


Figura 13 – Localização da Base instalada em Ituverava/SP

Fonte: Google/adaptado.

### 6.3 – Iperó

Em Iperó, a estação base foi instalada em um ambiente urbano de frente à base da Guarda Municipal de Iperó, e realizou-se o rastreamento no dia 31/07/2013, por quase 5 horas. Tendo o rastreamento sido realizado, os dados foram descarregados no computador, convertidos para o formato universal RINEX, e, como objetivo principal deste estudo, foram pós-processados no software Topcon Tools versão Demo, bem como compactados e enviados ao IBGE– seção Geociências, para processamento através do PPP.

Para o transporte e ajustamento de coordenadas através do software de pós-processamento Topcon Tools, utilizou-se os dados das estações de referência de Cananéia (NEIA), São Paulo (POLI), Botucatu (SPBO) e Campinas (SPCA) obtidas junto ao IBGE. Após o pós-processamento, foram obtidas as seguintes coordenadas ajustadas:

**UTM (Fuso 23, Meridiano Central 45°):**

N 7414989,5441

E 224607,636396

Alt. 581,597 m

**Coordenadas geodésicas:**

**Latitude** 23°21'05,78145" S (-23.3516059583)

**Longitude** 47°41'36,89768"W (-47.6935826889)

Alt. 581,597 m

Enquanto, que, pelo PPP, obteve-se os seguintes dados:

**UTM**

N 7414989,55852

E 224607,666825

Alt. 581,58

**Coordenadas geodésicas:**

**Latitude** 23°21'05,7810" S (-23.3516058333)

**Longitude** 47°41'36,8966"W (-47.6935823889)

**Alt.** 581,58 m



Figura 14 – Base instalada em Iperó/SP

Fonte: Vinicius Filier, 2013.



Figura 15 – Localização da Base instalada em Iperó/SP

Fonte: Google/adaptado.

#### 6.4 – São Pedro

Em São Pedro, a estação base foi instalada em um sítio na zona rural, e realizou-se o rastreamento no dia 28/09/2013, por pouco mais de 6 horas. Após realizado o rastreamento, os dados foram descarregados no computador, convertidos para o formato universal RINEX, e, como objetivo principal deste estudo, foram pós-processados no software Topcon Tools versão Demo, bem como compactados e enviados ao IBGE – seção Geociências, para processamento através do PPP.

Para o transporte e ajustamento de coordenadas através do software de pós-processamento Topcon Tools, utilizou-se os dados das estações de referência de São Carlos (EESC) e Botucatu (SPBO) obtidas junto ao IBGE. Após o pós-processamento, foram obtidas as seguintes coordenadas ajustadas:

#### UTM

N 7507185,8913

E 196576,046455

Alt. 906,376

**Coordenadas geodésicas:****Latitude** 22°30'53,66698"S (-22.5149074944)**Longitude** 47°56'57,85068"W (-47.9494029667)**Alt.** 906,376 m

Através do PPP, obteve-se os seguintes resultados:

**UTM****N** 7507185,9031**E** 196576,051371**Alt.** 905,79**Coordenadas geodésicas:****Latitude** 22°30'53,6666" S (-22.5149073889)**Longitude** 47°56'57,8505"W (-47.9494029167)**Alt.** 905,79 m

Figura 16 – Base instalada em São Pedro/SP

Fonte: Vinicius Filier, 2013



Figura 17 – Localização da Base instalada em São Pedro/SP

Fonte: Vinicius Filier.

## 6.5 Análise dos resultados obtidos

Em resumo, as coordenadas obtidas estão representadas em UTM pela seguinte tabela:

Tabela 1 – Coordenadas e diferenças obtidas. Fonte: Vinicius Filier

	<b>N (m)</b>	<b>E (m)</b>	<b>Z (m)</b>
<b>Piracicaba - RBMC</b>	7484320,703	229615,155	547,786
<b>Piracicaba – PPP</b>	7484320,713575	229615,160311	547,70
<b>Diferença calculada</b>	<b>0,01 (1cm)</b>	<b>0,005 (0,5cm)</b>	<b>0,086 (8,6cm)</b>
<b>Ituverava – RBMC</b>	7746271,767	210287,891	603,531
<b>Ituverava – PPP</b>	7746271,77243	210287,890177	603,450
<b>Diferença calculada</b>	<b>0,005 (0,5cm)</b>	<b>0,0008 (0,08cm)</b>	<b>0,081 (8,1cm)</b>
<b>Iperó – RBMC</b>	7414989,5441	224607,636396	581,597
<b>Iperó – PPP</b>	7414989,55852	224607,666825	581,58
<b>Diferença calculada</b>	<b>0,014 (1,4cm)</b>	<b>0,03 (3cm)</b>	<b>0,017 (1,7cm)</b>
<b>São Pedro – RBMC</b>	7507185,8913	196576,046455	906,774
<b>São Pedro – PPP</b>	7507185,9031	196576,051371	905,774
<b>Diferença calculada</b>	<b>0,011 (1,1cm)</b>	<b>0,004 (0,4cm)</b>	<b>0,01 (1cm)</b>

As diferenças encontradas nas coordenadas das componentes horizontais (N e E) são muito pequenas – sendo a maior diferença encontrada 1,4 centímetros, e a menor 0,08 centímetros - e já indicam, em um primeiro momento, a grande precisão do ajustamento de ambos os métodos.

A componente vertical, sempre é a que apresenta maior diferença entre os valores, fato este, que pode ser explicado junto à uma gama considerável de fatores, dando especial atenção à geometria dos satélites disponíveis no momento do rastreamento, desvio do centro da fase da antena que afeta principalmente essa componente e também ao modo de como o cálculo da altitude é processada diferentemente dos cálculos de componentes horizontais: usualmente, o receptor GNSS calcula a distância a partir do centro do planeta e, depois, o raio da superfície para obter a altitude. Tendo em vista que ele utiliza o elipsoide para processar tais cálculos, o mesmo pode apresentar certas imprecisões em certos pontos devido à forma irregular da Terra. Os valores da altitude, no entanto, não alteram a precisão do processo de georreferenciamento de imóveis rurais que se baseia nas coordenadas X e Y dos pontos.

Podemos afirmar que os dados geográficos podem, comumente, ser caracterizados a partir de três componentes fundamentais: posição, tema e tempo; ou, de forma equivalente, espaciais, não espaciais e temporais (MEDEIROS e ALENCAR, 1999 apud SANTOS et al, 2010).

Segundo Santos et al (2010), as características que afetam a qualidade dos dados geográficos podem ser agrupadas em três categorias: componentes de nível macro, componentes de nível micro e componentes de uso. Dentro de tal abordagem, o presente estudo pode ser classificado dentro do universo dos Elementos de nível micro, na qual:

A precisão posicional corresponde à relação entre a posição real de um objeto geográfico e a posição registrada. É usualmente testada pela seleção de uma amostra específica de pontos pré-determinados e comparação destas coordenadas de posição com uma fonte independente de qualidade conhecida. Há dois componentes básicos para avaliação da precisão posicional: o desvio e a precisão. O desvio refere-se às discrepâncias sistemáticas entre a posição representada e a real, sendo normalmente medido pela média dos erros. A precisão concerne à dispersão dos erros posicionais dos dados, sendo comumente estimada pelo cálculo do desvio padrão dos erros de posição dos pontos de teste selecionados (SANTOS et al, 2010).

### 6.5.1 Análise estatística dos dados obtidos

Portanto, para fins de cálculo e análise estatística da precisão das coordenadas ajustadas dos pontos de base obtidas, foram levados em consideração os padrões da Segunda Norma Técnica do INCRA, que associa o termo precisão ao nível de aderência de um grupo de medições, obtidas sob as mesmas condições, ao valor médio dessas medições, quando calculado sob o valor de um desvio padrão ou um sigma ( $1\sigma$ ). O seu resultado deve ser expresso pela resultante das componentes horizontais  $\sigma_E$  e  $\sigma_N$ , ao nível de confiança de  $1\sigma$  e exige um padrão de precisão para a estação base (vértice de apoio), tipo M, de  $\leq 10$  cm.

Para tanto, o valor de precisão posicional apresentado para as estações base, se referem a resultante horizontal determinada por:

$$PP = (\sigma_E^2 + \sigma_N^2)^{1/2}$$

Onde:

PP = precisao posicional

$\sigma_N$  = desvio padrao da componente N, em metros;

$\sigma_E$  = desvio padrao da componente E, em metros.

Sendo assim, foram feitos os respectivos cálculos a fim de determinar a precisão de cada uma das resultantes horizontais. Os valores do  $\sigma_N$  e  $\sigma_E$  foram extraídos através do software de pós-processamento e do próprio relatório do PPP.

Tabela 2 – Desvio Padrão das medias das coordenadas (N, E). Fonte: Vinicius Filier

	$\sigma_N$	$\sigma_E$
<b>Piracicaba – RBMC</b>	0,014	0,015
<b>Piracicaba – PPP</b>	0,002	0,007
<b>Ituverava – RBMC</b>	0,013	0,014
<b>Ituverava – PPP</b>	0,001	0,005
<b>Iperó – RBMC</b>	0,007	0,008
<b>Iperó - PPP</b>	0,003	0,007
<b>São Pedro – RBMC</b>	0,011	0,009
<b>São Pedro – PPP</b>	0,003	0,006

#### 6.5.1.1 – Análises e cálculos – Piracicaba/SP

##### Ajuste RBMC

$$PP = (0,015^2 + 0,014^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,02$$

∴ Dentro do padrão do INCRA ( $2\text{cm} \leq 10\text{cm}$ ).

##### Ajuste PPP

$$PP = (0,007^2 + 0,002^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,007$$

∴ Dentro do padrão do INCRA ( $0,7\text{cm} \leq 10\text{cm}$ ).

#### 6.5.1.2 – Análises e cálculos – Ituverava/SP

##### Ajuste RBMC

$$PP = (0,014^2 + 0,013^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,019$$

∴ Dentro do padrão do INCRA (1,9cm ≤ 10cm).

#### **Ajuste PPP**

$$PP = (0,005^2 + 0,001^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,005$$

∴ Dentro do padrão do INCRA (0,5cm ≤ 10cm).

### **6.5.1.3 – Análises e cálculos – Iperó/SP**

#### **Ajuste RBMC**

$$PP = (0,008^2 + 0,007^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,010$$

∴ Dentro do padrão do INCRA (1cm ≤ 10cm).

#### **Ajuste PPP**

$$PP = (0,007^2 + 0,003^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,007$$

∴ Dentro do padrão do INCRA (0,7cm ≤ 10cm).

### **6.5.1.4 – Análises e cálculos – São Pedro/SP**

#### **Ajuste RBMC**

$$PP = (0,009^2 + 0,011^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,014$$

∴ Dentro do padrão do INCRA (1,4cm ≤ 10cm).

#### **Ajuste PPP**

$$PP = (0,006^2 + 0,003^2)^{1/2}$$

$$PP = 0,006$$

∴ Dentro do padrão do INCRA (0,6cm ≤ 10cm).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o trabalho atingiu os objetivos propostos. As análises das coordenadas ajustadas permitem afirmar que a diferença das coordenadas entre os ajustamentos relativos e absolutos tendem a ser da ordem de poucos centímetros, desde que corretamente processados. O ajuste planimétrico apresenta-se preciso, com valores de erros da ordem de milímetros, e as coordenadas, após processadas, são praticamente as mesmas, enquanto que a altitude apresenta certa diferença em alguns casos, não havendo um ajuste altimétrico tão preciso quanto o planimétrico, devido à presença de muitos fatores influenciando esta variável. Para averiguação mais precisa dos principais motivos que influenciaram as discrepâncias nos valores de altitudes do presente trabalho, seria necessário a promoção de um outro estudo específico.

Entretanto, a partir das análises processadas pôde-se comprovar a adequação de utilização de ambos os métodos, em especial a sua confiabilidade quando aplicadas ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais, tendo em vista que todas as soluções encontraram-se dentro dos padrões do INCRA. No entanto, seria interessante a continuidade dos estudos e processamento de mais estações de referências em mais localidades. Entretanto, pode-se deduzir que - devido à experiência técnica e profissional do autor - novos processamentos trariam resultados muito semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Ainda, podemos afirmar que o PPP apresenta maior praticidade e confiabilidade, tendo em vista que a responsabilidade do processamento dos dados é do próprio IBGE, na grande maioria dos casos sempre fornecem uma solução fixa e o usuário pouco contato tem com o manuseio dos dados. Por outro lado, o ajustamento através da RBMC em certos casos pode não ser concluído de maneira bem sucedida, devido à fatores como o tempo de rastreo, multi-caminhamento e geometria das estações base de referência em relação á base que se deseja ajustar, bem como o fato de que muitas vezes ocorre certa demora na disponibilização dos dados das estações de referência.

Os dados obtidos elucidam a tamanha precisão que se pode alcançar, bem como comprovam a revolução que a utilização das tecnologias GNSS provocaram em uma série de atividades de posicionamento, proporcionando aos trabalhos topográficos, geodésicos e suas mais diversas ramificações, maior rapidez, precisão e economia.

Espera-se, ainda, que a presente pesquisa possa servir de base para futuras pesquisas e trabalhos na mesma temática.

## 8. REFERÊNCIAS

BRANDÃO, A. C.. A precisão posicional no georreferenciamento dos imóveis rurais. Irib, Salvador, 2002. Disponível em: <<http://www.irib.org.br/opiniao/boletimel487b.asp>>. Acesso em: agosto de 2013.

BRASIL. Lei n. 10.267, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 29 dez. 2001. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em: agosto de 2013.

BRASIL. Decreto n. 4.449, de 22 de outubro de 2002. Dispõe sobre a regulamentação da Lei no 10.267/01. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 23 out. 2002. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em: agosto de 2013.

COELHO, A. C. S. Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras. ESALQ-USP, Piracicaba/ SP, 2003.

COSTA, M. F. et al. Análise do processamento de dados GPS em função das diferentes condições de rastreamento. Bol. Ciênc. Geod., Curitiba, v. 8, no 1, p.17-24, 2002.

FREITAS, S. R. C. As ciências geodésicas na atualidade. UFPR, Curitiba, S/D.

FORTES, L. P. S. Operacionalização da rede brasileira de monitoramento contínuo do sistema GPS (RBMC). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1997.

IBGE. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/mapa\\_site/mapa\\_site.php#geociencias](http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias)>. S/D. Acesso em agosto de 2013.

IBGE. Apostila Introdução á Geodésia - Fundação IBGE, 1997

IBGE. Cidades – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em outubro de 2013.

IBGE. Noções Básicas de Cartografia. Diretoria de Geociências (DGC), Departamento de Cartografia - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro/RJ. S/D. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoas/indice.htm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/indice.htm)>. Acesso em agosto de 2013.

IBGE. Manual do Usuário – Posicionamento Por Ponto Preciso. Diretoria de Geociências – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro/RJ. 2009. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual\\_ppp.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual_ppp.pdf)>. Acesso em outubro de 2013.

IBGE. Recomendações para Levantamento Relativo Estático – GPS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro/RJ. Abril de 2008.

INCRA. Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais. INCRA, Brasília, DF. S/D. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em agosto de 2013.

INCRA, Segunda Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, INCRA, Brasília, DF. 2011. Disponível em <<http://www.incra.gov.br/index.php/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/file/119-2-edicao-revisada-da-norma-tecnica-para-georreferenciamento-de-imoveis-rurais>>. Acesso em setembro de 2013.

ISHIKAWA, M. I. Georreferenciamento em imóveis rurais: Métodos de levantamento na aplicação da Lei 20.267/2001. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, 2007.

LEITE, C. C. P., SOUZA, C. R. R., JÚNIOR, N. A., Metodologias para Levantamentos de Propriedades Rurais para Atender a Lei 10.267/01. 2005. Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, 2005.

MANO, A. Navegação por satélite – O essencial. Torres Vedras, abril de 2012. Disponível em <  
[http://www.academia.edu/2150523/O\\_Essencial\\_sobre\\_Sistemas\\_de\\_Navagacao\\_Globa\\_l\\_por\\_Satelite\\_GNSS\\_](http://www.academia.edu/2150523/O_Essencial_sobre_Sistemas_de_Navagacao_Globa_l_por_Satelite_GNSS_)>. Acesso em dezembro de 2013.

MARINO, T. B. GPS – Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais. UFRRJ. 2011.

MONICO, J.F.G. Posicionamento pelo NAVSTAR - GPS: descrição, fundamentos e aplicações. 1.ed. São Paulo: UNESP, 2000. 287p.

MONICO, J. F. G; SILVA, E. F. Controle de Qualidade em Levantamentos no Contexto da Lei nº 10.267/01. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 3., 2003. Anais ...Curitiba: ISBN 85887830405, 2003. p. 69-84

ONU, Department of Social Affair. MODERN CARTOGRAPHY - BASE MAPS FOR WORLDS NEEDS. Lake Success, 1949.

SANTOS, S.; HUINCA, S.; MELO, L.; SILVA, M.; DELAZARI. Considerações sobre a utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos dias atuais. Recife/PE. Julho de 2010.

SEGANTINI, P. C. L. História da Geodésia. EESC – USP, São Carlos/SP. S/D.

VIADANA, MARIA ISABEL C. DE FREITAS. Artigo, *Alguma Metodologia de Aplicação Cartográfica* UNESP - Rio Claro, SP, 1993.

## **9. ANEXOS**

ANEXO 1 – Figura do Processo de Ajustamento da Estação Base de Piracicaba através da RBMC

ANEXO 2 – Relatório do Pós-Processamento - Piracicaba

ANEXO 3 – PPP – Piracicaba

ANEXO 4 – Figura do Processo de Ajustamento da Estação Base de Ituverava através da RBMC

ANEXO 5 - Relatório do Pós-Processamento - Ituverava

ANEXO 6 – PPP - Ituverava

ANEXO 7 – Figura do Processo de Ajustamento da Estação Base de Iperó através da RBMC

ANEXO 8 – Relatório do Pós-Processamento - Iperó

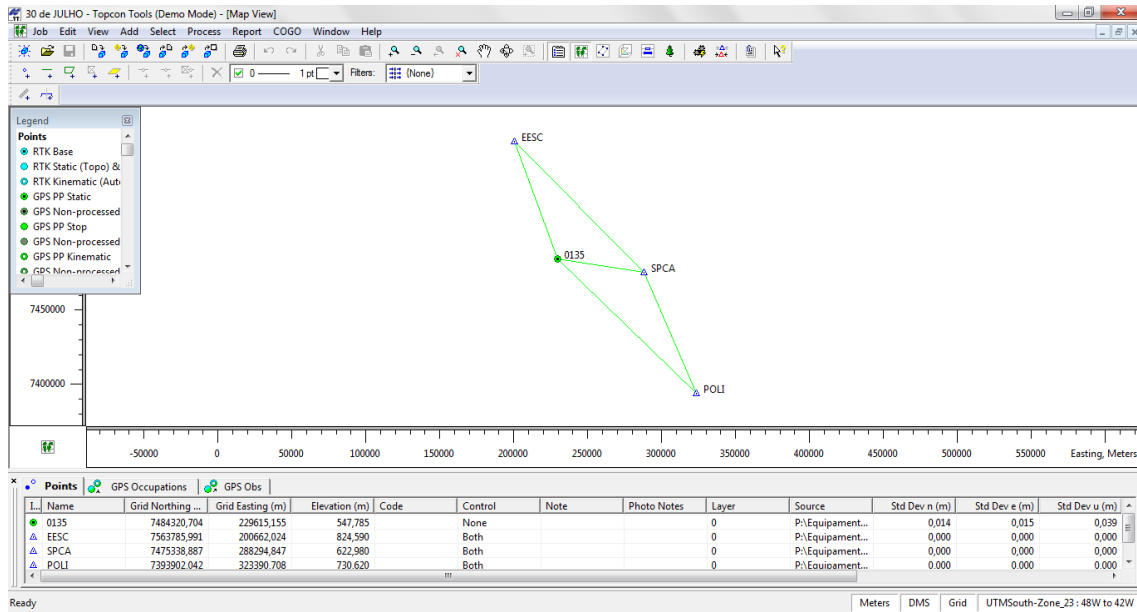
ANEXO 9 – PPP - Iperó

ANEXO 10 – Figura do Processo de Ajustamento da Estação Base de São Pedro através da RBMC

ANEXO 11 - Relatório do Pós-Processamento – São Pedro

ANEXO 12 – PPP – São Pedro

## ANEXO 1 – FIGURA DO PROCESSO DE AJUSTAMENTO DA ESTAÇÃO BASE DE PIRACICABA ATRAVÉS DA RBMC



## ANEXO 2 – RELATÓRIO DO PÓS-PROCESSAMENTO - PIRACICABA



### Project Summary

Project name: **30 de JULHO.ttp**

Surveyor:

Comment:

Linear unit: **Meters**

Projection: **UTMSouth-Zone\_23 : 48W to 42W**

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: **Plane + Height, Constraint**

Confidence level: **68 %**

Number of adjusted points: **4**

Number of plane control points: **3**

Number of used GPS vectors: **5**

A posteriori plane UWE: **0,1609676** , Bounds: ( **0,7237058** , **1,21501** )

Number of height control points: **3**

A posteriori height UWE: **3,667682E-02** , Bounds: ( **0,5958188** , **1,282575** )

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
0135-EE SC	79465,2 90	- 28953,1 33	276,8 05	0,020	0,039
0135-PO LI	- 90418,6 59	93775,5 53	182,8 35	0,025	0,048
0135-SP CA	- 8981,81 9	58679,6 93	75,19 3	0,017	0,033
EESC-S PCA	- 88447,1 06	87632,8 24	- 201,6 08	0,022	0,048

POLI-SP CA	81436,8 43	- 35095,8 60	- 107,6 41	0,018	0,041
---------------	---------------	--------------------	------------------	-------	-------

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
0135-EE SC	79465,2 90	- 28953,1 33	276,8 05	0,020	0,039
0135-PO LI	- 90418,6 59	93775,5 53	182,8 35	0,025	0,048
0135-SP CA	- 8981,81 9	58679,6 93	75,19 3	0,017	0,033
EESC-S PCA	- 88447,1 06	87632,8 24	- 201,6 08	0,022	0,048
POLI-SP CA	81436,8 43	- 35095,8 60	- 107,6 41	0,018	0,041

Control Points				
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
EESC	7563785,991	200662,024	824,590	
POLI	7393902,042	323390,708	730,620	
SPCA	7475338,887	288294,847	622,980	

Adjusted Points				
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
0135	7484320,703	229615,155	547,786	

## ANEXO 3 - PPP – PIRACICABA



## Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

## Sumário do Processamento do marco: 0135

<b>Início</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/07/30 11:38:45,00
<b>Fim</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/07/30 20:30:05,00
<b>Modo de Operação do Usuário:</b>	ESTÁTICO
<b>Observação processada:</b>	CÓDIGO & FASE
<b>Modelo da Antena:</b>	STXS9SA7224V3.NONE
<b>Órbitas dos satélites (IGS)<sup>1</sup>:</b>	RÁPIDA
<b>Frequência processada:</b>	L3
<b>Intervalo do processamento (s):</b>	5,00
<b>Sigma<sup>2</sup>da pseudodistância (m):</b>	2,000
<b>Sigma da portadora (m):</b>	0,015
<b>Altura da Antena<sup>3</sup> (m):</b>	1,824
<b>Ângulo de Elevação (graus):</b>	10,000
<b>Resíduos da pseudodistância (m):</b>	1,71
<b>Resíduos da fase da portadora(cm):</b>	1,18

## Posição Estimada no Sistema de Referência SIRGAS:

	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica (m):
<b>Coordenada Oficial<sup>4</sup> em 2000.4:</b>	-22° 43' 36,5225"	-47° 37' 56,8308"	547,70
<b>Coordenada na data do levantamento<sup>5</sup>:</b>	-22° 43' 36,5175"	-47° 37' 56,8320"	547,70
<b>Sigma<sup>6</sup> (m):</b>	0,002	0,007	0,018
<b>Modelo Geoidal:</b>	MAPGEO2010		
<b>Ondulação Geoidal (m):</b>	-5,45		
<b>Altitude Ortométrica (m):</b>	553,15		

## Precisão esperada para um levantamento estático em metros:

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
<b>Após 3 horas</b>	0,40	0,70	0,05	0,06
<b>Após 6 horas</b>	0,20	0,40	0,02	0,04
<b>Após 24 horas</b>	0,10	0,30	0,01	0,02

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao Desvio Padrão.

<sup>3</sup> Distância do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial é a data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita da data do levantamento para 2000.4, utilizando o modelo VEMOS.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de Início da sessão.

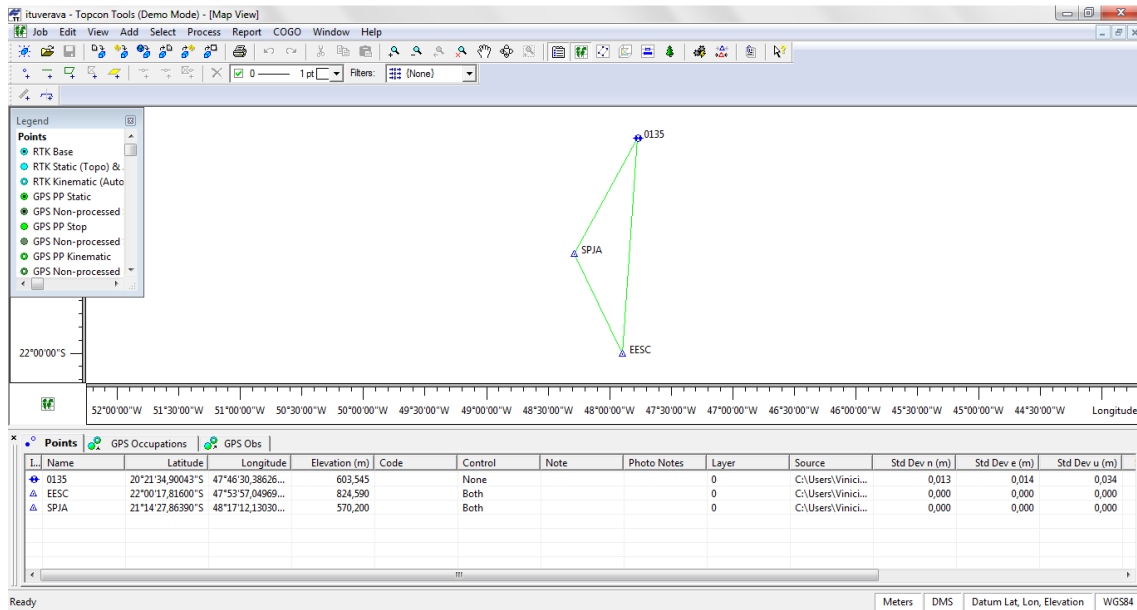
<sup>6</sup> O "Sigma" representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181.

Arquivo gerado [gustavo@metrica.com.br](mailto:gustavo@metrica.com.br)\_01352114.zip\_20130805122741.zip

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan)

## ANEXO 4 – FIGURA DO PROCESSO DE AJUSTAMENTO DA ESTAÇÃO BASE DE ITUVERAVA ATRAVÉS DA RBMC



## ANEXO 5 – RELATÓRIO DO PÓS-PROCESSAMENTO – ITUVERAVA



### Project Summary

Project name: **ituverava.ttp**

Surveyor:

Comment:

Linear unit: **Meters**

Projection: **UTMSouth-Zone\_23 : 48W to 42W**

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: **Plane + Height, Constraint**

Confidence level: **68 %**

Number of adjusted points: **3**

Number of plane control points: **2**

Number of used GPS vectors: **3**

A posteriori plane UWE: **0,3990007** , Bounds: ( **0,5958188** , **1,282575** )

Number of height control points: **2**

A posteriori height UWE: **0,4286063** , Bounds: ( **0,41833** , **1,354622** )

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
0135-EE SC	- 182485, 780	- 9625,87 6	221,0 19	0,033	0,055
0135-SP JA	- 98647,9 09	- 51458,4 82	- 33,32 8	0,024	0,044
EESC-S PJA	83837,8 73	- 41832,6 03	- 254,3 87	0,020	0,042

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
0135-EE SC	- 182485, 780	- 9625,87 6	221,0 19	0,033	0,055
0135-SP JA	- 98647,9 09	- 51458,4 82	- 33,32 8	0,024	0,044
EESC-S PJA	83837,8 73	- 41832,6 03	- 254,3 87	0,020	0,042

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Elevation (Datum) (m)	Code
EESC	22°00'17,8160 0"S	47°53'57,0496 9"W	824,590	
SPJA	21°14'27,8639 0"S	48°17'12,1303 0"W	570,200	

Adjusted Points				
Name	Latitude	Longitude	Elevation (Datum) (m)	Code
0135	20°21'34,9004 3"S	47°46'30,3862 6"W	603,545	

## ANEXO 6 - PPP – ITUVERAVA



## Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

## Sumário do Processamento do marco: 0135

<b>Início</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/07/24 10:58:53,00
<b>Fim</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/07/24 15:59:20,00
<b>Modo de Operação do Usuário:</b>	ESTÁTICO
<b>Observação processada:</b>	CÓDIGO & FASE
<b>Modelo da Antena:</b>	STXS9SA7224V3.NONE
<b>Órbitas dos satélites (IGS)<sup>1</sup>:</b>	PRECISA
<b>Frequência processada:</b>	L3
<b>Intervalo do processamento (s):</b>	1,00
<b>Sigma<sup>2</sup>da pseudodistância (m):</b>	2,000
<b>Sigma da portadora (m):</b>	0,015
<b>Altura da Antena<sup>3</sup> (m):</b>	0,400
<b>Ângulo de Elevação (graus):</b>	10,000
<b>Resíduos da pseudodistância (m):</b>	1,19
<b>Resíduos da fase da portadora(cm):</b>	1,03

## Posição Estimada no Sistema de Referência SIRGAS:

	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica (m):
<b>Coordenada Oficial<sup>4</sup> em 2000.4:</b>	-20° 21' 34,9002"	-47° 46' 30,3866"	603,45
<b>Coordenada na data do levantamento<sup>5</sup>:</b>	-20° 21' 34,8953"	-47° 46' 30,3879"	603,45
<b>Sigma<sup>6</sup> (m):</b>	0,001	0,005	0,009
<b>Modelo Geoidal:</b>	MAPGEO2010		
<b>Ondulação Geoidal (m):</b>	-7,14		
<b>Altitude Ortométrica (m):</b>	610,59		

## Precisão esperada para um levantamento estático em metros:

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
<b>Após 3 horas</b>	0,40	0,70	0,05	0,06
<b>Após 6 horas</b>	0,20	0,40	0,02	0,04
<b>Após 24 horas</b>	0,10	0,30	0,01	0,02

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do Internacional GNSS Service (IGS).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao Desvio Padrão.

<sup>3</sup> Distância do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial é a data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita da data do levantamento para 2000.4, utilizando o modelo VEMOS.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de Início da sessão.

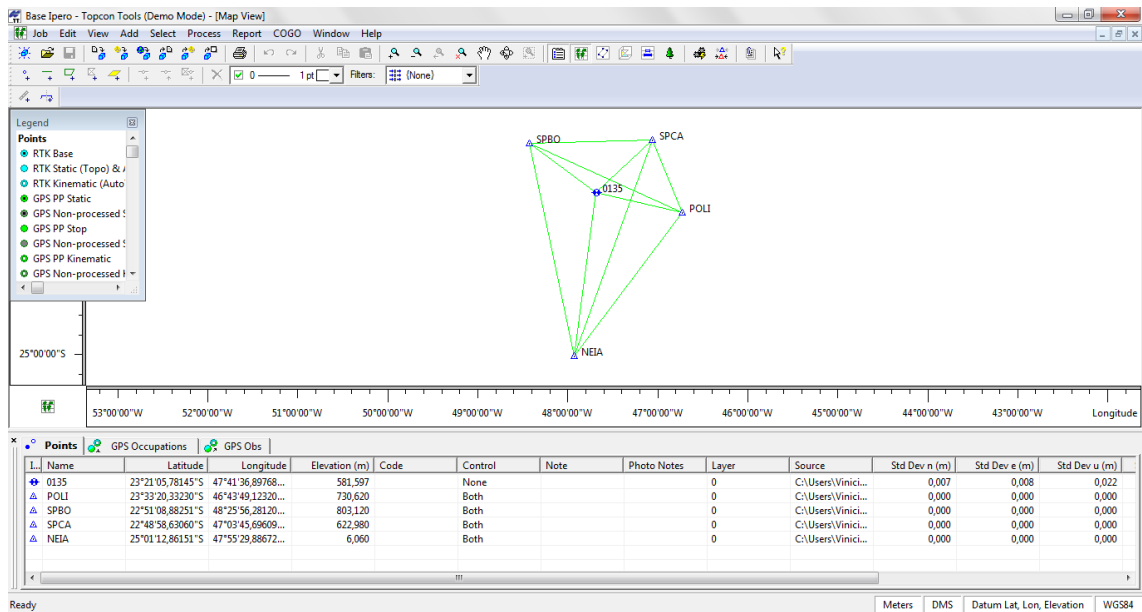
<sup>6</sup> O "Sigma" representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181.

Arquivo gerado [vflier@ig.com.br](mailto:vflier@ig.com.br)\_01352051.zip\_20131110001347.zip

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan)

## ANEXO 7 – FIGURA DO PROCESSO DE AJUSTAMENTO DA ESTAÇÃO BASE DE IPERÓ ATRAVÉS DA RBMC



## ANEXO 8 – RELATÓRIO DO PÓS-PROCESSAMENTO – IPERÓ



### Project Summary

Project name: **Base Ipero.ttp**

Surveyor:

Comment:

Linear unit: **Meters**

Projection: **UTMSouth-Zone\_23 : 48W to 42W**

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: **Plane + Height, Constraint**

Confidence level: **68 %**

Number of adjusted points: **5**

Number of plane control points: **4**

Number of used GPS vectors: **10**

A posteriori UWE: **0,5686657** , Bounds: ( **0,8559163** , **1,125627** )

Number of height control points: **4**

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
0135-NE IA	- 185366, 982	- 19799,9 03	- 575,5 69	0,029	0,058
0135-PO LI	- 21087,5 01	98783,0 75	149,0 52	0,021	0,043
0135-SP BO	53721,2 09	- 76884,2 90	221,5 31	0,020	0,041
0135-SP CA	60349,3 42	63687,2 14	41,36 1	0,019	0,040
NEIA-PO LI	164279, 486	118582, 985	724,6 27	0,028	0,062

NEIA-SP BO	239088, 193	- 57084,3 83	797,0 83	0,037	0,064
NEIA-SP CA	245716, 329	83487,1 25	616,9 19	0,033	0,069
POLI-SP BO	74808,7 08	- 175667, 369	72,46 0	0,030	0,058
POLI-SP CA	81436,8 44	- 35095,8 62	- 107,7 06	0,018	0,041
SPBO-S PCA	6628,13 6	140571, 506	- 180,1 64	0,024	0,051

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
0135-NE IA	- 185366, 982	- 19799,9 03	- 575,5 69	0,029	0,058
0135-PO LI	- 21087,5 01	98783,0 75	149,0 52	0,021	0,043
0135-SP BO	53721,2 09	- 76884,2 90	221,5 31	0,020	0,041
0135-SP CA	60349,3 42	63687,2 14	41,36 1	0,019	0,040
NEIA-PO LI	164279, 486	118582, 985	724,6 27	0,028	0,062
NEIA-SP BO	239088, 193	- 57084,3 83	797,0 83	0,037	0,064
NEIA-SP CA	245716, 329	83487,1 25	616,9 19	0,033	0,069
POLI-SP BO	74808,7 08	- 175667, 369	72,46 0	0,030	0,058

POLI-SP CA	81436,8 44	- 35095,8 62	- 107,7 06	0,018	0,041
SPBO-S PCA	6628,13 6	140571, 506	- 180,1 64	0,024	0,051

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Elevation (Datum) (m)	Code
NEI A	25°01'12,8615 1"S	47°55'29,8867 2"W	6,060	
POLI	23°33'20,3323 0"S	46°43'49,1232 0"W	730,620	
SPB O	22°51'08,8825 1"S	48°25'56,2812 0"W	803,120	
SPC A	22°48'58,6306 0"S	47°03'45,6960 9"W	622,980	

Adjusted Points				
Name	Latitude	Longitude	Elevation (Datum) (m)	Code
0135	23°21'05,7814 5"S	47°41'36,8976 8"W	581,597	

## ANEXO 9 - PPP – IPERÓ



## Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

## Sumário do Processamento do marco: 0135

<b>Início</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/07/31 13:41:50,00
<b>Fim</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/07/31 18:21:15,00
<b>Modo de Operação do Usuário:</b>	ESTÁTICO
<b>Observação processada:</b>	CÓDIGO & FASE
<b>Modelo da Antena:</b>	STXS9SA7224V3.NONE
<b>Órbitas dos satélites (IGS)<sup>1</sup>:</b>	RÁPIDA
<b>Frequência processada:</b>	L3
<b>Intervalo do processamento (s):</b>	5,00
<b>Sigma<sup>2</sup>da pseudodistância (m):</b>	2,000
<b>Sigma da portadora (m):</b>	0,015
<b>Altura da Antena<sup>3</sup> (m):</b>	1,800
<b>Ângulo de Elevação (graus):</b>	10,000
<b>Resíduos da pseudodistância (m):</b>	1,51
<b>Resíduos da fase da portadora(cm):</b>	1,16

## Posição Estimada no Sistema de Referência SIRGAS:

	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica (m):
<b>Coordenada Oficial<sup>4</sup> em 2000.4:</b>	-23° 21' 05,7810"	-47° 41' 36,8966"	581,58
<b>Coordenada na data do levantamento<sup>5</sup>:</b>	-23° 21' 05,7760"	-47° 41' 36,8978"	581,58
<b>Sigma<sup>6</sup> (m):</b>	0,003	0,007	0,021
<b>Modelo Geoidal:</b>	MAPGEO2010		
<b>Ondulação Geoidal (m):</b>	-4,55		
<b>Altitude Ortométrica (m):</b>	586,13		

## Precisão esperada para um levantamento estático em metros:

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
<b>Após 3 horas</b>	0,40	0,70	0,05	0,06
<b>Após 6 horas</b>	0,20	0,40	0,02	0,04
<b>Após 24 horas</b>	0,10	0,30	0,01	0,02

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao Desvio Padrão.

<sup>3</sup> Distância do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial é a data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita da data do levantamento para 2000.4, utilizando o modelo VEMOS.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de Início da sessão.

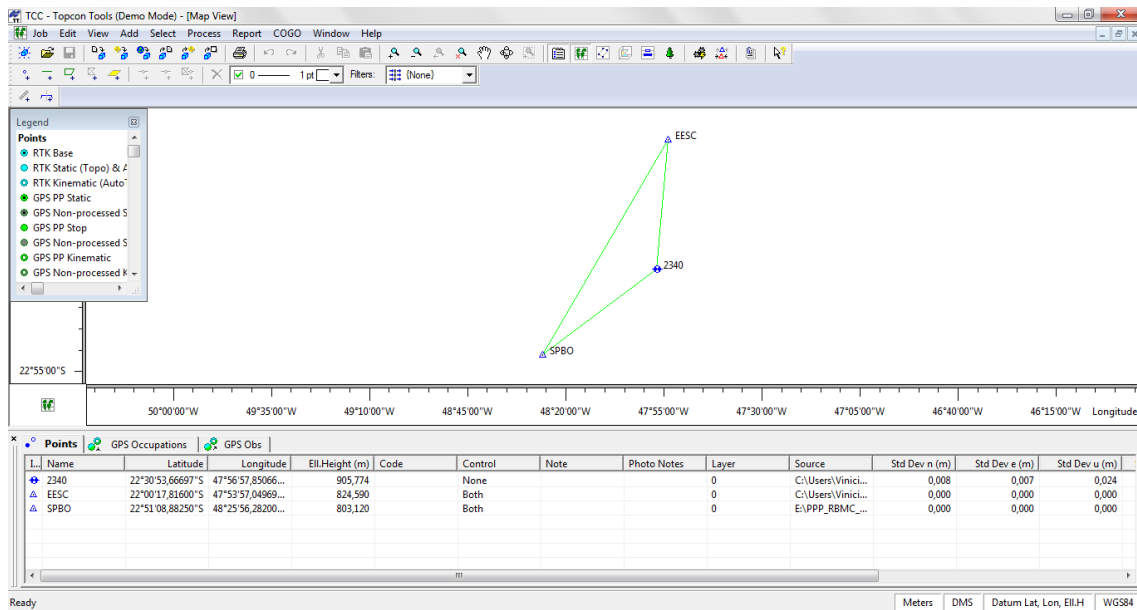
<sup>6</sup> O "Sigma" representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181.

Arquivo gerado [gustavo@metrica.com.br](mailto:gustavo@metrica.com.br)\_01352123.zip\_20130813095610.zip

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan)

## ANEXO 10 – FIGURA DO PROCESSO DE AJUSTAMENTO DA ESTAÇÃO BASE DE SÃO PEDRO ATRAVÉS DA RBMC



## ANEXO 11 – RELATÓRIO DO PÓS-PROCESSAMENTO – SÃO PEDRO



### Project Summary

Project name: **TCC.ttp**

Surveyor: **Filier**

Comment:

Linear unit: **Meters**

Projection: **UTMSouth-Zone\_23 : 48W to 42W**

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: **Plane + Height, Constraint**

Confidence level: **68 %**

Number of adjusted points: **3**

Number of plane control points: **2**

Number of used GPS vectors: **3**

A posteriori plane UWE: **0,4739108** , Bounds: ( **0,5958188** , **1,282575** )

Number of height control points: **2**

A posteriori height UWE: **0,2506815** , Bounds: ( **0,41833** , **1,354622** )

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
2340-EE SC	56600,1 03	4085,97 5	- 81,17 6	0,015	0,033
2340-SP BO	- 38475,1 41	- 48852,7 10	- 102,6 62	0,015	0,034
EESC-S PBO	- 95075,2 44	- 52938,6 83	- 21,47 1	0,021	0,045

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
2340-EE SC	56600,1 03	4085,97 5	- 81,17 6	0,015	0,033
2340-SP BO	- 38475,1 41	- 48852,7 10	- 102,6 62	0,015	0,034
EESC-S PBO	- 95075,2 44	- 52938,6 83	- 21,47 1	0,021	0,045

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
EESC	22°00'17,81600" S	47°53'57,04969" W	824,590	
SPBO	22°51'08,88250" S	48°25'56,28200" W	803,120	

Adjusted Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
2340	22°30'53,66697" S	47°56'57,85066" W	905,774	

## ANEXO 10 - PPP – SÃO PEDRO



## Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

## Sumário do Processamento do marco: 2340

<b>Início</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/09/28 14:05:30,00
<b>Fim</b> (AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS):	2013/09/28 20:17:40,00
<b>Modo de Operação do Usuário:</b>	ESTÁTICO
<b>Observação processada:</b>	CÓDIGO & FASE
<b>Modelo da Antena:</b>	STXS9SA7224V3.NONE
<b>Órbitas dos satélites (IGS)<sup>1</sup>:</b>	RÁPIDA
<b>Frequência processada:</b>	L3
<b>Intervalo do processamento (s):</b>	5,00
<b>Sigma<sup>2</sup>da pseudodistância (m):</b>	2,000
<b>Sigma da portadora (m):</b>	0,015
<b>Altura da Antena<sup>3</sup> (m):</b>	1,580
<b>Ângulo de Elevação (graus):</b>	10,000
<b>Resíduos da pseudodistância (m):</b>	1,14
<b>Resíduos da fase da portadora(cm):</b>	1,47

## Posição Estimada no Sistema de Referência SIRGAS:

	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica (m):
<b>Coordenada Oficial<sup>4</sup> em 2000.4:</b>	-22° 30' 53,6666"	-47° 56' 57,8505"	905,79
<b>Coordenada na data do levantamento<sup>5</sup>:</b>	-22° 30' 53,6615"	-47° 56' 57,8517"	905,79
<b>Sigma<sup>6</sup> (m):</b>	0,003	0,006	0,014
<b>Modelo Geoidal:</b>	MAPGEO2010		
<b>Ondulação Geoidal (m):</b>	-5,90		
<b>Altitude Ortométrica (m):</b>	911,69		

## Precisão esperada para um levantamento estático em metros:

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
<b>Após 3 horas</b>	0,40	0,70	0,05	0,06
<b>Após 6 horas</b>	0,20	0,40	0,02	0,04
<b>Após 24 horas</b>	0,10	0,30	0,01	0,02

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao Desvio Padrão.

<sup>3</sup> Distância do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial é a data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita da data do levantamento para 2000.4, utilizando o modelo VEMOS.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de Início da sessão.

<sup>6</sup> O "Sigma" representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181.

Arquivo gerado [gustavo@metrica.com.br](mailto:gustavo@metrica.com.br)\_23402711.zip\_20131001170809.zip

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

## ANEXO 13 – LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS ONDE AS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA FORAM INSTALADAS

