



**GEOVANI LUIZ DA SILVA SOUZA  
OSWALDO LOPES DA SILVA FILHO**

**IMPLANTAÇÃO DE REDE GEODÉSICA E ALTIMÉTRICA NO  
MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES / MG**

**INCONFIDENTES / MG  
2017**

**GEOVANI LUIZ DA SILVA SOUZA  
OSWALDO LOPES DA SILVA FILHO**

**IMPLANTAÇÃO DE REDE GEODÉSICA E ALTIMÉTRICA NO  
MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES / MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus Inconfidentes*, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientador: Prof. M.e Paulo Augusto Ferreira Borges  
Co-orientador: Prof. M.e Luciano Aparecido Barbosa

**INCONFIDENTES / MG  
2017**

**GEOVANI LUIZ DA SILVA SOUZA  
OSWALDO LOPES DA SILVA FILHO**

**IMPLANTAÇÃO DE REDE GEODÉSICA E ALTIMÉTRICA NO  
MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES / MG**

**Data de aprovação: 25 de outubro 2017**

---

**Orientador: Prof. M.e Paulo Augusto Ferreira Borges  
IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes***

---

**Co-orientador: Prof. M.e Luciano Aparecido Barbosa  
IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes***

---

**Prof.a M<sup>a</sup>. Hérica dos Reis Silva  
IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes.***

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus, pela perseverança na busca de nossos objetivos e pelas oportunidades que nos concede, sabendo que esta não foi a primeira e nem será a última.

Aos nossos pais pela força, pelo apoio e por ser a base de todo nosso esforço nessa caminhada nada fácil.

Aos professores Paulo Borges e Luciano Barbosa, que nos auxiliaram desde no início deste trabalho, sem medir esforços para que o resultado fosse o melhor possível.

A todos nossos amigos, àqueles que direta e indiretamente contribuíram para a conclusão deste projeto.

## **RESUMO**

Uma rede geodésica de qualidade tem grande importância para qualquer município que planeja uma expansão organizada, para um município que hospeda um curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica esta rede teria ainda mais relevância, contribuindo para diversas pesquisas nessa área. Seguindo esse contexto, o trabalho busca materializar uma rede geodésica e altimétrica no Município de Inconfidentes/MG. Visando a melhor qualidade, normas e manuais vigentes no Brasil, como NBRs 13.133 e 14.166 definiram os procedimentos e a tolerâncias nos erros aceitáveis em todo trabalho. Foi elaborado ainda um mapa interativo online contendo todas as informações planimétricas, altimétricas e gravimétricas dos pontos pertencentes a rede, além destas informações também é possível fazer o download de todos os dados brutos coletados na execução deste trabalho.

**Palavras Chave:** Rede Planimétrica, Rede Altimétrica, Rede Gravimétrica, Gravimetria, Nivelamento Geométrico.

## **ABSTRACT**

A quality geodetic is of a great importance to any municipality that plans an organized expansion, even more so for a municipality that hosts a course in surveying and cartographic engineering, contributing to diverse research in this area. Thus, this work aims to materialize a geodesic and altimetric network. Aiming for the best quality, standards and manuals in force in Brazil, as NBRs 13,133 and 14,166, defined the procedures and tolerances in acceptable errors in the whole work. An interactive online map was created containing all the planimetric, altimetric and gravimetric information of the network milestones. Besides this information, it is also possible to download all the data generated in the implementation of the network.

**Keywords:** Planimetric Network, Altimetric Network, Gravimetric Network, Gravimetry, Geometric Leveling.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application Programming Interfaces
BIH	Bureau International de l'Heure
CAD	computer aided design
CHPI	Estação da RBMC Situada em Cachoeira Paulista - SP
DER-MG	Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais
EGM08	Earth Gravitational Model 2008
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FNMA	Fundo Nacional do Meio Ambiente
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Position System
HTML	HyperText Markup Language
IAG-USP	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGE-DEGED	Departamento de Geodésia do IBGE
IGS	International GNSS Service
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ITRF	Internacional Terrestrial Reference Frame
ITRS	Internacional Terrestrial Reference System
MAPGEO2015	Modelo de Ondulação Geoidal – IBGE
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
MTP	Manual Técnico de Posicionamento
NAVSTAR/GPS	Navigation System with Time and Ranging Positioning System
NBR	Norma Brasileira
RAAP	Rede Altimétrica de Alta Precisão
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RINEX2	Receiver Independent Exchange Format
RRNN	Referência de Nível
SAD69	South American Datum 1969
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS2000	Sistema de Referencia Geocêntrico para as Américas
SIRGAS-CON	SIRGAS Operação Contínua
SJSP	Estação da RBMC Situada em São José dos Campos - SP
SPC1	Estação da RBMC Situada em Campinas - SP
SPPI	Estação da RBMC Situada em Piracicaba - SP
UNESP	Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"
UTM	Universal Transversa de Mercator
DN	Diferença de Nível

IFSULDEMINAS	Instituto federal de educação ciencia e tecnologica do sul de Minas
C/A	Aquisition code
DoD	United States Department of Defense
ID	Identificação
NBR	Norma Brasileira
PDOP	Position Dilution of Precision
PPM	Parte por Milhão
SCTUTIL	Scintrex utilities
UFPR	Universidade Federal do Paraná
BRAZ	Estação IGS Brasilia
SAVO	Estação IGS Salvador
RCEF	Estação IGS Recife
SALO	Estação IGS Salvador
DRFT	Estação IGS Distrito Federal
POVE	Estação IGS Porto Velho
ITRF94	International Terrestrial Reference Frame 94
GRS80	Geodetic Reference System 1980
INDE	Infraestrutura de Dados Espaciais

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Superfícies de Referência e Altitudes.	20
Figura 2 - Posicionamento Relativo.	22
Figura 3 - Teste de hipótese com a distribuição $\chi^2$ , caso bicaudal.	29
Figura 4 - Município de Inconfidentes-MG.	33
Figura 5 – Área de expansão urbana do município de Inconfidentes - MG.	33
Figura 6 - Estrutura do Marco de Concreto.	34
Figura 7 - Chapa de aço com a identificação do ponto.	34
Figura 8 - Malha 500x500 metros.	38
Figura 9 - Distribuição inicial dos marcos.	39
Figura 10 - Disposição final dos marcos.	40
Figura 11 - Triangulação RBMC pontos P15 e P20.	41
Figura 12 - Triangulação RBMC pontos P10 e P18.	41
Figura 13 - Trecho da RAAP no sul de Minas Gerais.	43
Figura 14 – Marcos utilizados como apoio para banco.	44
Figura 15 - RRNN 104P encontrado em boa condição.	45
Figura 16 - Percurso do Nivelamento Geométrico para transporte de RRNN.	45
Figura 17 - Imagem do ponto P23 localizado na sapata do Marco 93953 do IBGE.	47
Figura 18 - Rede altimétrica.	48
Figura 19 - Rede Geodésica Ajustada.	53
Figura 20 - Configurações de Descarregamento do gravímetro - A.	64
Figura 21 - Configurações de Descarregamento do gravímetro - B.	64
Figura 22 - Configurações de Descarregamento do gravímetro - C.	65
Figura 23 - Dados gravimétricos .txt	66
Figura 24 - Rede Gravimétrica.	67
Figura 25 – Propriedades da Estação.	68
Figura 26 – Rede Gravimétrica: Transporte.	70
Figura 27 - Tela inicial do mapa iterativo.	77
Figura 28 – Exemplo de Infowindow de um marco.	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características técnicas para posicionamento relativo estático.	23
Tabela 2 - Nivelamento de linhas ou circuitos e seções	24
Tabela 3 - Nivelamento de linhas ou circuitos e seções.	46
Tabela 4 - Marcos de Precisão da Rede.	51
Tabela 5 – Coordenadas UTM obtidas com o Processamento.	54
Tabela 6 - Dados obtidos pelo nivelamento e contranivelamento geométrico.	55
Tabela 7 - Análise de qualidade das observações.	56
Tabela 8 - Altitudes niveladas ajustadas e precisões.	58
Tabela 9 - teste de valor de condicionamento da matriz peso.	59
Tabela 10 – Observações da rede altimétrica.	59
Tabela 11 - Teste de valor de condicionamento da matriz peso para o novo ajustamento.	61
Tabela 12 - Altitudes encontradas após nivelamento da rede.	61
Tabela 13 – Comparação entre rotinas para validação do ajustamento do transporte.	62
Tabela 14 – Comparação entre rotinas para validação do ajustamento da rede altimétrica.	63
Tabela 15 - Valores de “g” obtidos com processamento da poligonal gravimétrica.	69
Tabela 16 – Cálculo altitude ortométrica para transporte da RN.	72
Tabela 17 – Cálculo do valor $\Delta C_i$ para a rede municipal.	73
Tabela 18 – Cálculo da altitude Ortométrica de Helmert para rede municipal.	74
Tabela 19 - Comparação entre altitude ortométrica de Helmert e altitude nivelada.	75
Tabela 20 - Comparação entre altitude ortométrica de Helmert e altitude ortométrica obtida com MAPGEO2015.	76

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
3.1	SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB) .....	14
3.1.1	Rede geodésica.....	17
3.2	POSICIONAMENTO RELATIVO ESTÁTICO .....	22
3.3	NIVELAMENTO GEOMÉTRICO .....	23
3.4	AJUSTAMENTO DE OBSERVAÇÕES .....	25
3.4.1	Método Paramétrico .....	25
3.4.2	Análise da Qualidade do Ajustamento .....	28
3.5	MARCO GEODÉSICO .....	29
3.5.1	Marco Geodésico de Precisão .....	30
3.5.2	Marco Geodésico de Apoio Imediato.....	30
3.6	REFERÊNCIA DE NÍVEL .....	30
3.6.1	Referência de Nível de Precisão.....	30
3.6.2	Referência de Nível de Apoio Imediato .....	31
<b>4</b>	<b>MATÉRIAS E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDO .....	32
4.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	34
4.2.1	Softwares Utilizados .....	35
4.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	37
4.3.1	Implantação da Rede Planimétrica Municipal .....	37

4.3.2	Implantação de Rede Altimétrica Municipal .....	43
4.3.3	Implantação da rede Gravimétrica .....	49
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
5.1	REDE PLANIMÉTRICA .....	51
5.2	REDE ALTIMÉTRICA.....	54
5.2.1	Validação da Rotina do Ajustamento.....	62
5.3	REDE GRAVIMÉTRICA .....	63
5.4	CALCULO DA ALTITUDE ORTOMÉTRICA DE HELMERT ( $H^H$ ) .....	70
5.5	DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS .....	76
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>APENDICES .....</b>	<b>84</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>131</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Diante do crescimento populacional e da expansão urbana acelerada dos municípios, é importante que exista uma referência para o planejamento desse desenvolvimento (NBR 14166). Se faz necessária a implantação de uma base geodésica e altimétrica de qualidade, que possua dados planimétricos, altimétricos e, para um banco de dados completo, dados gravimétricos também são importantes. Uma forma de suprir essa necessidade seria uma rede com pontos materializados distribuídos adequadamente pelo território e que disponibilizasse tais informações dando o suporte necessário para o município planejar sua expansão.

Segundo a definição de Teixeira e Ferreira (2003) sobre uma rede geodésica, pode-se perceber a importância da implantação de tal trabalho em todos os municípios, para que um crescimento ordenado possa acontecer e todos os trabalhos envolvidos na região, mesmo que realizados por profissionais diferentes e sem contato entre eles, possam seguir uma mesma rede de referência e assim serem utilizados em conjunto caso necessário.

A criação de uma rede de referência municipal é destinada a apoiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais; amarrar todos os serviços de topografia, visando incorporar as plantas cadastrais do município; referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários (ABNT, 1998).

O nivelamento geométrico é essencial para agregar informações à rede, pois a combinação de dados de altitudes niveladas com dados gravimétricos resulta em altitudes ortométricas (GEMAEL, 2002), teoricamente, mais precisos do que os encontrados quando se utiliza modelos de geopotencial como o EGM08 (Earth Gravitational Model 2008) ou o MAPGEO2015, que disponibilizam a ondulação geoidal da posição de interesse.

Contudo, cada município tem suas características próprias: população, economia, localização geográfica, sendo assim se faz necessário um planejamento específico para cada caso e, em especial, para o Município de Inconfidentes/MG, tendo uma grande importância na área de estudos e pesquisas, pois o IFSULDEMINAS (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais) com sede nesse município, oferta o curso de Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

A partir da importância da implantação de uma rede geodésica o trabalho tem como objetivo a criação de uma rede para o Município de Inconfidentes/MG. Para tal, foi necessário um planejamento, dividido em 3 partes distintas: rede planimétrica, rede altimétrica e por fim uma rede gravimétrica, ao final, resultam numa rede planialtimétrica com dados gravimétricos associados e com informações disponíveis para toda comunidade através de um mapa interativo online.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Implantar uma rede geodésica: planimétrica, altimétrica e gravimétrica para o Município de Inconfidentes/MG.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Gerar uma malha para definir a localização dos marcos no município;
- Materializar e ocupar os marcos para coleta de dados GNSS (Global Navigation Satellite System);
- Processar os dados GNSS da rede geodésica;
- Analisar o estado atual da rede altimétrica IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística);
- Transportar a referência de nível até a rede implantada no município;
- Encontrar as diferenças de nível da rede municipal;
- Realizar a coleta e processamento de dados obtidos com o gravímetro;
- Associar os dados gravimétricos aos dados obtidos com nivelamento a fim de se obter as altitudes ortométricas dos marcos da rede;
- Gerar a monografia dos marcos com os dados planimétricos, altimétricos e gravimétricos;

- Gerar um mapa interativo para acesso livre às informações da rede.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB)**

O SGB é o conjunto de pontos geodésicos materializados no território brasileiro, ao qual estão referidas todas as informações espaciais do Brasil, quaisquer que sejam sua finalidade (VASCONCELLOS, 2003).

Para o desenvolvimento das atividades geodésicas, é necessário o estabelecimento de um sistema geodésico que sirva de referência ao posicionamento no território nacional. A materialização deste sistema de referência, através de estações geodésicas distribuídas adequadamente pelo país, constitui-se na infraestrutura de referência a partir da qual os novos posicionamentos são efetuados (BRASIL, 2005).

Segundo o IBGE (2017), o SGB tem seu desenvolvimento composto pelas redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica, e pode ser dividido em duas fases distintas: uma anterior e outra posterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais com fins de posicionamento GNSS. No Brasil, essa tecnologia possibilitou, além de outros trabalhos, a expansão do SGB à região amazônica, permitindo o estabelecimento da estrutura de apoio ao mapeamento sistemático daquela área.

Inicialmente, na década de 70, eram observados os satélites do Sistema TRANSIT. No fim da década de 80, o IBGE, através do seu Departamento de Geodésia, criou o projeto GPS (Global Position System com o intuito de estabelecer metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do Sistema NAVSTAR/GPS (Navigation System with Time and Ranging Positioning System), sistema desenvolvido pelo Departamento de

Defesa dos EUA (DoD), que se apresentava como uma evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então usados, mostrando-se amplamente superior nos quesitos rapidez e economia de recursos humanos e financeiros (IBGE, 2017).

O Sistema Geodésico Brasileiro é definido pelo anexo da resolução PR N°22, de 21 de julho de 1983 como um conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país - pontos estes que são determinados por procedimentos operacionais com coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatíveis com as finalidades a que se destinam.

O datum planimétrico adotado atualmente no Brasil por resolução do IBGE é o SIRGAS2000 e o datum altimétrico é fornecido pelo marégrafo de Imbituba (SC).

Podem-se classificar as redes geodésicas do SGB em três tipos: planimétrica, a qual é definida por um conjunto de marcos com coordenadas planimétricas, latitude e longitude de alta precisão; altimétrica, responsável por fornecer altitude ortométrica de alta precisão para os marcos definidores dessa rede; e gravimétrica a qual fornece informações gravimétricas desses pontos (SILVA; LIMA; COSTA, 2008).

### 3.1.1 Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS

Diferentemente dos sistemas Córrego Alegre (CA) e SAD 69 que são topocêntricos, ou seja, tem seu ponto de origem e orientação na superfície terrestre, a definição/orientação do SIRGAS2000 é geocêntrica. Isto significa que esse sistema adota um referencial que tem a origem dos seus três eixos cartesianos localizada no centro de massa da Terra. Além disso, as redes de referência que materializam esses sistemas foram determinadas com técnicas de posicionamento diferentes. Enquanto que no caso do CA e SAD 69 foram utilizadas basicamente técnicas clássicas (triangulação e poligonação), no SIRGAS2000 foram empregados os sistemas globais de navegação (posicionamento) por satélites – GNSS, o que confere uma precisão superior às técnicas mais antigas (IBGE, 2017).

O SIRGAS tem sua definição idêntica ao *International Terrestrial Reference System* (ITRS) e sua realização é uma densificação regional do *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) (SIRGAS, 2016).

Segundo o site SIRGAS (2017), em resumo, a primeira realização do SIRGAS (SIRGAS95) corresponde ao ITRF94, época 1995,4, dada por uma rede GPS de alta precisão com 58 estações distribuídas ao longo da América do Sul. Tendo sido reocupada em 2000,

estendendo-se então para o Caribe e América Central e do Norte, por esta razão, o significado original do SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul) mudou para Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas. A segunda forma de realização de SIRGAS (SIRGAS2000) inclui 184 estações e corresponde ao ITRF2000, na época 2000,4. A precisão das coordenadas destes dois modos de realização é entre  $\pm 3$  e 6 mm.

Em sua terceira realização denominada SIRGAS Operação Contínua (SIRGAS-CON), é composto atualmente por cerca de 400 estações de operação contínua GNSS, dos quais 59 pertencem rede global IGS (SIRGAS, 2016).

A determinação precisa das coordenadas utilizando técnicas de posicionamento GNSS, exige que as redes geodésicas utilizadas estejam associadas ao mesmo quadro de referência em que as órbitas dos satélites são calculadas. Atualmente, usa-se globalmente o ITRF (International Terrestrial Reference Frame), que é densificada na América Latina através do SIRGAS. Assim, a utilização adequada e otimização das técnicas de GNSS (como GPS ou GLONASS) na região, depende necessariamente do uso do SIRGAS e do quadro nacional de densificação (SIRGAS, 2016).

O SIRGAS é uma camada fundamental na Infraestrutura de Dados Espaciais sendo a base para todas as atividades que necessitam de apoio na geração e aplicação de dados georreferenciados (SIRGAS, 2016).

### 3.1.1.1 Caracterização do SIRGAS2000

Os dados de caracterização do SIRGAS foram retirados da resolução PR Nº1, de 25 de fevereiro de 2005 IBGE, que estabelece como novo sistema de referência geodésico para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000).

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional - ITRS (*International Terrestrial Reference System*);
- Figura geométrica para a Terra: Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (*Geodetic Reference System 1980 – GRS80*);

Semi-eixo maior  $a = 6.378.137$  m;

Achatamento  $f = 1/298,257222101$ .

- Origem: Centro de massa da Terra;

- Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em  $\pm 0,005''$  com as direções definidas pelo BIH (*Bureau International de l'Heure*), em 1984,0;
- Época de Referência das coordenadas: 2000,4;
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.

### 3.1.2 Rede Geodésica

Uma rede geodésica é constituída por um conjunto de pontos materializados no terreno, com suas posições referenciadas a um sistema de coordenadas. As medições geodésicas, como por exemplo, observações de distâncias e direções, feitas nestes pontos, permitem a determinação de suas posições mediante um ajustamento de observações, determinando-se suas respectivas estimativas de precisão (TEIXEIRA; FERREIRA, 2003).

Essas Redes são utilizadas nos mais diversos ramos da Ciência e da Engenharia, como por exemplo, materialização de sistemas geodésicos de referência, no monitoramento de deformações de estruturas, em cadastros técnicos rurais e urbanos, locação de obras de engenharia, no monitoramento de fenômenos da natureza dinâmica sobre a superfície terrestre, entre outros (KLEIN et al., 2012).

#### 3.1.2.1 Rede planimétrica

No contexto global, existe uma rede GPS denominada IGS (International GNSS Service), no Brasil as estações da UFPR (Paraná), CHPI (Cachoeira Paulista), BRAZ (Brazília), SAVO (Salvador), RECF (Recife), SALU (São Luis), BRFT (Fortaleza) e POVE (Porto Velho) fazem parte da rede IGS. Na América do Sul, o projeto SIRGAS, estabeleceu uma rede de pontos de alta precisão com o GPS, com os objetivos de definir um sistema de referência para o continente sul-americano e estabelecer um datum geocêntrico. Posteriormente o projeto foi estendido a todo o continente americano (VASCONCELLOS, 2003).

No Brasil, está em operação desde 1997 a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), resultado de um convênio entre a EPUSP (Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo) e a FNMA (Fundo Nacional do Meio Ambiente) e da colaboração do IBGE-DEGED (Departamento de Geodésia do IBGE), que idealizou e detém a responsabilidade operacional da rede. A implantação de redes estaduais, com as coordenadas de seus vértices vinculadas à RBMC, tem sido do interesse de órgãos governamentais e de entidades e empresas que necessitem de apoio geodésico para atividades de engenharia em geral, tais como a construção de estradas, de barragens, de cartas topográficas, de obras civis, de linhas de transmissão, etc (IBGE, 2017). Esta rede possui informações planimétricas (latitude e longitude) bem como altimétricas (altitude elipsoidal).

Uma rede que se caracteriza apenas como planimétrica tem como objetivo principal a determinação precisa das coordenadas planimétricas, porém, com a utilização dos dispositivos de posicionamento GNSS, além de tais coordenadas obtém-se também uma altitude geométrica, também chamada de altitude geodésica ou elipsoidal, que devido ao fato de estar referenciada ao elipsoide, esta por sua vez, tem cunho apenas geométrico (VASCONCELLOS, 2003).

#### 3.1.2.1.1 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC

A utilização da tecnologia GNSS provocou uma verdadeira revolução nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica. À medida que as técnicas de posicionamento evoluem, diversas aplicações em tempo real e pós-processado têm surgido, tornando o papel da RBMC cada vez mais amplo (IBGE, 2017).

Nas aplicações geodésicas e topográficas do GNSS, se utiliza o método relativo, que consiste em ao menos uma estação de coordenadas conhecidas ser ocupada simultaneamente à ocupação dos pontos de interesse. As estações da RBMC desempenham o papel do ponto de coordenadas conhecidas pertencentes ao SGB. Os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando assim observações de grande qualidade e confiabilidade (IBGE, 2017).

De acordo com o IBGE (2017), as estações da RBMC são materializadas através de pinos de centragem forçada, especialmente projetados, e cravados em pilares estáveis. A maioria dos receptores da rede possui a capacidade de rastrear satélites das constelações GPS e GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema), enquanto alguns rastreiam apenas GPS. Esses receptores coletam e armazenam continuamente as observações

do código e da fase das ondas portadoras transmitidos pelos satélites das constelações GPS e/ou GLONASS. É importante ressaltar que cada estação possui um receptor e antena geodésica, conexão de internet e fornecimento constante de energia elétrica que possibilita a operação contínua da estação.

Ainda segundo o IBGE (2017), a grande vantagem da RBMC é que todas as suas estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS, cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de  $\pm 5$  mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo. Outro papel importante da RBMC é que suas observações vêm contribuindo, desde 1997, para a densificação regional da rede do IGS, garantindo uma melhor precisão dos produtos do IGS – tais como órbitas precisas – sobre o território brasileiro.

A operação das estações da RBMC é totalmente automatizada. As observações são organizadas, ainda na memória do receptor, em arquivos diários, correspondendo a sessões iniciando às 00h 01min e encerrando às 24h 00min (tempo universal), com intervalo de rastreamento de 15 segundos (IBGE, 2017).

Uma vez encerrada uma sessão, os arquivos com as respectivas observações são transferidos do receptor para o Centro de Controle da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS - RBMC - Kátia Duarte Pereira, na Coordenação de Geodésia (Rio de Janeiro-RJ). A partir deste ponto são criados novos arquivos em formato padrão RINEX2, nos quais é realizado um controle de qualidade das observações. Em seguida os arquivos de dados RINEX2 e as órbitas transmitidas são compactados e disponibilizados na área de download do portal do IBGE (IBGE, 2017). Disponível em [https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm).

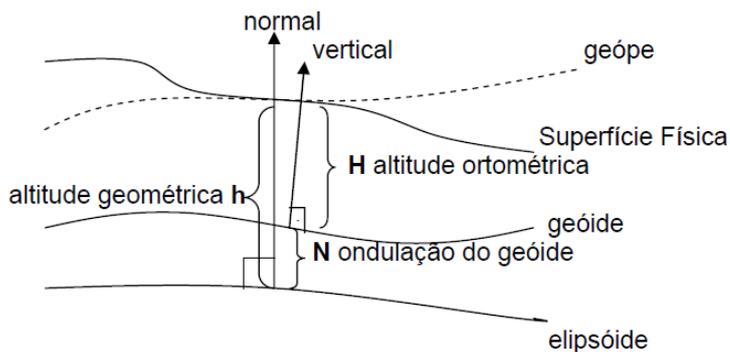
### 3.1.2.2 Rede altimétrica

Uma rede caracterizada altimétrica deve possuir informações altimétricas (altitude elipsoidal e/ou altitude ortométrica) confiáveis. Com o avanço da tecnologia de posicionamento GNSS, as referências planimétricas e altimétricas são encontradas com grande precisão e facilidade, porém, esses valores são referentes ao elipsoide e como resultado apresentam altitudes geométricas, continuando assim com a necessidade de se buscar a obtenção de altitudes ortométricas (ARANA, 2000).

A altitude ortométrica pode ser descrita como a distância contada sobre uma linha vertical entre um ponto na superfície física terrestre e o geoide. Esta altitude tem significado

físico e é utilizada em obras de engenharia, diferentemente da altitude geométrica que tem significado puramente geométrico. Sendo o geóide uma superfície equipotencial do campo gravitacional terrestre, em uma primeira aproximação é aquela que mais se aproxima ao nível médio dos mares não perturbado (ARANA, 2000).

Figura 1 – Superfícies de Referência e Altitudes.



Fonte: ARANA, 2000.

Diversas técnicas são empregadas para a determinação da altitude ortométrica e segundo Arana (2009), estão entre elas: nivelamento geométrico associado a gravimetria, ou o posicionamento GNSS em pontos onde se é conhecida a ondulação (N) do geóide.

Além da gravimetria, existem modelos de geopotencial que calculam a ondulação geoidal, o mais atual é o EGM08 que opera a nível mundial, e a nível nacional, tem-se o MAPGEO2015. Esses dois modelos determinam a ondulação geoidal, mas por terem uma área de cobertura extensa podem fornecer dados com precisões que não sejam satisfatórias para determinados trabalhos (PAVLIS et al, 2012).

### 3.1.2.2.1 Rede Altimétrica de Alta Precisão do IBGE – RAAP

Com o início de seu desenvolvimento em 1945 a Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) é a estrutura de referência vertical do SGB, possui atualmente cerca de 69000 RRNN (referencias de nível) ao longo de rodovias e ferrovias brasileiras, correspondendo a mais de 160 mil quilômetros de duplo caminamento de nivelamento geométrico (LUZ; GUIMARÃES, 2001).

Em 1958, o Datum de Torres foi substituído pelo Datum de Imbituba, definido pela estação maregráfica do porto da cidade de mesmo nome, em Santa Catarina. Tal

substituição possibilitou uma sensível melhoria de definição do sistema de altitudes, uma vez que a estação de Imbituba contava na época com nove anos de observações, bem mais que o alcançado pela estação de Torres (IBGE, 2017).

Além da determinação de desníveis em campo, é necessária realizar análises e cálculos para extrair dos dados o melhor valor para a altitude de determinada Referência de Nível, em um processo denominado ajustamento. A Rede Altimétrica passou por diversos processos de ajustamento, conforme seu desenvolvimento e ferramentas de cálculos disponíveis a cada época. O último ajustamento não simultâneo para toda rede aconteceu no início da década de 90. No início de 2005, foi iniciado um ajustamento simultâneo, concluído em maio e disponibilizado em junho de 2011 (IBGE, 2017).

O processo permitiu a determinação de novas altitudes para todas as RRNN, passando a incluir estações que anteriormente tinham valores preliminares, e incluiu também cerca de 12 mil estações cujos dados ainda não tinham sido processados. As diferenças entre os registros atualizados e as altitudes anteriores variaram até 71 cm (IBGE, 2017).

### 3.1.2.3 Rede gravimétrica

Os levantamentos gravimétricos são baseados em medidas das variações do campo da gravidade da Terra, portanto, a gravimetria consiste de um conjunto de técnicas que tem por finalidade a medida da intensidade da gravidade. Ela exerce fundamental importância sobre os levantamentos geodésicos, principalmente entre as componentes geométricas dadas pelas técnicas de posicionamento, como por exemplo, a altitude elipsoidal e as componentes físicas dadas pelo campo gravitacional da Terra, como por exemplo, altitude “ortométrica” (FERREIRA, 2007).

Pode-se considerar dois casos de medida do valor da gravidade: determinações absolutas que proporcionam diretamente o valor da gravidade, e determinações relativas que exigem a ocupação de duas estações determinando a diferença de gravidade entre as duas (desnível gravimétrico) (FERREIRA, 2007).

Como citado por Ferreira (2007), pode-se evidenciar a importância da determinação da gravidade em alguns aspectos como:

- Cálculos das anomalias da gravidade, com as quais é possível determinar as componentes do desvio da vertical e da altura geoidal;

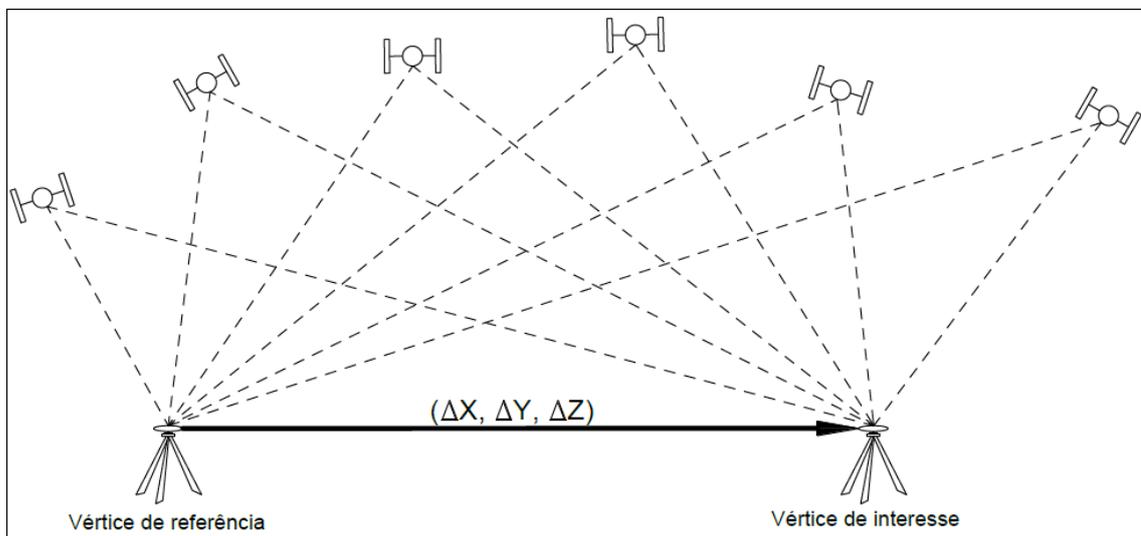
- O módulo da gravidade é de fundamental importância juntamente com o nivelamento geométrico na determinação de altitudes com significado físico como a normal e “ortométrica”;
- Auxílio na prospecção mineral, modelagem geofísica e estrutura da Terra.

Desde 2006 o IBGE executa campanhas de levantamentos gravimétricos sobre as linhas principais de nivelamento, com a finalidade de auxiliar no cálculo das altitudes ortométricas e facilitar a conexão da Rede Altimétrica Brasileira com as Redes dos países vizinhos (IBGE, 2017).

### 3.2 POSICIONAMENTO RELATIVO ESTÁTICO

O posicionamento relativo foi o método utilizado para a coleta dos dados referentes a rede planimétrica e este consiste em determinar as coordenadas do vértice de interesse a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. Neste caso é necessário que dois ou mais receptores GNSS coletem dados simultaneamente, onde ao menos um dos receptores ocupe um vértice de referência como mostrado na Figura 2 (INCRA, 2013).

Figura 2 - Posicionamento Relativo.



Fonte: INCRA, 2017.

De acordo com MTP (Manual Técnico de Posicionamento) (INCRA, 2013), no posicionamento relativo estático, tanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de referência quanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de interesse deve permanecer estacionado (estáticos) durante

tudo o levantamento. Neste método, a sessão de rastreamento se estende por um longo período. Recomenda-se observar os valores constantes na tabela 1.

Tabela 1 – Características técnicas para posicionamento relativo estático.

Linha de Base (km)	Tempo Mínimo (minutos)	Observáveis	Solução da Ambiguidade	Efemérides
0 – 10	20	L1 ou L1/L2	Fixa	Transmitidas ou Precisas
10 – 20	30	L1/L2	Fixa	Transmitidas ou Precisas
10 – 20	60	L1	Fixa	Transmitidas ou Precisas
20 – 100	120	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Transmitidas ou Precisas
100 – 500	240	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Precisas
500 – 1000	480	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Precisas

Fonte: INCRA.

### 3.3 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Segundo a NBR 13133, nivelamento geométrico (ou nivelamento direto) é o método que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

A tabela 2 apresenta as características de cada classe de nivelamento.

Tabela 2 - Nivelamento de linhas ou circuitos e seções

Classe	Metodologia	Desenvolvimento			Tolerância de Fechamento
		Extensão máxima	Lance Mínimo	Lance Máximo	
IN	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas equidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.	10km	15m	80m	12mm $\sqrt{K}$
IIN	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2, utilizando miras dobráveis centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo.	10 km	80 m	15 m	20 mm $\sqrt{K}$
IIIN	Nivelamento trigonométrico a ser realizado através de medidas de distâncias executadas com medidor eletrônico de distância - MED - leituras recíprocas (vante e ré) em uma única série, ou medidas de distâncias executadas à trena de aço devidamente aferida, com controle estadimétrico de erro grosseiro, leituras do ângulo vertical conjugadas, direta e inversa, em uma série direta e inversa, com teodolito classe 2 ou estação total classe 2.	10 km 5 km	500 m 300 m	40m 30 m	0,15 m $\sqrt{K}$ 0,20 m $\sqrt{K}$
IVN	Nivelamento taqueométrico a ser realizado através de leitura dos três fios sobre miras centimétricas, devidamente aferidas, providas IVN de prumo esférico, leitura vante e ré, leitura do ângulo vertical simples, com correção de PZ ou de índice obtida no início e no fim da jornada de trabalho, por leituras conjugadas, direta e inversa, com teodolito classe 1.	5 km 2 km	150 m 150 m	30 m 30 m	0,30 m $\sqrt{K}$ 0,40 m $\sqrt{K}$

Fonte: Adaptado de NBR 13133.

- a) Classe IN - Nivelamento geométrico para implantação de referências de nível (RN) de apoio altimétrico;
- b) Classe IIN - Nivelamento geométrico para determinação de altitudes ou cotas em pontos de segurança (PS) e vértices de poligonais para levantamentos topográficos destinados a projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia;
- c) Classe IIIN - Nivelamento trigonométrico para determinação de altitudes ou cotas em poligonais de levantamento, levantamento de perfis para estudos preliminares e/ou de viabilidade em projetos;
- d) Classe IVN - Nivelamento taqueométrico destinado a levantamento de perfis para estudos expeditos.

### 3.4 AJUSTAMENTO DE OBSERVAÇÕES

Como em muitas outras ciências, a Geodésia se utiliza de observações experimentais para estimar parâmetros incógnitos que representam alguma realidade física que seja objeto de estudo. O ajustamento tem por objetivo uma solução única para problemas onde o número de observações é redundante e o sistema de equações inconsistentes, bem como a estimativa da solução adotada (COLLISCHONN, 2013).

Segundo Camargo (2000), a inconsistência do sistema de equações se deve às flutuações probabilísticas das observações, e faz com que um determinado subconjunto de dados proporcione valores diferentes de outro subconjunto. A solução única é dada pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) desenvolvido independentemente por Gauss (1795) e Legendre (1805).

Para a aplicação do MMQ é necessário ter redundância nas observações, e estas por sua vez podem estar sujeitas a erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros, porém para a aplicação deste método apenas os erros aleatórios podem estar presentes, considerando que esses, na verdade, são as próprias flutuações probabilísticas (CAMARGO, 2000).

#### 3.4.1 Método Paramétrico

O ajustamento de observações pode ser aplicado em observações diretas e indiretas. O Ajustamento por observações indiretas ou Método Paramétrico, é aplicado quando se objetiva determinar valores para incógnitas que se vinculam com as observações através de equações. As equações que relacionam os valores observados com os parâmetros (incógnitas) são conhecidas como equações de observação (NAZARENO, 2012).

Neste método cada observação proporciona uma equação, denotando-se por “n” o número total de observações, tem-se então “n” equações. As equações serão dispostas de forma que se possa explicitar cada observação em função dos parâmetros envolvidos, estes denominados “u” (CAMARGO, 2000).

O modelo matemático para o método paramétrico é dado por:

$$L_{\alpha} = F(X_{\alpha}) \quad (1)$$

Onde:

$L_{\alpha}$  = Vetor das observações ajustadas (dimensão  $n \times 1$ );

$X_{\alpha}$  = Vetor dos parâmetros ajustados (dimensão  $u \times 1$ );

$F$  = Função que relaciona  $L_{\alpha}$  e  $X_{\alpha}$ , podendo ser linear ou não.

Para o caso de ajustamento de observações tratado nesse trabalho, o sistema é sempre linear com relação aos parâmetros.

A solução do ajustamento das observações pode ser obtida por meio da expressão:

$$X = -(A^T P A)^{-1} (A^T P L) \quad (2)$$

e

$$X_{\alpha} = X_0 + X \quad (3)$$

Onde:

$X_0$  = é o vetor de parâmetros arbitrado no início do processo (dimensão  $u \times 1$ );

$X_{\alpha}$  = Vetor dos parâmetros ajustados (dimensão  $u \times 1$ );

$X$  = é o vetor de correções aos parâmetros, estimado no ajustamento (dimensão  $u \times 1$ );

$L_{\alpha}$  = Vetor das observações (dimensão  $n \times 1$ );

$A$  = Matriz das derivadas parciais (dimensão  $n \times u$ );

$P$  = Matriz dos pesos das observações.

O vetor  $L$  é obtido por:

$$L = L_0 - L_b \quad (4)$$

$$L_0 = F(X_0) \quad (5)$$

Onde:

$L_b$  = Vetor de observações (dimensão  $n \times 1$ ).

Como o sistema de equações para o ajustamento da rede é linear em relação aos parâmetros, não é necessário um vetor de parâmetros aproximados bem como iterações até que o ajustamento apresente solução convergente, o que permite que a solução do mesmo seja obtida diretamente.

Se o modelo é linear, pode-se escrever:

$$V = A X + L \quad (6)$$

Se o modelo é linear e  $L_0 = 0$ , tem-se que:

$$V = A X - L_b \quad (7)$$

Dessa forma, como o sistema de equações já é inicialmente linear em relação aos parâmetros, as derivadas parciais das equações de observações, em relação aos parâmetros, e aplicadas ao vetor  $X_0$ , resultam na matriz  $A$ .

Uma vez obtido o vetor de correções aos parâmetros aproximados ( $X$ ), pode-se obter o vetor de resíduos ( $V$ ), através do modelo matemático linearizado do método paramétrico, apresentado na equação 6. E, a partir dela, calcular as observações ajustadas ( $L_a$ ):

$$L_a = L_b + V \quad (8)$$

Para iniciar o ajustamento é necessário se conhecer a matriz dos pesos das observações  $P$ :

$$P = \sigma_0^2 \Sigma_{L_b}^{-1} \quad (9)$$

Onde:

$\sigma_0^2$  = Fator de variância “a priori” (arbitrado);

$\Sigma_{L_b}^{-1}$  = Matriz variância-covariância das observações (dimensão  $n \times n$ ).

Segundo Camargo (2000), o fator de variância  $\sigma_0^2$  é dito a priori e costuma ser arbitrado pelo calculista, pois este valor não tem influência no vetor das incógnitas. A influência de  $\sigma_0^2$  recai sobre a matriz dos coeficientes das equações normais.

Segundo Farret, et al (2006), a matriz das variâncias e covariâncias dos parâmetros ajustados se obtêm multiplicando a variância a posteriori  $\hat{\sigma}_0^2$ , pela inversa da matriz N.

$$\Sigma_{x^a} = \hat{\sigma}_0^2 N^{-1} \quad (10)$$

Para maior detalhamento do método consultar Camargo (2000) e Nazareno (2012).

### 3.4.2 Análise da Qualidade do Ajustamento

Para se verificar a qualidade do ajustamento no Método Paramétrico, aplica-se o teste de hipótese para verificar se estatisticamente o *sigma a priori* ( $\sigma_0^2$ ), valor teórico normalmente igual a 1 é “igual” ao *sigma posteriori* ( $\hat{\sigma}_0^2$ ) calculado (NAZARENO, 2012).

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T P V}{n - u} \quad (11)$$

onde:

$\hat{\sigma}_0^2$  = Fator de variância “a posteriori”;

V - Vetor dos resíduos;

P - Matriz dos pesos;

n - número de equações superabundantes;

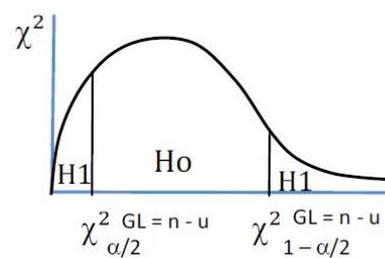
u - número de parâmetros incógnitos.

Para a análise do ajustamento pode-se utilizar um teste de hipótese com base na distribuição Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ). Para comparação podem ser aplicados o teste bicaudal ou

teste unicaudal. No bicaudal, a hipótese básica ( $H_0$ ) define que estatisticamente o *sigma a priori* é igual ao *sigma a posteriori*, contra a hipótese alternativa ( $H_1$ ) onde o *sigma a priori* é diferente do *sigma a posteriori* (NAZARENO, 2012).

Definindo-se valores teóricos a partir do nível de significância ( $\alpha$ ) e do grau de liberdade ( $GL = n - u$ ), forma-se um intervalo onde  $H_0$  é válida, como mostra a figura 3.

Figura 3 - Teste de hipótese com a distribuição  $\chi^2$ , caso bicaudal.



Teste bicaudal

Fonte: NAZARENO, 2012.

Uma vez estabelecidos os limites, calcula-se um qui-quadrado amostral, como mostra a expressão 12:

$$\hat{\chi}_0^2 = \frac{V^T P V}{\sigma_0^2} \quad (12)$$

Para a hipótese  $H_0$  ser considerada válida deve estar no intervalo de aceitação, mostrado na figura 3, se isto ocorrer o ajustamento não apresenta problemas e tem sua qualidade atestada (NAZARENO, 2012).

### 3.5 MARCO GEODÉSICO

Esta seção tem como objetivo definir as nomenclaturas utilizadas para os marcos geodésicos utilizados no trabalho, com base na definição utilizada pela NBR 14166.

Segundo ABNT (1998), um marco geodésico é um ponto planimétrico da Rede de Referência implantado e materializado no terreno.

### 3.5.1 Marco Geodésico de Precisão

Marco geodésico obtido por poligonação, triangulação, trilateração, dupla irradiação, rastreamento de satélites do sistema GNSS no método diferencial ou outro método geodésico que vier a ser desenvolvido, com a finalidade de transportar o apoio geodésico básico do SGB às proximidades e/ou ao interior da área municipal (ABNT, 1998).

### 3.5.2 Marco Geodésico de Apoio Imediato

Marco geodésico, obtido por poligonação, triangulação, trilateração, dupla irradiação, rastreamento de satélite do sistema GNSS no método diferencial ou por outro método geodésico que vier a ser desenvolvido, a partir de marco geodésico de precisão, destinado a densificar o apoio geodésico básico, assegurando o suporte necessário à qualidade das operações topográficas visando ao apoio suplementar de campo para os levantamentos aerofotogramétricos e ao apoio topográfico aos levantamentos para o parcelamento do solo, demarcações, implantação e acompanhamento de obras de engenharia, em geral (ABNT, 1998).

## 3.6 REFERÊNCIA DE NÍVEL

Esta seção tem como objetivo definir as nomenclaturas utilizadas para referências de nível utilizadas no trabalho, com base na definição utilizada pela NBR 14166.

Segundo ABNT (1998) uma referência de nível é um ponto de altitude ortométrica conhecida, referenciada ao datum altimétrico do país, implantado e materializado em locais predeterminados.

### 3.6.1 Referência de Nível de Precisão

Referência de nível do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, classificada como de precisão, existente na área municipal ou na sua vizinhança, utilizada como apoio altimétrico da Rede de Referência Cadastral (ABNT, 1998).

### 3.6.2 Referência de Nível de Apoio Imediato

Referência de nível obtida por nivelamento geométrico da classe IN (Tabela 2) a partir de Referência de Nível de Precisão do SGB, com a finalidade de apoio aos levantamentos locais, parcelamento de áreas, obras, estruturas de drenagem, gradientes e de base ao apoio suplementar de campo dos levantamentos aerofotogramétricos (ABNT, 1998).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

Este capítulo apresenta a área em estudo, os materiais utilizados e a metodologia utilizada para coleta dos dados de campo referentes as redes planimétrica, altimétrica e gravimétrica.

### **4.1 ÁREA DE ESTUDO**

O município de Inconfidentes está localizado na porção sul do estado de Minas Gerais a aproximadamente 441 km da capital Belo Horizonte, no paralelo 22° S e meridiano 46° W. Possui, aproximadamente, 17 km de extensão Norte-Sul e 15 km de Leste-Oeste, compreendendo uma área total aproximada de 149 km<sup>2</sup>. O relevo não apresenta planícies, com características de “mares de morros ou ondulados” e altitude média de 800 m (IBGE).

A área de expansão do Município de Inconfidentes que foi utilizada neste trabalho foi elaborada em trabalho de conclusão de curso apresentado ao IFSULDEMINAS e estes dados foram fornecidos pelo chefe do setor de Agrimensura da mesma instituição.

Figura 4 - Município de Inconfidentes-MG.



Fonte: IBGE, 2017.

Para esse projeto, as redes planimétrica, altimétrica e gravimétrica, tem como foco apenas a região urbana do município, como mostra a figura 5. Com exceção de 2 marcos, que foram implantados fora do limite do Município de Inconfidentes. A explicação para o fato é que a Fazenda do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes tem uma porcentagem de seu território no município vizinho, Ouro Fino – MG, então para que a rede abrangesse toda a instituição foram materializados marcos nesses locais.

Figura 5 – Área de expansão urbana do município de Inconfidentes - MG.

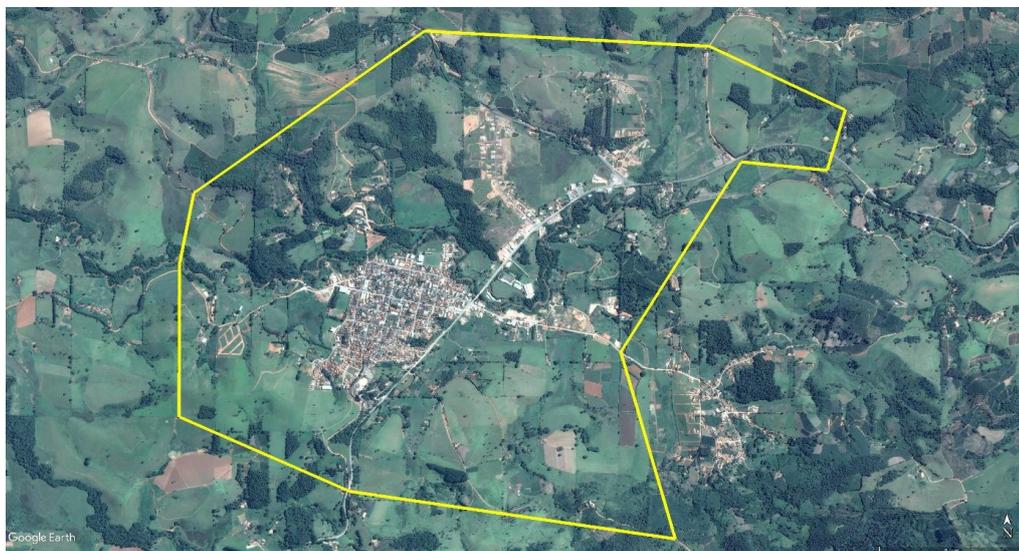


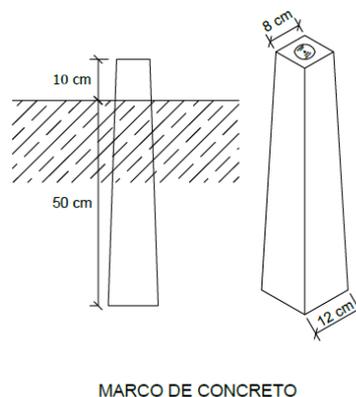
Imagem: Google Earth, 2017.

## 4.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a execução deste projeto foram necessários os seguintes materiais:

- Receptores GNSS geodésicos L1/L2 (modelos: Leica VIVA CS10 e Spectra precision PM 220);
- Receptor GNSS de Navegação (modelo: Garmin);
- Nível digital (Leica Sprinter 150) com precisão de 1,5mm por km;
- Gravímetro relativo (modelo: SCINTREX CG5);
- Marcos de Concreto tronco-piramidais. Sua estrutura é apresentada na figura 6.

Figura 6 - Estrutura do Marco de Concreto.



MARCO DE CONCRETO

Fonte: INCRA, 2013.

- Chapa de aço. Estrutura apresentada na figura 7.

Figura 7 - Chapa de aço com a identificação do ponto.



Fonte: Próprio Autor.

## 4.2.1 Softwares Utilizados

### 4.2.1.1 *Datageosis Office 7.7.0.5*

Desenvolvido em 1995 pela empresa Alezi Teodolini, o software passou por várias atualizações e um processo contínuo de evolução, tendo lançado em 2010 sua versão mais recente. Segundo o site oficial, o software oferece uma gama de ferramentas para uso nas áreas de topografia e geodésia, entre as principais podemos citar Planilhas de cálculo de poligonais topográficas, Plataforma CAD, Ferramenta para cálculo de áreas, caderneta de locação, visualização em 3D, ferramentas para elaboração de projetos de estradas e ainda podemos destacar o menu de Georreferenciamento, que provê completa automação para georreferenciamento de imóveis atendendo a segunda norma de georreferenciamento de imóveis rurais LEI 10.267 (DATAGEOSIS OFFICE, 2017).

O software *Datageosis Office*, possui licença comercial, porem a versão DEMO, corresponde à versão completa do mesmo, não oferecendo apenas as ferramentas de impressão e exportação dos dados (DATAGEOSIS OFFICE, 2017).

### 4.2.1.2 *Microsoft Office Excel 2016*

O Microsoft Office Excel é um editor de planilhas produzido pela Microsoft para computadores que utilizam o sistema operacional Microsoft Windows, além de computadores Macintosh da Apple Inc. e dispositivos móveis como o Windows Phone, Android ou o iOS. Seus recursos incluem uma interface intuitiva e capacitadas ferramentas de cálculo e de construção de planilhas. Devido à grande quantidade de ferramentas disponibilizadas, o Excel, que faz parte do pacote Office da Microsoft é um dos aplicativos de computador mais populares no mundo. Segundo o site da empresa o software oferece recursos como Ferramentas de Análise, Segmentação de Dados e Construtor de Fórmulas. (MICROSOFT, 2017)

#### 4.2.1.3 GNSS Solutions versão 3.80.8

O *GNSS Solutions* é um software de escritório com todas as ferramentas necessárias para processamento de dados GNSS, além disso, oferece também uma detecção avançada de erros e ferramentas de análise de qualidade integradas para garantir uma produção precisa e confiável. Fechamentos de círculo, repetição automática, análise de observação, análise de controle automático e ajustes de quadrados mínimos são todos componentes integrais do *GNSS Solutions* (SPECTRA PRECISION, 2017).

#### 4.2.1.4 Google Earth Pro - versão 7.3.0.3832

Google Earth é um programa de computador desenvolvido e distribuído pela empresa estadunidense do Google cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite obtidas de fontes diversas, imagens aéreas (fotografadas de aeronaves) e SIG. Desta forma, o programa pode ser usado simplesmente como um gerador de mapas bidimensionais e imagens de satélite. Com isso, é possível identificar lugares, construções, cidades, paisagens, entre outros elementos (GOOGLE, 2017).

#### 4.2.1.5 GravSur – versão 1.0.57

GravSur é um software livre utilizado para automação do processamento de dados gravimétricos, desenvolvido com o objetivo de auxiliar o projeto de doutorado de Rogério Rodrigues Amarante. O doutorado e o programa tiveram a coordenação do Prof. Dr. Jorge Luiz Alves Trabanco e suporte do co-orientador Prof. Dr. Denizar Blitzkow.

O software permite a importação de dados Scintrex CG5, Redgrav (DAT), Redgrav (REDGRAV.TAB), CSV de estações, além de imagens tipo JPG de estações gravimétricas. E tem como funcionalidades principais o cálculo da correção da maré usando a fórmula de Longman; cálculo da deriva dinâmica e estática entre as leituras de um circuito; cálculo da gravidade normal com a fórmula Somigliana; cálculo de anomalia Free Air  $F = +0:3086H$ ; cálculo de anomalia Bouguer; ajustamento das observações de circuitos gravimétricos pelo método do mínimos quadrados; controle de qualidade visual de leituras de

uma estação gravimétrica pelo desvio padrão entre as leituras; cálculo da triangulação de pontos com coordenadas distribuídas de forma irregular tipo Delaunay (ALMEIDA; AMARANTE, 2011).

### 4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As Normas Brasileiras Regulamentadoras obrigatórias (NBR) que nortearam a implantação da rede planimétrica e altimétrica foram:

- NBR 13133/94 - Execução de Levantamento Topográfico;
- NBR 14166/98 - Rede de Referência Cadastral.

Além desses, foi utilizado como referência o Manual Técnico de Posicionamento do INCRA – 1ª edição (MTP).

Assim todo processo para coleta, processamento, e apresentação dos resultados, terão como base as normas brasileiras em vigência.

#### 4.3.1 Implantação da Rede Planimétrica Municipal

Diante da necessidade da criação desta rede no município, visando não apenas o auxílio em trabalhos comerciais, mas também o auxílio em estudos e pesquisas na área, o planejamento teve início na definição da área de implementação, tendo suas características apresentadas na seção 4.1 (Área de estudo).

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos empregados na implantação da rede planimétrica, serão abordados os tópicos: Malha para implantação dos marcos; Materialização dos pontos; Transporte dos pontos de referência para a rede; Ocupação e processamento dos pontos restantes da rede.

##### 4.3.1.1 Malha para implantação dos marcos

Previamente, para a implantação dos marcos foi desenvolvida uma malha de implementação com auxílio do *software Datageosis Office*. O ponto P.A.N 27A foi escolhido

como origem para a malha, este está localizado na igreja matriz do município, ponto situado na parte mais central da área de estudo.

O propósito da malha visa a equidistância entre os marcos a serem implantados, não se atentando para a intervisibilidade entre os mesmos, pois este trabalho tem seu foco em dados altimétricos.

Segundo a NBR 14166/98, os marcos geodésicos de apoio imediato devem ser localizados preferencialmente no cume das elevações e nos altos dos edifícios de grande porte e, se possível, em propriedades públicas, em uma densidade aproximada de um para cada 3 km<sup>2</sup> nas áreas urbanizadas e, nas áreas rurais, de um para cada 16 km<sup>2</sup> a 50 km<sup>2</sup>, na dependência da densidade demográfica de interferências e do uso e ocupação do solo.

Foi utilizada uma malha com quadrículas de 500 m de lado pelo fato da cidade ter seu território urbano com pequena extensão. Numa área de aproximadamente 2,5km<sup>2</sup> encontram-se 23 pontos da rede, proporcionando assim uma rede bastante densificada atendendo a necessidade do município com um número de pontos acima das exigências mínimas.

Figura 8 - Malha 500x500 metros.

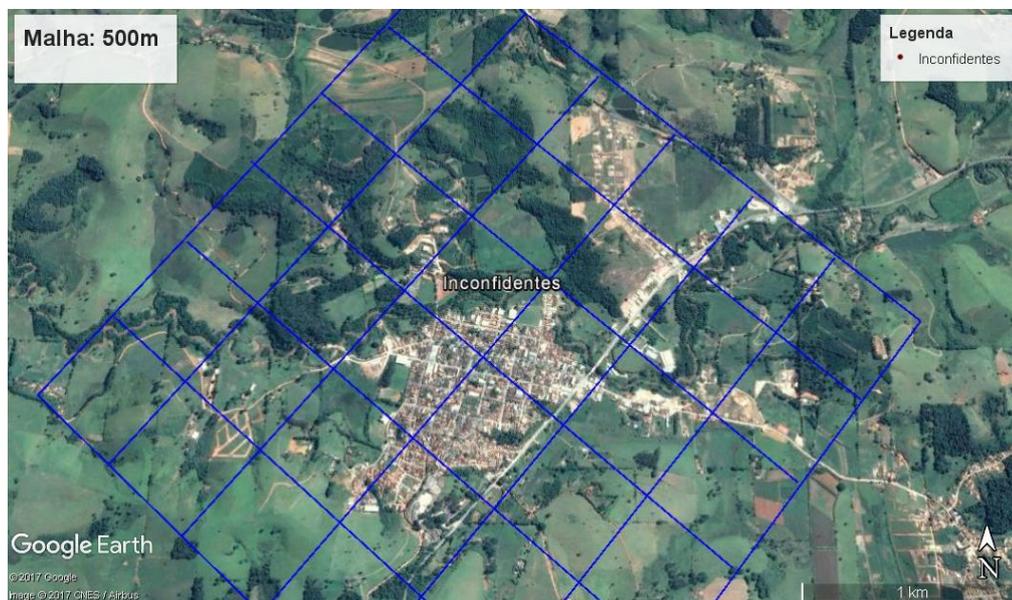


Imagem: Google Earth, 2017.

Destes 23 pontos para materialização da rede, 2 já existiam: um localizado na igreja matriz (P.A.N 27A) que foi a base para a malha, e um outro, marco do DER-MG, denominado (DERMG 01281), localizado na rotatória de acesso ao município na Rod. MG-

290. A figura 9 mostra a disposição inicial dos pontos onde a materialização aconteceria, nessa fase os pontos não estavam nomeados corretamente, assim os marcos Igreja e P6 correspondem aos marcos P.A.N 27A e DERMG 01281, respectivamente. O marco denominado RN Torre foi posteriormente renomeado para P23.

Figura 9 - Distribuição inicial dos marcos.

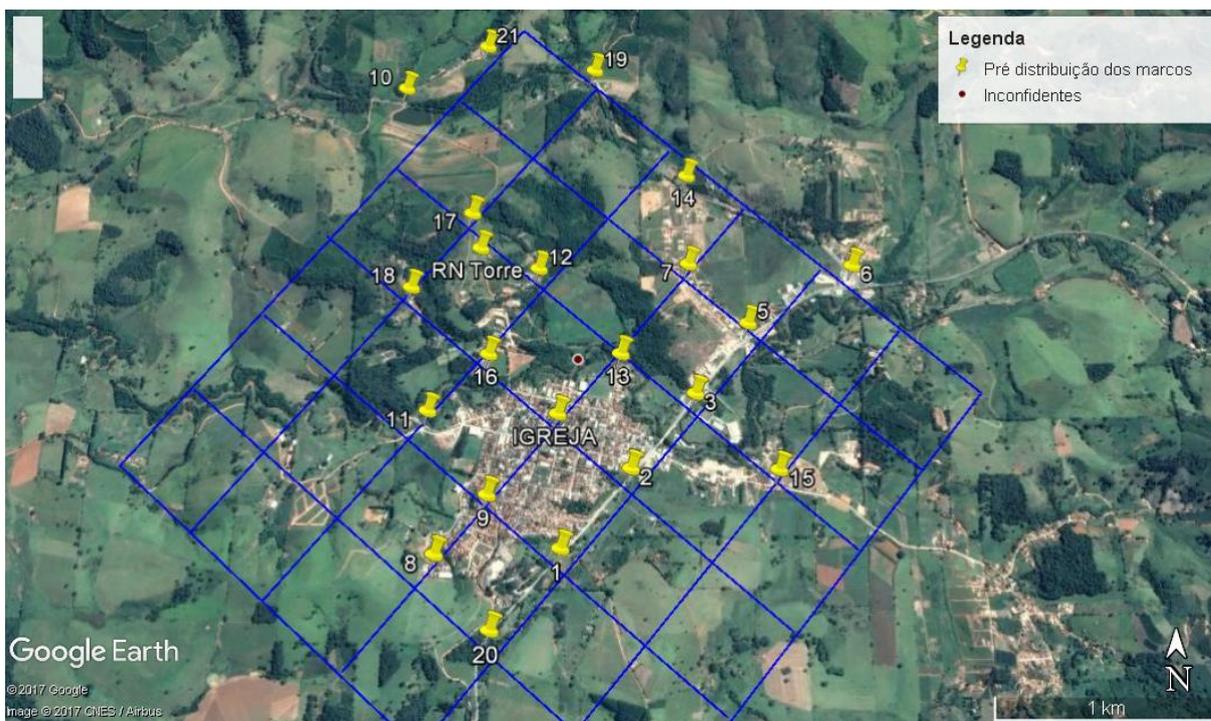


Imagem: Google Earth, 2017.

#### 4.3.1.2 Materialização dos pontos.

Foi realizada inicialmente uma visita *in locu* para analisar os locais planejados para a fixação dos marcos. Para a escolha destes locais de implantação buscou-se áreas públicas e abertas onde os marcos não causassem obstruções e ficassem devidamente protegidos.

Posteriormente foi feita a materialização dos marcos, sendo que dois pontos não foram materializados com marcos tronco-piramidais de concreto, mas apenas com uma chapa de aço fixada com massa plástica (P08 e P23), pois se encontram em locais concretados onde não seria viável a perfuração do solo. Este procedimento teve duração 5 dias.

A disposição final dos marcos, a identificação dos mesmos e os marcos definidos como sendo de precisão são apresentados na figura 10.

Figura 10 - Disposição final dos marcos.

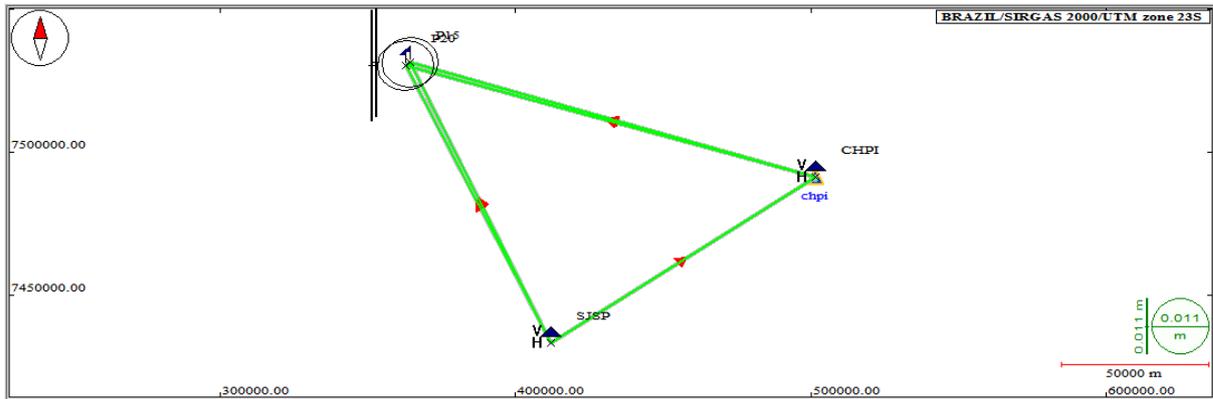


Imagem: Google Earth, 2017.

#### 4.3.1.3 Transporte dos pontos de referência para a rede.

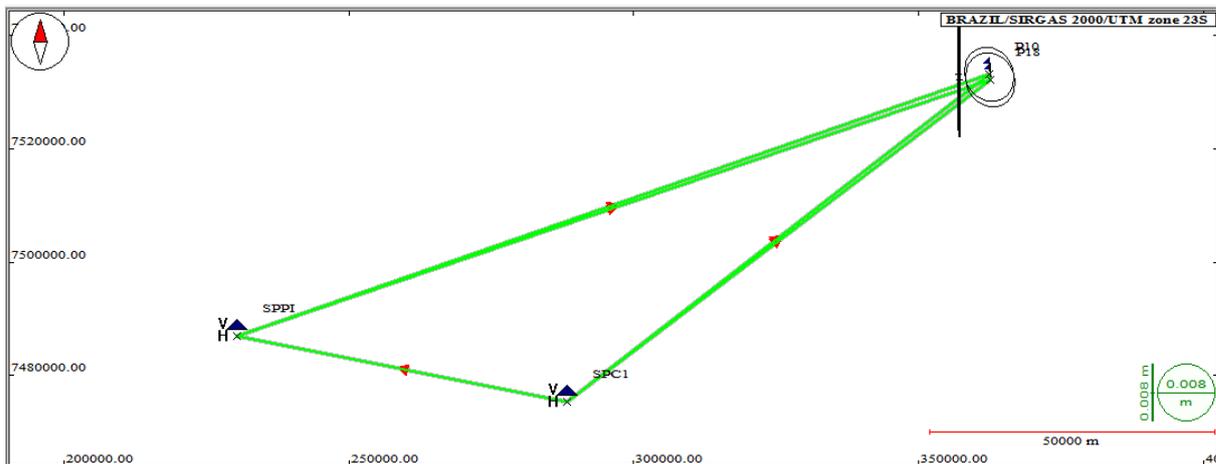
Para essa primeira fase de ocupação, que se trata do transporte das coordenadas para a base da rede, foram escolhidos como marcos geodésicos de precisão 4 (quatro) pontos, 2 (dois) em um extremo da rede e outros 2 (dois) do lado oposto da rede. Com o intuito de conseguir uma boa triangulação, para o transporte de coordenadas foram utilizados com base estações da RBMC do IBGE para cada um dos extremos da rede. Para os pontos P20 e P15 foram utilizadas as estações CHPI - Cachoeira Paulista e SJSP - São José dos Campos, e para os pontos P10 e P18 foram utilizadas as estações SPC1 - Campinas e SPPI - Piracicaba, os relatórios completos das RBMCs utilizadas estão disponíveis nos anexos A, B, C e D.

Figura 11 - Triangulação RBMC pontos P15 e P20.



Fonte: GNSS Solutions, 2017.

Figura 12 - Triangulação RBMC pontos P10 e P18.



Fonte: GNSS Solutions, 2017.

A metodologia de transporte das coordenadas seguiu o Manual Técnico de Posicionamento, resumido na Tabela 1.

Foi utilizado o método relativo estático, e na triangulação, as linhas de base se enquadram nas distâncias entre 100 – 500 km, sendo assim o tempo de ocupação mínima foi de 240 minutos, utilizando as observáveis L1/L2, solução podendo ser fixa ou flutuante e efemérides precisas.

As recomendações foram respeitadas, tanto na fase de coleta de dados quanto na fase de processamento. Os dados foram processados com a utilização do software *GNSS Solutions versão 3.80.8*. Durante o tempo de ocupação dos marcos tomou-se os seguintes cuidados:

- PDOP (Position Dilution of Precision) melhor que 5;
- Máscara de elevação de 10°;
- Taxa de observação de 1 segundos;
- Centralização e nivelamento das antenas;

#### 4.3.1.4 Ocupação e processamento dos pontos restantes da rede.

Como apresentado anteriormente, foram utilizados 4 (quatro) pontos como marcos geodésicos de precisão (P10, P15, P18, P20), e estes são os pontos de controle para o processamento dos pontos restantes. Restaram para ocupação 19 pontos, seguindo o MTP e relacionando o tamanho dos vetores com o tempo de ocupação, notou-se que um tempo de 20 minutos já seriam suficientes, porém, a NBR 14166, define algumas exigências no tópico 6.3.1, onde:

- Sessões de observação com duração mínima de 60 minutos;
- Observação contínua de, no mínimo, cinco satélites durante toda a sessão de rastreamento;
- Observação e processamento de fase de batimento da portadora;
- Precisão das coordenadas orbitais iguais ou melhor que 1 ppm (partes por milhão);
- Minimização de multicaminhamento.

Sendo assim, foi adotado um tempo de ocupação de 60 minutos como exige a norma, ao invés de 20 minutos como definido no MTP.

A ocupação desses pontos restantes demorou um pouco mais do que o esperado, sendo que as campanhas ora tinham 4 pontos sendo coletados simultaneamente, ora apenas dois, o que causou atraso na coleta dos dados.

Após a campanha de observação, todos os marcos foram ocupados, partindo assim para o processamento dos dados coletados, também utilizando o software *GNSS Solutions versão 3.80.8*.

Toda a etapa de coleta dos dados GNSS, teve uma duração aproximada de 30 dias.



problema, pode ser visto nos marcos apresentados na figura 14, onde dois destes foram retirados e utilizados como apoio para banco, sendo que o site informa que um deles está ainda em boa condição.

Figura 14 – Marcos utilizados como apoio para banco.



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Tendo como referência a RAAP, buscou-se no site do IBGE os marcos mais próximos que se encontravam em situação “boa”. Suas coordenadas foram inseridas em um GPS de navegação para a busca dos mesmos.

A RN em boas condições mais próxima (figura 15), foi encontrada numa estrada que liga o bairro Peitudos (Ouro Fino) a rodovia MG 290, trecho Ouro Fino – Jacutinga e denominada 104P.

Figura 15 - RRNN 104P encontrado em boa condição.



Fonte: IBGE, 2017.

Este marco se encontrava afastado do município de Inconfidentes, aproximadamente 19 km de distância em linha reta. Então, se fez necessário definir um caminho mais curto e seguro possível para se seguir com o nivelamento geométrico para o transporte da altitude. A escolha do trajeto está demonstrada na figura 16.

Figura 16 - Percurso do Nivelamento Geométrico para transporte de RRNN.



Imagem: Google Earth, 2017.

#### 4.3.2.2 Transporte da RN – IBGE

Determinado o trajeto, os procedimentos foram direcionados ao nivelamento para o transporte da altitude, de forma a cumprir as normas pré-estabelecidas pela NBR 13133.

Esta fase do projeto demandou o maior tempo de execução, pois a distância entre o marco de chegada e a RRNN do IBGE é de cerca de 24 km, além disso, ocorreram outros fatores que também dificultavam esta etapa: locomoção, horários, clima. Diante da distância foi necessário subdividir o trecho em partes, que totalizaram 12 trechos com uma distância de aproximadamente 2 km entre cada marco. Assim a cada trecho nivelado se podia ter um ponto de controle e referência para a posterior continuação, dessa forma caso ocorresse algum erro, apenas o trecho falho necessitaria ser refeito.

Esses pontos de controle citados também são marcos tronco piramidais fixados no solo, idênticos aos implantados na rede municipal, e o local de materialização de cada um foi inicialmente definido utilizando-se de um GPS de navegação por não exigir uma alta precisão no seu posicionamento, uma vez que estes seriam utilizados para apoio altimétrico apenas.

Feito todo estudo necessário, iniciou-se o transporte da RRNN por duas equipes, uma sendo responsável pelo nivelamento e a outra pelo contranivelamento. O método utilizado foi o nivelamento geométrico duplo, que consiste em dupla visada de vante e de ré, o que diminuí a possibilidade de ocorrência de erros grosseiros. Foram seguidas as diretrizes de nivelamento de linhas e circuitos apresentados na NBR 13133 de forma a atender a classe IN, a Tabela 3 mostra com detalhes as características desta classe de nivelamento.

Tabela 3 - Nivelamento de linhas ou circuitos e seções.

Classe	Metodologia	Desenvolvimento			Tolerância de Fechamento
		Extensão máxima	Lance Mínimo	Lance Máximo	
IN	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas equidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.	10km	15m	80m	12mm $\sqrt{K}$

Fonte: Adaptado de NBR 13133.

O nivelamento do transporte da RN foi encerrado no ponto P23 (figura 17), este ponto foi escolhido por se encontrar em um local seguro e devidamente protegido, pois está fixado na sapata do marco 93953 da rede SATGPS do IBGE, e foi a referência de nível de apoio imediato para a obtenção das altitudes nos marcos restantes da rede.

Figura 17 - Imagem do ponto P23 localizado na sapata do marco 93953 do IBGE.



Fonte: Próprio Autor.

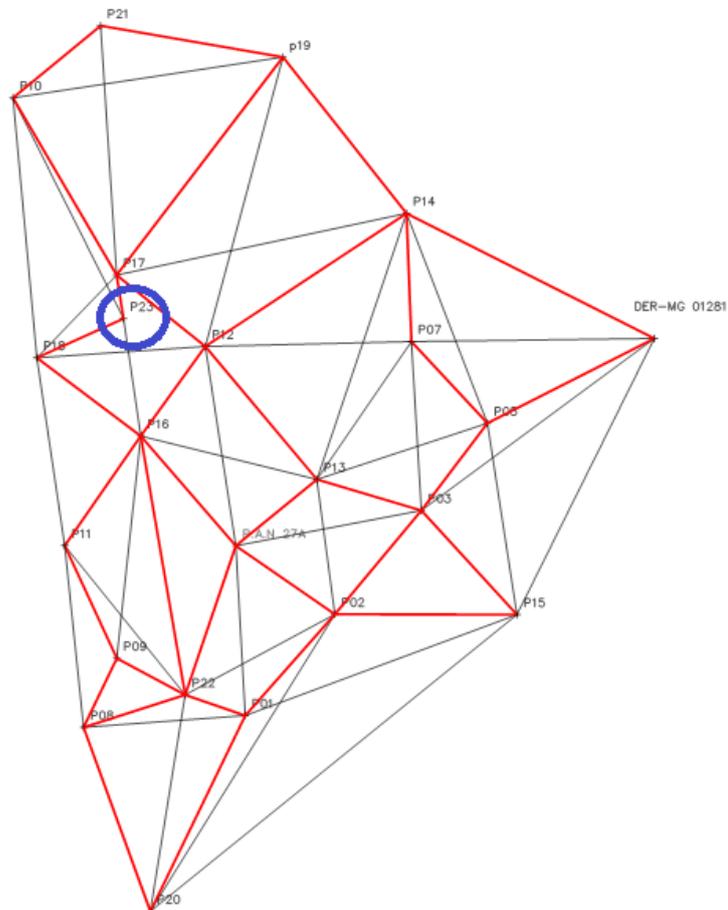
#### 4.3.2.3 Nivelamento geométrico da rede municipal.

Para a implantação da rede altimétrica é necessário se conhecer as DN (Diferença de Nível) entre os marcos geodésicos já implantados, com intuito de realizar o ajustamento das observações a fim de se obter as altitudes niveladas e ajustadas de cada marco em questão. Para a obtenção das DN, também foram executadas várias campanhas aplicando o método de nivelamento geométrico duplo, seguindo as mesmas diretrizes utilizadas no transporte da RN.

A

Figura 18 mostra a disposição da rede. As linhas na cor vermelha são as que foram niveladas e por consequência tem suas DN conhecidas, em destaque no círculo azul se encontra o ponto P23, que como apresentado anteriormente será a referência de nível de apoio imediato para os pontos restantes da rede.

Figura 18 - Rede altimétrica.



Fonte: Próprio autor.

Toda a etapa de nivelamento geométrico teve uma duração aproximada de 5 meses, incluído nesse tempo o transporte de RN e o nivelamento da rede municipal.

#### 4.3.2.4 Processamento dos dados altimétricos.

Até esse momento, conhecia-se apenas as diferenças de nível entre os marcos, e somente após finalizado o ajustamento, as altitudes niveladas e suas precisões serão conhecidas. Da mesma forma que o nivelamento foi dividido em duas partes distintas, o mesmo foi feito para o processamento dos dados, ajustamento do transporte de RN e ajustamento da rede municipal.

#### 4.3.2.4.1 Ajustamento do transporte da RN

Inicialmente os dados ajustados foram o do transporte da RN para rede municipal, onde as DN conhecidas foram ajustadas utilizando o método Paramétrico, as equações foram aplicadas aos dados utilizando o software *Microsoft Office Excel*. As equações do método são apresentadas no capítulo 3.6.1.

#### 4.3.2.4.2 Ajustamento da rede altimétrica

Para o ajustamento da rede, o processo foi o mesmo realizado no transporte da RRNN, porém tomando como referência altimétrica o marco P23. Assim, todos os marcos da rede possuiriam suas altitudes niveladas ajustadas também conhecidas.

### 4.3.3 Implantação da Rede Gravimétrica Municipal

Segundo Freitas e Blitzkow (1999), as altitudes niveladas são obtidas através de nivelamento geométrico, e as diferenças de altitudes medidas variam de acordo com o campo de gravidade na região, além das irregularidades topográficas. Estas altitudes não possuem informações gravimétricas, sendo assim ainda não possuem significado físico, uma vez que a altitude ortométrica é obtida pela associação das altitudes niveladas e a determinação do número geopotencial do ponto.

Neste tópico serão apresentadas as sequências de trabalho utilizadas para a coleta dos dados gravimétricos, onde foi executada uma campanha a fim de se obter os dados gravimétricos dos marcos pertencentes a rede e dos marcos utilizados para o transporte da RRNN do IBGE, utilizando um gravímetro relativo (gravímetro que necessita de um ponto de referência de gravidade) modelo CG05 do fabricante Scintrex, cedido pelo Departamento de Cartografia da UNESP – Presidente Prudente.

Buscando a referência de gravidade mais próxima, segura e precisa, determinou-se a utilização de uma referência no Observatório Abrahão de Moraes, pertencente ao IAG-USP (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo) situado no município de Valinhos-SP, que possui um ponto com leitura de gravidade absoluta conhecida.

As leituras de gravidade devem ser obtidas num período de no máximo 48 horas após o início da poligonal gravimétrica, isto para garantir a correta modelagem e correção do efeito da maré terrestre (IBGE, 1983).

Devido à distância entre o observatório no Município de Valinhos e o Município de Inconfidentes, o deslocamento entre o ponto de abertura da poligonal e a rede gravimétrica a ser implantada no município, teve um tempo aproximado de 3 horas, sendo assim, não seria possível efetuar a coleta de todos os dados num único dia. Então para a coleta dos dados no interior da rede foram planejados dois caminhamentos.

O processo para coleta dos dados iniciou-se com a abertura da poligonal no ponto de gravidade absoluto situado no Observatório Abraão de Moraes, após isso partiu-se para a leitura no ponto P23 situado dentro da rede, este foi escolhido como ponto de referência de gravimetria para o restante da rede por estar em um local sujeito a menos movimentação de veículos e pedestres, pois se encontra afastado do perímetro urbano e localizado próximo ao cruzamento da cidade (local de altitude considerável e pouco visitada). Em seguida foi executado o primeiro caminhamento, sendo este encerrado no ponto P23.

O segundo caminhamento foi executado no dia seguinte a execução do primeiro, tendo sua abertura e encerramento obrigatoriamente no ponto P23 assim como feito no primeiro dia. Uma vez coletados todos os dados do interior da rede, a poligonal foi fechada no ponto de gravidade absoluto situado no Observatório de Valinhos. Dessa forma todos os dados foram coletados num período de 31 horas aproximadamente, respeitando o prazo máximo de 48 horas.

A metodologia para coleta foi aplicada da seguinte forma: foram feitas 3 leituras em cada ponto com tempo de 2 minutos para cada leitura, sendo importante ressaltar que o aparelho trabalha na frequência de 5 Hz, ou seja, realiza 5 observações por segundo e assim tendo uma redundância na quantidade de dados.

Uma atenção era dada ao desvio padrão encontrado ao fim de cada coleta. Leituras com muitos ruídos resultavam em dados com um desvio padrão elevado, tendo como valor de referência um desvio de 0,05 mGal, e estes, com valores acima da referência eram descartados para que apenas os dados que tinham boa qualidade fossem gravados e utilizados no pós-processamento.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da mesma forma apresentada na seção 4.3, os resultados serão apresentados separadamente, mostrando também as dificuldades e os problemas encontrados para cada procedimento. Ao final, estes dados serão relacionados mostrando o resultado final alcançado nesse trabalho.

### 5.1 REDE PLANIMÉTRICA

Iniciou-se este tópico mostrando os resultados do transporte das coordenadas das estações da RBMC para os marcos de precisão da rede municipal. Nesta fase não ocorreram problemas nos processamentos, os resultados apresentaram uma qualidade satisfatória, e passaram pelos testes estatísticos empregados pelo *software*, os resultados estão apresentados em metros na tabela 4.

Tabela 4 - Marcos de Precisão da Rede.

ID	E(m)	$\sigma$ (m)	N(m)	$\sigma$ (m)	h(m)	$\sigma$ (m)
P10	362384,652	0,004	7533151,801	0,004	880,325	0,008
P15	364265,888	0,005	7531209,282	0,005	849,955	0,010
P18	362472,807	0,004	7532174,950	0,004	882,913	0,008
P20	362896,882	0,005	7530094,436	0,005	912,752	0,011

Fonte: Próprio autor.

Uma vez definidos os pontos de controle, partiu-se para o processamento do restante da rede, nesta fase alguns problemas ocorreram para se chegar aos resultados apresentados, problemas estes que são descritos na sequência.

O primeiro processamento foi feito de forma global, ou seja, todos os vetores foram processados e ajustados simultaneamente, mas com resultados não satisfatórios, poucos vetores passaram pelos testes estatísticos (testes Qui-quadrado e Tau). Então, se fez necessário um tratamento dos dados como retirada e/ou cortes dos dados GNSS, exclusão de satélites, aumento da angulação da máscara, todos esses procedimentos buscando a melhoria da qualidade dos dados. Feita algumas modificações, os dados eram reprocessados até que todos os vetores estivessem dentro da tolerância. Várias tentativas de reprocessamento foram realizadas, porém sem sucesso, com isso veio a necessidade de buscar outra forma de processamento.

Nesta nova tentativa foram reduzidos os pontos de controle de 4 para 2, e a cada tentativa alternava-se os pontos de controle, dessa forma tentando detectar alguma falha no processamento dos pontos de controle. Os resultados utilizando menos pontos de controle foram melhores que no método anterior, mais vetores ficaram dentro da tolerância permitida. Ainda assim os resultados não eram ideais para a qualidade da rede que era almejada.

Nesta tentativa, o processamento foi gradativo, buscando vetores que pudessem estar prejudicando todo o ajustamento da rede, esta metodologia ocorreu da seguinte forma: os 4 marcos de precisão foram utilizados como pontos de controle e os vetores internos passaram a ser inseridos individualmente na rede e processados.

Um a um eram adicionados e processados, e ao serem aceitos e passarem nos testes estatísticos um novo vetor era inserido, caso contrário, esse era retirado e se partia para um próximo vetor. Assim foi feito até que todos os vetores possíveis fossem agregados, ajustados e tivessem passado pelos testes estatísticos. Com isso descobriu-se os vetores que prejudicavam a rede, e dessa forma seus dados poderiam ser tratados com mais atenção.

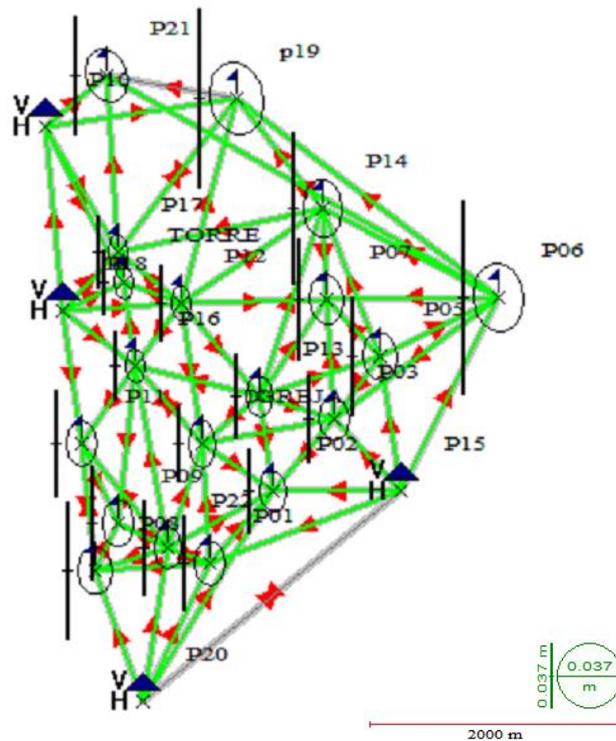
Alguns, após tratamentos, como por exemplo o P.A.N. 27A, localizado nas escadarias de igreja, possuía muito multicaminhamento em seus dados por estar próximo a dos pilares da igreja, retirado esses dados falhos ele foi agregado a rede com sucesso.

Na análise e tratamento individual, muitos dados que estavam falhos foram corrigidos e inseridos a rede. Então para os vetores que não puderam ser corrigidos a solução foi um revisita a campo para coletar novos dados e substituir os antigos.

A partir dessas novas coletas toda rede pode ser processada e ajustada, passando pelos testes Qui-quadrado e Tau. Deste ponto já se possuía uma rede, com solução fixa e precisão dentro da tolerância definida pela NBR 13133.

A figura 19 ilustra a distribuição final do processamento, os vetores são representados pela linha verde, os triângulos vermelhos mostram o sentido do vetor e os triângulos azuis os pontos de controle.

Figura 19 - Rede Geodésica Ajustada.



Fonte: GNSS Solutions.

A tabela 5 traz as coordenadas em metros no sistema UTM (Universal Transversa de Mercator), a altitude elipsoidal e seus respectivos desvios padrão, sendo importante ressaltar que no processamento dos dados GNSS a solução das ambiguidades foi fixa para todos os pontos.

Tabela 5 – Coordenadas UTM obtidas com o Processamento.

ID	E(m)	$\sigma$ (m)	N(m)	$\sigma$ (m)	h(m)	$\sigma$ (m)
P01	363251,252	0,006	7530830,068	0,009	868,764	0,019
P02	363585,806	0,005	7531210,632	0,008	854,515	0,016
P03	363908,959	0,006	7531600,853	0,008	855,344	0,017
P.A.N 27A	363216,271	0,005	7531468,224	0,009	864,971	0,015
P05	364155,571	0,007	7531928,696	0,009	853,920	0,023
DER-MG 01281	364779,218	0,010	7532247,051	0,013	853,520	0,037
P07	363871,990	0,007	7532235,809	0,010	860,967	0,023
P08	362648,076	0,007	7530785,756	0,009	890,998	0,026
P09	362771,988	0,006	7531045,448	0,009	859,799	0,022
P11	362577,654	0,006	7531468,615	0,009	847,886	0,021
P12	363102,500	0,004	7532217,033	0,007	854,514	0,015
P13	363518,853	0,005	7531717,360	0,008	849,474	0,016
P14	363853,842	0,008	7532717,364	0,011	863,043	0,029
P16	362861,416	0,004	7531880,916	0,007	848,837	0,013
P17	362770,956	0,004	7532485,832	0,007	922,639	0,014
P19	363392,106	0,011	7533304,209	0,014	908,445	0,034
P21	362711,196	0,008	7533422,213	0,010	898,945	0,023
P22	363027,271	0,006	7530908,050	0,008	908,951	0,018
P23	362796,682	0,004	7532321,899	0,007	929,260	0,013

Fonte: Próprio Autor.

## 5.2 REDE ALTIMÉTRICA

Neste tópico, serão apresentados os resultados, dificuldades e soluções encontradas em todo procedimento realizado para a obtenção das altitudes niveladas ajustadas da rede altimétrica. Como já descrito no capítulo 4.3.2, a obtenção das altitudes da rede foi feita em 2 partes, iniciou-se descrevendo o transporte da RN.

Nesta fase, o nivelamento geométrico partiu da RN 104P com chegada no marco P23 da rede. O processo foi feito por duplo e contranivelamento, e após todo trajeto nivelado os dados foram organizados e calculados em planilhas no software *Microsoft Office Excel*. Foram utilizadas as médias dos dados obtidos com o duplo nivelamento como observações para o ajustamento.

Foi feita uma comparação entre as diferenças de nível obtidas com o nivelamento e contranivelamento com objetivo de encontrar algum erro grosseiro, e foi constatado que havia uma diferença de aproximadamente 20 cm entre as observações no trecho 10. Visto isso, o contranivelamento onde foi constatado o erro foi refeito e o valor foi corrigido, obtendo-se uma diferença de apenas 4mm.

A tabela 6 apresenta as diferenças de nível e a distância entre os marcos implantados para transporte da RRNN, obtidas após o nivelamento e contranivelamento.

Tabela 6 - Dados obtidos pelo nivelamento e contranivelamento geométrico.

	Trecho	Sentido		DN (m)	Distância (m)
		Caminhamento			
Nivelamento	1	104P	M01	-2,765	1995,030
	2	M01	M02	22,654	2002,443
	3	M02	M03	-1,388	1796,277
	4	M03	M04	-9,031	2378,359
	5	M04	M05	3,049	2255,328
	6	M05	M06	-4,229	1447,479
	7	M06	M07	-13,189	1761,680
	8	M07	M08	12,176	1944,831
	9	M08	M09	-7,086	2115,077
	10	M09	M10	3,561	2022,645
	11	M10	M11	3,712	2390,991
	12	M11	P11	-6,029	1887,845
	13	P11	P23	81,413	3065,023
Contranivelamento	13	P23	P11	-81,406	7951,127
	12	P11	M11	6,023	1890,227
	11	M11	M10	-3,688	2392,676
	10	M10	M09	-3,565	2026,304
	9	M09	M08	7,105	2109,586
	8	M08	M07	-12,261	1956,941
	7	M07	M06	13,188	1775,195
	6	M06	M05	4,242	1459,806
	5	M05	M04	-3,022	2254,003
	4	M04	M03	9,020	2316,899
	3	M03	M02	1,402	1809,056
	2	M02	M01	-22,626	2019,579
	1	M01	104P	2,798	2007,669

Fonte: Próprio autor.

Foi executada uma análise para avaliar se as observações (diferenças de nível) estavam dentro da precisão informada pelo instrumento, o Nível Leica Sprinter utilizado possui uma precisão nominal de 1,5 mm por Km. A tabela 7 apresenta a comparação entre as diferenças de cotas obtidas com o nivelamento e contranivelamento e a tolerância do instrumento. Onde, o valor  $\Delta H_n$  representa a diferença entre as altitudes de cada marco, obtidas com o nivelamento e o contranivelamento. E a tolerância é dada pela equação 13.

$$\text{Tolerância} = 0,0015 * K \quad (13)$$

Onde:

K = distância do caminhamento em Quilômetros.

Tabela 7 - Análise de qualidade das observações.

Marco	$\Delta H_n$ (m)	Tolerância (m)
104P	0,055	0,089
M01	0,022	0,086
M02	-0,006	0,083
M03	-0,020	0,080
M04	-0,008	0,076
M05	-0,036	0,073
M06	-0,049	0,071
M07	-0,047	0,068
M08	0,039	0,065
M09	0,020	0,062
M10	0,025	0,059
M11	0,000	0,055
P11	0,007	0,053

Fonte: Próprio Autor.

Observado que todas as cotas não excederam a tolerância, foi utilizado o ajustamento de observações pelo método paramétrico para se obter as altitudes niveladas dos marcos utilizados para o transporte, e como injeção absoluta a altitude da RRNN 104P.

Segundo Farret *et.al* (2006), é comum a rejeição da hipótese básica no ajustamento de redes altimétricas, essa rejeição indica problemas no ajustamento, e entre as causas pode-se citar o mau condicionamento da matriz peso, ou uma matriz peso não condizente com a realidade.

Buscando um condicionamento adequado da matriz peso, utilizamos a expressão 14.

$$P_{ii} = \frac{1}{(\sigma_{Lb_i})^2} \quad (14)$$

Onde:

$\sigma_{Lb}$  = diferença entre as observações obtidas com nivelamento e contranivelamento em cada trecho.

Este valor de desvio padrão ( $\sigma_{Lb}$ ) foi adotado por condicionar a matriz peso ao valor real do erro obtido na tomada das observações.

Uma vez definida a matriz dos pesos, pode se finalizar o ajustamento. Segundo Vaniček & Krakiwsky, (1986, p. 237-240 apud Farret, 2006), costuma-se aplicar o teste qui-quadrado na forma quadrática dos resíduos para analisar a discrepância entre a variância da unidade de peso a priori ( $\sigma_0^2$ ) e a variância da unidade de peso a posteriori ( $\hat{\sigma}_0^2$ ), e é o primeiro passo para verificar a qualidade no ajustamento.

A estatística qui-quadrado calculada  $\chi^{*2}$ , é obtida pela equação 15.

$$\chi^{*2} = \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} (n - u) \quad (15)$$

A partir disso é necessário analisar a tabela de distribuição qui-quadrado na forma bicaudal. Para localizar o intervalo na tabela é necessário se conhecer o grau de liberdade e a significância do ajustamento.

O grau de liberdade neste caso é igual a 13, pois no ajustamento possuímos 26 observações (n) e 13 incógnitas (u). E o nível de significância ( $\alpha$ ) é de 5%. Como região de aceitação da hipótese básica temos,  $\chi^2_{13;0,025} < \chi^{*2} < \chi^2_{13;0,975}$ , tendo valor de aceitação no intervalo 5,009 ... 24,736.

Como resultado do  $\chi^{*2}$  temos o valor 6,500, então, a hipótese básica foi aceita mostrando que a matriz peso está condizente com a realidade, a tabela 8 apresenta as altitudes niveladas ajustadas (Hn) dos marcos utilizados para o transporte da RRNN e suas respectivas precisões.

Tabela 8 - Altitudes niveladas ajustadas e precisões.

ID	Hn (m)	$\sigma$ (m)
104P	849,243	0,070
M01	846,461	0,016
M02	869,101	0,022
M03	867,706	0,023
M04	858,681	0,024
M05	861,716	0,027
M06	857,481	0,028
M07	844,292	0,028
M08	856,510	0,051
M09	849,415	0,052
M10	852,978	0,052
M11	856,678	0,053
P11	850,652	0,054
P23	932,062	0,054

Fonte: Próprio autor.

Com a conclusão do ajustamento do transporte, a altitude nivelada do marco P23, pertencente a rede, é conhecida se tornando a referência para o ajustamento da rede municipal.

A avaliação preliminar comparando as diferenças (desvio padrão) entre as DN encontradas no nivelamento e contranivelamento com a precisão nominal do aparelho utilizada para cada trecho, como realizado no ajustamento do transporte, não foi possível ser realizada no ajustamento da rede, pelo fato da rede não possuir um contranivelamento.

Assim uma solução encontrada, foi realizar o ajustamento com todas as observações e analisar os resíduos buscando trechos com maiores erros. Porém antes se faz necessário condicionar a matriz peso de maneira adequada.

Pelo mesmo motivo de a avaliação preliminar não ser possível, o condicionamento dessa matriz peso no mesmo padrão do ajustamento do transporte se torna inviável, pois não podemos ter o desvio padrão (diferenças entre DN) das observações. A solução encontrada foi utilizar para a matriz peso as tolerâncias indicadas pela NBR 13133, apresentada na equação 16:

$$P_i = \frac{1}{(x \text{ mm} \sqrt{K_i})^2} \quad (16)$$

Onde:

$P_i$  = Peso na posição i;

X = Precisão utilizada;

K = Distancia das observações em quilômetros.

Assim como feito em Farret *et.al* (2006), este modelo de matriz peso foi testado sucessivamente, onde variava-se apenas o desvio padrão do instrumento, para verificar-se a faixa limite, onde o desvio padrão do instrumento entrasse na zona de aceitação do teste qui-quadrado.

O grau de liberdade neste caso é igual a 13, pois no ajustamento possuímos 35 observações (n) e 22 incógnitas (u). E o nível de significância ( $\alpha$ ) é de 5%. Como região de aceitação da hipótese básica temos,  $\chi^2_{13;0,025} < \chi^{*2} < \chi^2_{13;0,975}$ , tendo valor de aceitação no intervalo 5,009 ... 24,736.

Como definido pela NBR 13133 na tabela de nivelamento de linhas ou circuitos e sessões, para um nivelamento na classe IN a tolerância de fechamento é de 12 mm  $\sqrt{K}$ , e este foi tomado como o valor inicial do teste. A Tabela 9 apresenta os valores de desvio padrão testados o valor de estatística qui-quadrado calculado para a rede ( $\chi^{*2}$ ) e o intervalo de aceitação.

Tabela 9 - teste de valor de condicionamento da matriz peso.

Desvio Padrão do instrumento	Estatística qui-quadrado calculada ( $\chi^{*2}$ )	Limite do desvio padrão
12 mm	8,551	5,009 - Inferior
10 mm	12,313	
8 mm	19,239	24,736 - Superior
6 mm	34,203	

Fonte: Próprio Autor.

Após a realização do ajustamento foi observado no vetor dos resíduos que o alinhamento P17 → P12, retornava um valor elevado em relação aos demais, podendo indicar erro na observação, então optou-se pela retirada deste alinhamento. A tabela 10 apresenta as observações obtidas com o nivelamento da rede que serão utilizadas no novo ajustamento.

Tabela 10 – Observações da rede altimétrica.

Sentido Caminhamento	Diferença de Nível (m)	Distância Horizontal (m)
P09 → P11	-11,940	783,749
P11 → P16	0,933	872,357
P16 → P12	5,655	738,875
P12 → P13	-5,101	1350,709
P13 → P04	15,575	560,691
P04 → P16	-16,119	732,004
P16 → P18	34,146	610,479
P18 → P23	46,334	1582,187
P17 → P23	6,625	170,916
P17 → P10	-42,295	1136,734
P21 → P10	-18,579	470,609
P21 → P19	9,401	1577,704
P19 → P14	-45,463	823,870
P14 → P07	-2,077	485,144
P07 → P05	-7,049	426,494
P05 → P03	1,473	417,025
P03 → P13	-5,864	831,402
P15 → P03	5,439	878,966
P20 → P01	-43,893	888,574
P01 → P02	-14,340	509,485
P02 → P15	-4,592	796,949
P02 → P03	0,849	510,583
P02 → P04	10,560	691,237
P04 → P22	44,019	667,157
P22 → P01	-40,230	507,921
P05 → P06	-0,459	719,548
P06 → P14	9,588	1079,856
P22 → P08	-17,887	481,041
P08 → P09	-31,226	307,565
P22 → P16	-60,121	1458,677
P22 → P09	-49,124	396,287
P20 → P08	-21,541	1153,834
P17 → P19	-14,315	3185,046
P12 → P14	8,415	2160,064

Fonte: Próprio Autor.

Assim o novo ajustamento teria 34 observações e 22 parâmetros, e um grau de liberdade igual a 12. A tabela 11 apresenta os valores de desvio padrão testados o valor de estatística qui-quadrado calculado para a rede ( $\chi^2$ ) e o novo intervalo de aceitação

$$(\chi^2_{12;0,025} < \chi^2 < \chi^2_{12;0,975}).$$

Tabela 11 - Teste de valor de condicionamento da matriz peso para o novo ajustamento.

Desvio Padrão do instrumento	Estatística qui-quadrado calculada ( $\chi^2$ )	Limite do desvio padrão
12(mm)	2,664	4,404 - Inferior
10 (mm)	3,837	
8(mm)	5,995	23,337 - Superior
6(mm)	10,658	
5(mm)	15,347	
4(mm)	23,980	

Fonte: Próprio Autor.

Analisando a tabela 11 pode-se observar um erro esperado de no máximo  $5 \text{ mm} \cdot \sqrt{K}$  para o nivelamento da rede altimétrica. A tabela 12 apresenta as altitudes niveladas ajustadas e suas respectivas precisões, também enquadrados na classe IN na especificação da norma para nivelamento de linhas ou circuitos e sessões.

Tabela 12 - Altitudes encontradas após nivelamento da rede.

ID	Hn (m)	$\sigma$ (m)
P01	871,486	0,008
P02	857,146	0,007
P03	857,996	0,007
P.A.N 27A	867,705	0,007
P05	856,523	0,007
DER MG 01281	856,065	0,008
P07	863,574	0,007
P08	893,828	0,008
P09	862,598	0,008
P10	883,140	0,006
P11	850,656	0,008
P12	857,238	0,007
P13	852,132	0,007
P14	865,653	0,007
P15	852,555	0,008
P16	851,587	0,007
P17	925,437	0,002
P18	885,732	0,006
P19	911,118	0,006
P20	915,375	0,008
P21	901,719	0,006
P22	911,718	0,007
P23	932,062	0,054

Fonte: Próprio autor.

### 5.2.1 Validação da Rotina do Ajustamento

Como forma de validação para a rotina implementada no software *Microsoft Office Excel*, foi utilizado o Projeto de Fim de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia, do autor Humberto Diego Aguiar Alves cujo título é “Implementação de Sistema Para Cálculos Geodésicos em Ambiente Computacional Livre: Ajustamento de Rede de Nivelamento Geométrico”.

O trabalho implementa uma plataforma na linguagem Python, no modo on-line, que realiza o ajustamento de redes de nivelamento pelo Método dos Mínimos Quadrados, empregando o modelo paramétrico. O trabalho está disponível no endereço: <http://se6alunos.pythonanywhere.com/ajunivgeo>

Após a comparação entre as rotinas, os resultados alcançados foram muito próximos, com aproximado a zero, para o transporte da RRNN, e para a rede municipal a variação foi de em média 2 cm.

A tabela 13 mostra as altitudes niveladas dos marcos utilizados para o transporte encontradas através da rotina implementada no Excel e através do ajustamento online utilizado para validação, bem como sua diferença.

Tabela 13 – Comparação entre rotinas para validação do ajustamento do transporte.

ID	Implementação Excel (m)		Rotina Online (m)		$\Delta H_n$ (m)
	Hn	Prec.	Hn	Prec.	
M01	846,461	0,016	846,462	0,016	0,000
M02	869,101	0,022	869,101	0,022	0,000
M03	867,706	0,023	867,706	0,023	0,000
M04	858,681	0,024	858,681	0,024	0,000
M05	861,716	0,027	861,716	0,027	0,000
M06	857,481	0,028	857,481	0,028	0,000
M07	844,292	0,028	844,292	0,028	0,000
M08	856,510	0,051	856,511	0,051	0,000
M09	849,415	0,052	849,415	0,052	0,000
M10	852,978	0,052	852,978	0,052	0,000
M11	856,678	0,053	856,678	0,053	0,000
P11	850,652	0,054	850,652	0,054	0,000
P23	932,062	0,054	932,062	0,054	0,000

Fonte: Próprio Autor.

A tabela 14 apresenta as altitudes niveladas dos marcos da rede encontradas através da rotina implementada no Excel e através do ajustamento online utilizado para validação, bem como sua diferença.

Tabela 14 – Comparação entre rotinas para validação do ajustamento da rede altimétrica.

ID	Implementação Excel (m)		Rotina Online (m)		$\Delta H_n$ (m)
	Hn	Prec.	Hn	Prec.	
P01	871,486	0,008	871,461	0,011	0,025
P02	857,146	0,007	857,121	0,011	0,025
P03	857,996	0,007	857,971	0,011	0,025
P04	867,705	0,007	867,679	0,010	0,026
P05	856,523	0,007	856,501	0,011	0,023
P06	856,065	0,008	856,043	0,012	0,022
P07	863,574	0,007	863,552	0,011	0,022
P08	893,828	0,008	893,802	0,011	0,025
P09	862,598	0,008	862,573	0,011	0,025
P10	883,140	0,006	883,137	0,010	0,003
P11	850,656	0,008	850,631	0,012	0,025
P12	857,238	0,007	857,205	0,008	0,033
P13	852,132	0,007	852,105	0,010	0,027
P14	865,653	0,007	865,632	0,011	0,021
P15	852,555	0,008	852,530	0,012	0,025
P16	851,587	0,007	851,562	0,009	0,025
P17	925,437	0,002	925,439	0,004	-0,002
P18	885,732	0,006	885,714	0,009	0,018
P19	911,118	0,006	911,105	0,011	0,013
P20	915,375	0,008	915,350	0,013	0,025
P21	901,719	0,006	901,713	0,011	0,006
P22	911,718	0,007	911,693	0,011	0,025

Fonte: Próprio Autor.

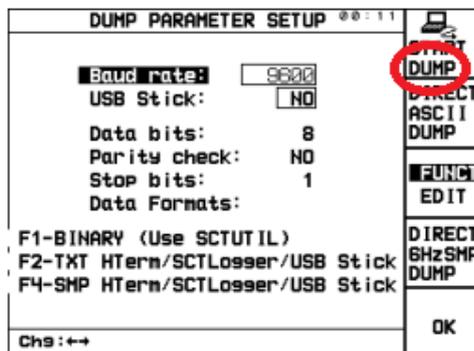
### 5.3 REDE GRAVIMÉTRICA

Neste tópico será descrito em detalhes todo o procedimento do processamento dos dados gravimétricos coletados até se chegar ao valor (g) de gravidade para cada marco.

Iniciou-se o procedimento descarregando os dados da poligonal gravimétrica coletados com o gravímetro e utilizaremos o programa *SCTUTIL - Scintrex Utilities* para tal processo. O primeiro passo é sincronizar o gravímetro ao programa, no menu principal do Gravímetro seleciona-se o botão “dump”, o próximo passo são as configurações de transferência que devem estar compatíveis com a configurações do programa para que a

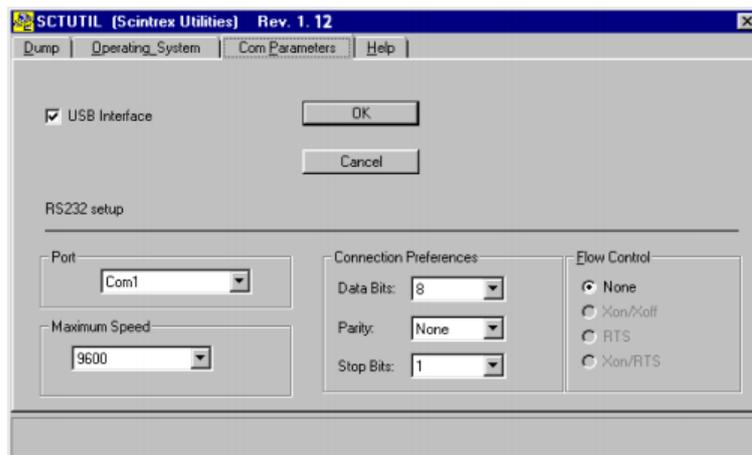
transferência possa ser concluída, foi necessário desmarcar o tópico “USB” pois a transferência foi feita por cabo RS232 vide figura 20 e 21.

Figura 20 - Configurações de Descarregamento do gravímetro - A.



Fonte: SCINTREX 2012.

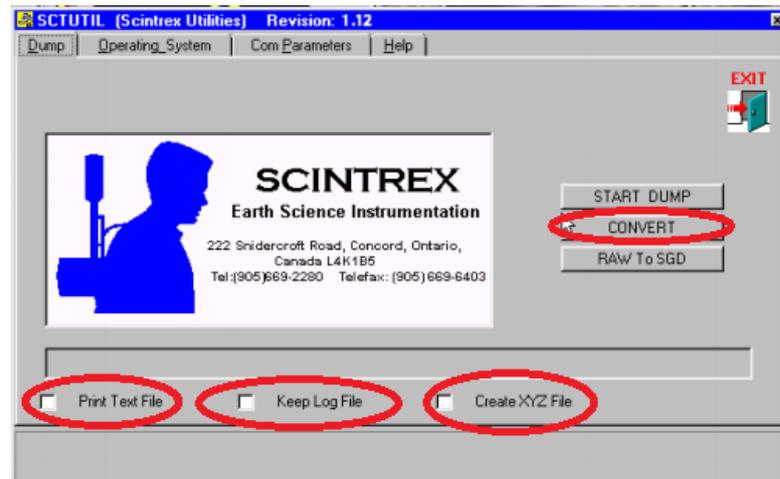
Figura 21 - Configurações de Descarregamento do gravímetro - B.



Fonte: SCINTREX.

Foi marcado também o campo dados .txt e coordenadas XYZ antes de iniciar a transferência. Por fim, concluído as configurações realiza-se a transferência, mas um detalhe se faz importante, após a transferência concluída é necessário a conversão dos dados, ilustrado na figura 22, feito isso os dados serão salvos e estarão disponíveis para utilização.

Figura 22 - Configurações de Descarregamento do gravímetro - C.



Fonte: SCINTREX 2012.

Com os dados brutos disponíveis no formato .txt, o processamento da rede já é possível, e para a realização desse procedimento o programa utilizado foi o GravSur, porém antes da importação foi necessário o tratamento dos dados brutos, as coordenadas fornecidas pelo gravímetro foram substituídas pelas coordenadas obtidas com receptores GNSS de maior precisão, e as altitudes foram substituídas pela altitude elipsoidal corrigida a diferença de altitude entre o centro de massa do aparelho e o marco em cada ponto.

Como citado na seção 4.3.3, para cada ponto foram realizadas 3 leituras, mas foram utilizadas apenas a melhor leitura de cada ponto, sendo importante destacar que os dados das leituras devem ser colocados na ordem exata do caminhamento realizado, com isso somente esses dados serão importados para o programa, a figura 23 exemplifica os dados que foram importados para processamento.

Figura 23 - Dados gravimétricos .txt

```

Dados_Grav_coordenadas corrigidas - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
/ Instrument S/N: 40513
/ Client: IFSULDEMINAS
/ Operator: VAGNER
/ Date: 2017/ 9/11
/ Time: 06:20:00
/ LONG: 46.0000000 W
/ LAT: 23.0000000 S
/ ZONE: 23
/ GMT DIFF.: -3.0

/ CG-5 SETUP PARAMETERS
/ Gref: 0.000
/ Gcal1: 8959.771
/ TiltxS: 713.805
/ TiltyS: 672.806
/ Tiltx0: -14.177
/ Tilty0: -15.840
/ Tempco: -0.127
/ Drift: 0.915
/ DriftTime Start: 06:20:07
/ DriftDate Start: 2017/09/11

/ CG-5 OPTIONS
/ Tide Correction: YES
/ Cont. Tilt: YES
/ Auto Rejection: YES
/ Terrain Corr.: NO
/ Seismic Filter: YES
/ Raw Data: YES
Line 40.000N
/-----LAT-----LONG-----ALT.-----GRAV.---SD.--TILTX--TILTY-TEMP---TIDE---DUR-REJ-----TIME----DEC.TIME+DATE--TERRAIN---DATE
-23.00388889 -46.96472222 870.000 5258.286 0.018 -1.1 0.7 -2.45 0.059 120 0 10:05:09 42957.42 0 11/09/2017
-22.30938867 -46.33204392 929.260 5195.78 0.018 -3.4 1 -2.58 -0.057 120 0 14:36:49 42957.61 0 11/09/2017
-22.31036015 -46.32908445 854.514 5211.903 0.017 -1.7 -0.7 -2.52 -0.059 120 0 14:58:48 42957.62 0 11/09/2017
-22.31490616 -46.32508566 849.474 5213.342 0.019 -0.9 -3.5 -2.46 -0.058 120 0 15:16:13 42957.64 0 11/09/2017
-22.31598933 -46.32130884 855.344 5212.605 0.028 -1.8 -1.6 -2.55 -0.053 120 0 15:46:45 42957.66 0 11/09/2017

```

Fonte: Próprio Autor.

Com os dados já organizados a importação para o software GravSur pode ser realizada, no menu Arquivo → importar seleciona-se o arquivo e o tipo de arquivo que deseja importar e na sequência o tipo de altitude. Para o caso deste trabalho as opções foram arquivo do tipo .txt e altitude elipsoidal. Importado os dados, a rede aparece na tela principal, a figura 24 apresenta a rede gravimétrica formada. A linha que se apresenta saindo da imagem representa o vetor entre o ponto P23 e ponto de gravidade absoluto no Observatório de Valinhos-SP.



Figura 25 – Propriedades da Estação.

Propriedades da Estação

Identificação

Código: P23 ID: 2

Descrição: TORRE

Coordenadas

Horizontal Vertical

Latitude: 22°18'33,80" S Elipsoidal: 929,26

Longitude: 046°19'55,36" W Ortométrica: 932,198

MAGGED2010 SIRGAS

Valor de G

Valor de entrada: 0 Livre

Desvio Padrão entre Gravity Normal: 978777,160 mGal

reduções: Não calculado Anomalia Free-Air: Não calculado

Valor Ajustado: Não calculado Anomalia Bouguer: Não calculado

Valor de G observado

- G: 978563,626 Circuito:Dados\_Grav\_coordenadas corrigidas(Dados
- G: 978563,739 Circuito:Dados\_Grav\_coordenadas corrigidas(Dados
- G: 978563,739 Circuito:Dados\_Grav\_coordenadas corrigidas(Dados
- G: 978563,726 Circuito:Dados\_Grav\_coordenadas corrigidas(Dados
- Média...: 978563,697 mGal
- Obs. Deriva e Irrelevante(Reocupação) não considerados na médi

Carrega fotos Atualiza Cancela

Fonte: GravSur.

Nesse ponto do trabalho se começam a relacionar todas as outras fases: a rede planimétrica e as altitudes niveladas. Como se exemplifica na figura 25 as propriedades são divididas em “Identificação”, “Coordenadas” e “Valor de G”.

Na identificação é onde se nomeia e descreve o ponto, no campo coordenadas, as coordenadas geodésicas de navegação que são inseridos ao importar os dados são substituídos pelas coordenadas geodésicas da rede planimétrica do município. No campo “vertical” as altitudes elipsoidais corrigidas também são informações da rede planimétrica encontradas por posicionamento GNSS, já a altitude ortométrica foi preenchida com a altitude nivelada (Hn), encontrada por nivelamento geométrico.

Na propriedade de “Valor de G”, com exceção da estação de referência absoluta em Valinhos-SP, o campo de valor de entrada permanece vazio, pois é justamente a informação que se procura no processamento, e no campo ao lado é selecionado a opção “livre”. Para o ponto de referência esses campos são preenchidos com o valor “g” de gravidade conhecido e ponto tipo “fixo”.

Configurado todas as estações da rede, o processamento pode ser finalizado e para isso basta duplo click sobre qualquer linha do caminhamento e em sequência selecionar a

direita o circuito com duplo click. Duas abas na janela aberta estarão disponíveis: Leituras e Resultados.

Na aba “Leitura” são exibidos os dados de leitura, hora e data e podem ser editados a qualquer momento, é importante que esses dados estejam corretos pois são relevantes no processamento. Onde acontece a Deriva Estática, é importante substituir o tipo de leitura de “normal” por “deriva” para que as correções possam ser feitas. Feito toda a configuração e clicando na aba “Resultados” automaticamente os resultados são exibidos. A tabela 15 Tabela 15 exibe os valores de gravidade teóricos encontrados no processamento.

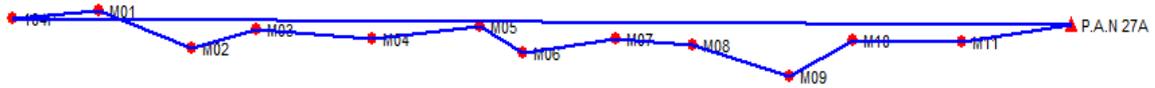
Tabela 15 - Valores de gravidade obtidos com processamento da poligonal gravimétrica.

ID	g (observado) mGal
Valinhos	978563,744
P01	978563,810
P02	978563,808
P03	978563,647
P.A.N 27A	978563,788
P05	978563,675
DER-MG 01281	978563,665
P07	978563,685
P08	978563,811
P09	978563,807
P10	978563,721
P11	978563,785
P12	978563,639
P13	978563,641
P14	978563,692
P15	978563,803
P16	978563,791
P17	978563,756
P18	978563,778
P19	978563,708
P20	978563,811
P21	978563,715
P22	978563,805
P23	978563,765

Fonte: Próprio Autor.

Agora com os valores de gravidade conhecidos em toda a rede municipal se faz necessário realizar uma nova poligonal gravimétrica para calcular os valores de gravidades dos marcos utilizados no transporte até a RRNN 104P. E como referência qualquer marco com gravidade conhecida pode ser utilizada, sendo assim optou-se pelo marco PAN 27A, a poligonal gravimétrica para o transporte é exibida na figura 26.

Figura 26 – Rede Gravimétrica: Transporte.



Fonte: GravSur.

Pode-se citar algumas diferenças entre os processamentos das poligonais gravimétricas, diferentemente do processamento da poligonal da rede municipal, para o transporte utilizou-se de coordenadas geodésicas de navegação, e os dados de entrada foram altitudes ortométricas (niveladas), pois esses marcos com exceção da RN 104P não foram levantados com posicionamento por GNSS.

Conhecendo a gravidade em todos os marcos envolvidos no desenvolvimento da rede, é possível calcular as altitudes ortométricas para cada desses marcos. Assunto que será abordado no próximo tópico.

#### 5.4 CALCULO DA ALTITUDE ORTOMÉTRICA DE HELMERT ( $H^H$ )

“Para obtermos a altitude ortométrica de um ponto P na superfície terrestre devemos conhecer o valor médio da gravidade entre o geoide e a superfície física da Terra ao longo da vertical. Em vista da impossibilidade de efetuar observações entre o geoide e o geope do ponto P, como também o não conhecimento da densidade de massas acima do geoide, com suficiente precisão, dificultando a obtenção da altitude ortométrica, assim, podemos notar o caráter puramente teórico da altitude ortométrica (GEMAEL, 2002)”. Existem diversos procedimentos para a obtenção da altitude ortométrica, dentre essas a proposta mais utilizada para fins práticos é a altitude de Helmert (GEMAEL, 2002), sendo esta a escolhida para esse trabalho.

O cálculo da altitude ortométrica de Helmert se dá pela equação 17:

$$H^H = \frac{C_i}{g_i^H} \quad (17)$$

Onde:

$H^H$  = Altitude de Helmert (m);

$C_i$  = Número de geopotencial no ponto ( $m^2s^{-2}$ );

$g_i^H$  = Valor médio da gravidade ( $ms^{-2}$ ).

Encontrando o valor médio da gravidade pela equação 18:

$$g_i^H = g_i + 0,0424 Hn \quad (18)$$

Onde:

$g_i$  = Valor de gravidade observada no ponto;

$Hn$  = Altitude nivelada.

Apresentado a equação para o cálculo da altitude ortométrica de Helmert, observa-se que já se conhece a altitude nivelada ( $Hn$ ) e a gravidade ( $g$ ), valores encontrados na superfície terrestre, então para obter-se a altitude ortométrica se faz necessário conhecer o número geopotencial ( $C_i$ ) também na superfície terrestre para cada marco. O procedimento para tal se deu da seguinte forma: iniciando na RN 104P com finalização no marco de referência altimétrico da rede municipal P23 e na sequência calculando-se ( $C_i$ ) para o restante da rede.

Na RN 104P não se conhece a altitude ortométrica na superfície terrestre, apenas a altitude nivelada já corrigida do não paralelismo entre as linhas equipotenciais. Para calcularmos o número geopotencial deste ponto considera-se esta altitude conhecida como sendo a altitude ortométrica, visando obter o número geopotencial neste ponto. Assim multiplicando essa altitude pelo valor de gravidade do ponto temos o valor  $C$  de referência, com valor calculado de  $8310,661 m^2s^{-2}$ .

Feito isso, realizou-se o cálculo da variação de geopotencial ( $\Delta C_i$ ), ou seja, variação que acontece em cada trecho, tanto da rede municipal quanto a do transporte. O cálculo se dá multiplicando a diferença de altitude nivelada do trecho ( $\Delta Hn$ ) pela média geométrica da gravidade entre os dois pontos ( $g_{mi}$ ) que compõe esse trecho (equação 19), assim encontrando a variação de geopotencial dos trechos.

$$\Delta C_i = \Delta Hn . g_{mi} \quad (19)$$

Essa equação foi obtida a partir da manipulação da equação de Helmert (equação 16) substituindo-se a altitude de Helmert ( $H^H$ ) pela diferença entre as altitudes niveladas observadas ( $\Delta H_n$ ) e o valor médio de gravidade ( $g_i^H$ ) pelo valor de gravidade observado médio ( $g_{mi}$ ). Exemplificando:  $\Delta C_{01-02} = (H_{nP02} - H_{nP01}) * (g_{P01} + g_{P02}) / 2$ .

Realizado esse procedimento para todos trechos podemos calcular a altitude ortométrica de Helmert, iniciando na RRNN 104P o caminhamento para os cálculos.

O processo para o cálculo da altitude ortométrica de Helmert consiste em adicionar ao valor de referência  $C_{104}$  os valores de  $\Delta C$  até o marco de interesse, fazendo isso obtém-se o valor geopotencial do marco e aplicando o mesmo na equação 17 obtém-se a altitude ortométrica calculada. A tabela 16 resume o procedimento descrito entre a RRNN 104P e o marco P23.

Tabela 16 – Cálculo altitude ortométrica para transporte da RN.

ID	Hn (m)	gi (mGal)	$\Delta H_n$ (m)	gmi (mGal)	$g_i^H$ (mGal)	$\Delta C_i$ (m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )	$\sum \Delta C_i$ (m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )	$H^H$ (m)
104P	849,243	978560,676	-	-	978596,684	-	8310,661	-
M01	846,461	978561,429	-2,781	978561,053	978597,319	-27,218	8283,443	846,461
M02	869,101	978557,880	22,640	978559,655	978594,730	221,544	8504,987	869,102
M03	867,706	978557,059	-1,395	978557,470	978593,850	-13,652	8491,335	867,708
M04	858,681	978559,490	-9,025	978558,275	978595,898	-88,319	8403,016	858,681
M05	861,716	978560,042	3,036	978559,766	978596,579	29,706	8432,721	861,716
M06	857,481	978563,136	-4,236	978561,589	978599,493	-41,447	8391,274	857,478
M07	844,292	978567,328	-13,189	978565,232	978603,126	-129,060	8262,214	844,286
M08	856,510	978565,029	12,218	978566,179	978601,345	119,565	8381,779	856,506
M09	849,415	978567,840	-7,095	978566,435	978603,855	-69,433	8312,345	849,409
M10	852,978	978568,382	3,563	978568,111	978604,548	34,867	8347,212	852,971
M11	856,678	978566,360	3,700	978567,371	978602,683	36,208	8383,421	856,673
P11	850,652	978563,785	-6,026	978565,073	978599,853	-58,969	8324,452	850,649
P23	932,062	978563,765	81,410	978563,775	978603,284	796,644	9121,096	932,052

Fonte: Próprio Autor.

O procedimento, como citado no início do tópico, teve como referência a RN 104P com destino ao ponto P23, passando por todos os marcos de controle utilizados no transporte da RN. Já para rede municipal o marco de referência conhecido agora é o P23 com valor de  $C_{P23}$  igual a 9121,096 m<sup>2</sup>s<sup>-2</sup>.

A tabela 17 apresenta os dados utilizados para os cálculos da diferença de geopotencial para rede municipal. Enquanto a tabela 18 resume os cálculos descritos para a determinação da altitude ortométrica de Helmert dos pontos internos da rede. Sendo

importante ressaltar que para os cálculos foi definido como caminhamento o mesmo trajeto utilizado para o ajustamento da rede altimétrica.

Tabela 17 – Cálculo do valor  $\Delta C_i$  para a rede municipal.

SC.	$\Delta H_n$ (m)	$g_{mi}$ (mGal)	$\Delta C_i$ (m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )
P09 → P11	-11,942	978563,80	-116,860
P11 → P16	0,931	978563,79	9,110
P16 → P12	5,651	978563,72	55,299
P12 → P13	-5,106	978563,64	-49,965
P13 → P04	15,573	978563,72	152,392
P04 → P16	-16,118	978563,79	-157,725
P16 → P18	34,145	978563,79	334,131
P18 → P23	46,330	978563,77	453,369
P17 → P23	6,625	978563,76	64,830
P17 → P10	-42,297	978563,74	-413,903
P21 → P10	-18,579	978563,72	-181,807
P21 → P19	9,399	978563,71	91,975
P19 → P14	-45,465	978563,70	-444,904
P14 → P07	-2,079	978563,69	-20,344
P07 → P05	-7,051	978563,68	-68,999
P05 → P03	1,473	978563,66	14,414
P03 → P13	-5,864	978563,64	-57,383
P15 → P03	5,441	978563,73	53,244
P20 → P01	-43,889	978563,81	-429,482
P01 → P02	-14,340	978563,81	-140,326
P02 → P15	-4,591	978563,81	-44,926
P02 → P03	0,850	978563,73	8,318
P02 → P04	10,559	978563,80	103,327
P04 → P22	44,013	978563,80	430,695
P22 → P01	-40,232	978563,81	-393,696
P05 → P06	-0,458	978563,67	-4,482
P06 → P14	9,588	978563,68	93,825
P22 → P08	-17,890	978563,81	-175,065
P08 → P09	-31,230	978563,81	-305,605
P22 → P16	-60,131	978563,80	-588,420
P22 → P09	-49,120	978563,81	-480,671
P17 → P12	-68,199	978563,70	-667,371
P20 → P08	-21,547	978563,81	-210,851
P17 → P19	-14,319	978563,73	-140,121
P12 → P14	8,415	978563,67	82,346

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 18 – Cálculo da altitude Ortométrica de Helmert para rede municipal.

ID	Hn (m)	gi (mGal)	$g_i^H$ (mGal)	$\Sigma\Delta C_i$ (m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )	H <sup>H</sup> (m)
P01	871,486	978563,81	978600,76	8528,317	871,481
P02	857,146	978563,81	978600,15	8387,991	857,142
P03	857,996	978563,65	978600,03	8396,308	857,992
PAN 27A	867,705	978563,79	978600,58	8491,317	867,700
P05	856,523	978563,68	978599,99	8381,894	856,519
DERMG 01218	856,065	978563,67	978599,96	8377,412	856,061
P07	863,574	978563,69	978600,30	8450,893	863,569
P08	893,828	978563,81	978601,71	8746,947	893,821
P09	862,598	978563,81	978600,38	8441,342	862,593
P10	883,140	978563,72	978601,17	8642,359	883,134
P11	850,656	978563,79	978599,85	8324,482	850,652
P12	857,238	978563,64	978599,99	8388,891	857,234
P13	852,132	978563,64	978599,77	8338,926	852,128
P14	865,653	978563,69	978600,40	8471,237	865,648
P15	852,555	978563,80	978599,95	8343,065	852,551
P16	851,587	978563,79	978599,90	8333,592	851,583
P17	925,437	978563,76	978602,99	9056,262	925,428
P18	885,732	978563,78	978601,33	8667,723	885,726
P19	911,118	978563,71	978602,34	8916,141	911,110
P20	915,375	978563,81	978602,62	8957,799	915,366
P21	901,719	978563,72	978601,95	8824,166	901,711
P22	911,718	978563,81	978602,46	8922,013	911,710
P23	932,062	978563,77	978603,28	9121,091	932,052

Fonte: Próprio Autor.

Em posse dessas informações podemos fazer algumas comparações utilizando os resultados. A tabela 19 apresenta a diferença entre as altitudes niveladas e as altitudes ortométricas de Helmert encontradas para cada ponto ( $H^H - H_n$ ). Analisando a tabela podemos perceber que as diferenças se encontram na casa dos milímetros.

Tabela 19 - Comparação entre altitude ortométrica de Helmert e altitude nivelada.

ID	Hn (m)	H <sup>H</sup> (m)	H <sup>H</sup> - Hn (m)
P01	871,486	871,481	0,005
P02	857,146	857,142	0,004
P03	857,996	857,992	0,004
PAN 27A	867,705	867,700	0,005
P05	856,523	856,519	0,005
DERMG 01812	856,065	856,061	0,004
P07	863,574	863,569	0,004
P08	893,828	893,821	0,007
P09	862,598	862,593	0,004
P10	883,140	883,134	0,006
P11	850,656	850,652	0,004
P12	857,238	857,234	0,004
P13	852,132	852,128	0,004
P14	865,653	865,648	0,004
P15	852,555	852,551	0,004
P16	851,587	851,583	0,004
P17	925,437	925,428	0,009
P18	885,732	885,726	0,006
P19	911,118	911,110	0,008
P20	915,375	915,366	0,008
P21	901,719	901,711	0,007
P22	911,718	911,710	0,009
P23	932,062	932,052	0,010

Fonte: Próprio Autor.

A tabela 20 apresenta a comparação entre as altitudes ortométricas de Helmert encontradas e as altitudes ortométricas obtidas utilizando o MAPGEO2015. Analisando os resultados a maior variação foi verificada no ponto DERMG 01812, com um valor de diferença próximo a 18 cm, sendo o único valor acima do erro esperado pelo MAPGEO2015 que é de 17 cm segundo IBGE.

Tabela 20 - Comparação entre altitude ortométrica de Helmert e altitude ortométrica obtida com MAPGEO2015.

ID	H <sup>H</sup>	h (m)	N MAPGEO	H MAPGEO (m)	H <sup>H</sup> -H MAPGEO (m)
P01	871,481	868,764	-2,75	871,514	0,033
P02	857,142	854,515	-2,74	857,255	0,113
P03	857,991	855,344	-2,74	858,084	0,093
PAN 27A	867,700	864,971	-2,76	867,731	0,031
P05	856,519	853,920	-2,74	856,660	0,141
DERMG 01812	856,061	853,520	-2,72	856,240	0,179
P07	863,569	860,967	-2,75	863,717	0,148
P08	893,821	890,998	-2,77	893,768	0,053
P09	862,593	859,799	-2,77	862,569	0,024
P10	883,134	880,325	-2,82	883,145	0,011
P11	850,652	847,886	-2,78	850,666	0,014
P12	857,234	854,514	-2,78	857,294	0,060
P13	852,128	849,474	-2,75	852,224	0,096
P14	865,648	863,043	-2,76	865,803	0,155
P15	852,551	849,955	-2,72	852,675	0,124
P16	851,583	848,837	-2,78	851,617	0,034
P17	925,427	922,639	-2,79	925,429	0,002
P18	885,726	882,913	-2,80	885,713	0,013
P19	911,110	908,445	-2,78	911,225	0,115
P20	915,366	912,752	-2,75	915,502	0,136
P21	901,711	898,945	-2,81	901,755	0,044
P22	911,710	908,951	-2,76	911,711	0,001
P23	932,052	929,260	-2,79	932,050	0,002

Fonte: Próprio Autor.

## 5.5 DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS

Uma vez finalizados todos os procedimentos para a implantação das Rede Planimétrica, Altimétrica e Gravimétrica, foi gerado para cada ponto um Relatório de Monografia de Marco, contendo informações como: coordenadas geodésicas (latitude e longitude e altitude), coordenadas no sistema UTM (E, N), altitudes ortométricas de Helmert e valores de gravidade. Todos os relatórios são apresentados no apêndice A.

A fim de se disponibilizar os dados para a comunidade, foi desenvolvido então um site que possui um mapa interativo da área em estudo, que permite a navegação pela região da rede, podendo os marcos serem observados tanto de forma individual quanto de forma geral.

Para isso foi utilizado o software *Notepad++ v7.2.2*, e uma linguagem HTML (código empregado na estruturação de páginas web) associado ao sistema de APIs (Application Programming Interface ou Interface de Programação de Aplicativos) do Google

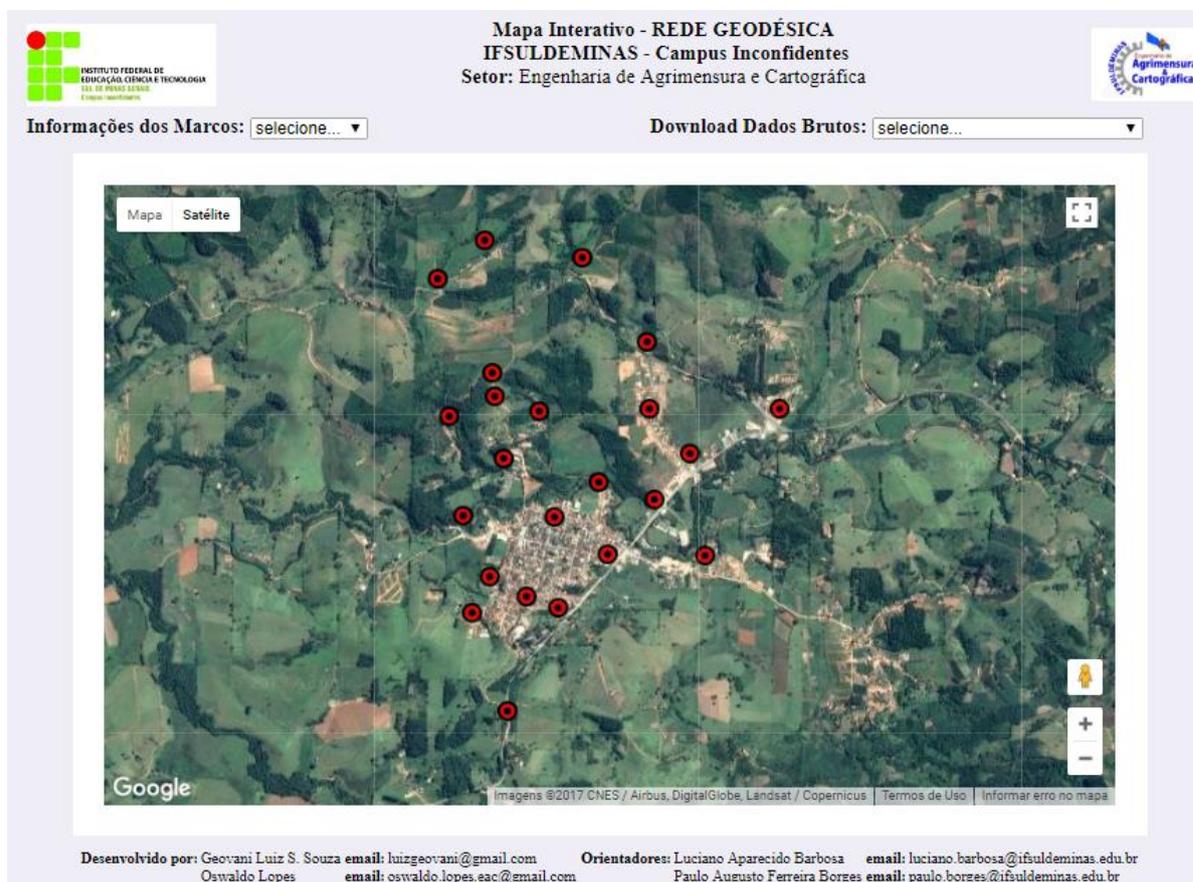
Maps, que permite a criação de mapas com locais definidos, controle de zoom, tipos de mapa, geração de rotas, e muitas coisas mais.

O código fonte do site foi estruturado de forma a permitir a visualização de todos os marcos da rede no mapa personalizado, bem como o fácil acesso a cada um individualmente, por meio de um menu de seleção. Permitindo também o download da monografia do marco quando este for selecionado no mapa.

A página inicial do site mostra uma visão geral da rede, para se obter as informações específicas de cada marco é necessário buscar o ID do mesmo no menu de seleção, o ponto em questão será centralizado no mapa e após isso deve-se clicar neste ponto para abrir a janela de informação que contém o link para download do Relatório de Monografia de Marco.

Também estão disponíveis no site os dados brutos do posicionamento GNSS de cada marco, do nivelamento geométrico da rede interna e do transporte da RRNN e também os dados da poligonal gravimétrica obtidos com gravímetro. A figura 27 apresenta a tela inicial da página de acesso.

Figura 27 - Tela inicial do mapa iterativo.

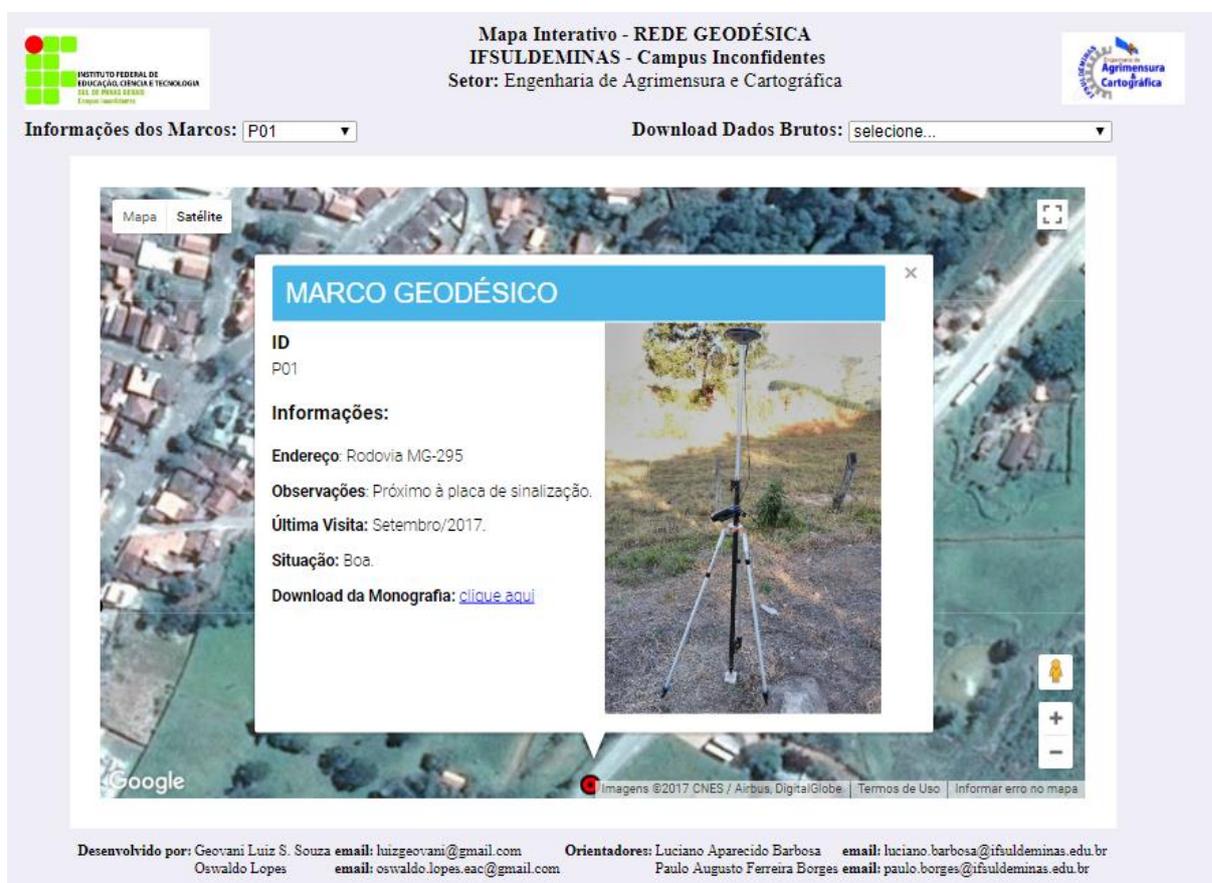


Fonte: Próprio Autor.

Como pode ser observado todos os marcos da rede municipal estão identificados na imagem, clicando sobre eles o ID do marco será exibido, identificando-o para que possa ser selecionado na aba “Informações dos Marcos” encontrada na parte superior esquerda, após escolhido o marco esse te dará informações como itinerário, imagens e situação do mesmo bem como o link para download do Relatório de Monografia de Marco.

A figura 28 apresenta o layout da infowindow do marco P01, mostrando informações gerais, imagem e o link para download.

Figura 28 – Exemplo de Infowindow de um marco.



Fonte: Próprio Autor.

A aba “Download Dados Brutos” permite baixar os dados brutos do posicionamento GNSS, Nivelamento Geométrico e Levantamento Gravimétrico utilizados no trabalho.

Site disponível no endereço: <https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/luciano.barbosa/TCCs/rede>.

## 6 CONCLUSÕES

No decorrer deste trabalho, foi implantada uma rede geodésica que possui dados planimétricos, altimétricos e gravimétricos. A obtenção dos diferentes tipos de dados apresentou problemas e dificuldades intrínsecas ao tipo de informação que se queria alcançar. Inicialmente, a rede planimétrica demandou posicionamento GNSS em todos os marcos da rede, uma dificuldade presente nesta etapa foi o tempo gasto na coleta destes dados, pois foram empregados no máximo quatro receptores GNSS simultaneamente, e devido à rede possuir 23 marcos, tiveram que ser executadas várias campanhas para a coleta de todos os dados.

Para o nivelamento geométrico do transporte da RRNN, a maior dificuldade encontrada foi a distância demasiadamente grande entre o marco 104P do IBGE que foi usado como referência até o marco P23 situado no interior da rede. Este fato gera dois problemas, o primeiro é o tempo gasto com a execução do nivelamento, e o segundo são os erros que uma linha de nivelamento muito grande gera, mesmo que sejam considerados apenas os erros aleatórios. Uma sugestão de solução para esse problema seria o uso da técnica de determinação de N a partir do GPS/nivelamento (FEATHERSTONE *et al.* (1998) apud Arana, 2000).

Na coleta dos dados gravimétricos a distância entre o ponto de gravidade absoluto localizado no Observatório Abraão De Moraes/Valinhos e a área de estudo gerou os maiores problemas, uma vez que o deslocamento entre esses pontos demandava aproximadamente três horas, isso dificultou em parte a execução da poligonal gravimétrica utilizada para a coleta dos dados gravimétricos.

Uma vez citadas as dificuldades encontradas, pode-se oferecer algumas sugestões que facilitem a execução de um trabalho semelhante. Para a rede planimétrica, não implantar os marcos perto de árvores de grande porte, edificações e redes de transmissão elétrica, a fim de evitar multicaminhamento e perda de sinal no posicionamento GNSS, em especial para os marcos de precisão monumentá-los no interior de caixas metálicas enterradas que auxiliem na proteção e durabilidade dos mesmos.

Para a implantação da rede gravimétrica evitar locais próximos a rodovias, árvores de grande porte e redes de transmissão elétrica, para a monumentação dos marcos, devido a sensibilidade do aparelho, as menores variações são detectadas causando ruídos nas leituras.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se sugerir a utilização dos dados obtidos com este trabalho, para a elaboração de um modelo geoidal local, e também determinação de altitudes ortométricas utilizando conceitos de altitudes científicas de modo a avaliar diferentes propostas para cálculo da altitude ortométrica.

Sugere-se também executar o ajustamento para os valores de diferença de geopotencial ( $\Delta Ci$ ), buscando uma solução única para os resultados, pois da forma descrita o resultado varia de acordo com o caminhamento realizado.

Por fim, a rede implantada atende aos parâmetros definidos pelos órgãos reguladores (IBGE), com precisões que se enquadram nas melhores classes definidas nas normas 14166 e 13133. Trazendo como proposto benefícios ao município, sejam eles comerciais, na infraestrutura, no planejamento e pesquisa acadêmica.

Todo o processo de implantação das redes para o município de Inconfidentes demandou um tempo aproximado 19 meses, visto que as atividades não foram executadas ininterruptamente, tendo sua iniciação em março de 2016, e seu encerramento em outubro de 2017.

## 7 REFERÊNCIAS

ALVES, H. D. A. **Implementação de sistema para cálculos geodésicos em ambiente computacional livre**: ajustamento de rede de nivelamento geométrico. 2016. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica, Departamento de Ciência e Tecnologia, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2016.

ARANA, J. M. **O uso do gps na elaboração de carta geoidal**. 2000. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 13133**: Execução De Levantamento Topográfico – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 14166**: Rede De Referência Cadastral Municipal. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução nº 1. **Altera A Caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2005.

CAMARGO, P. O. **Ajustamento de Observações**. Presidente Prudente: 2000. 222 p. Notas de Aula.

DATAGEOSIS OFFICE. **O software da topografia e Geodésia**. Disponível em: <<http://www.datageosis.com/>>. Acesso em: 06 set. 2017.

FARRET, J. C. Uma matriz dos pesos alternativa para o ajustamento dos nivelamentos diretos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 12, n. 1, p.65-86, 06/2006.

FERREIRA, V. G. **Levantamentos gravimétricos**. Notas de Aula. Curitiba: 2007.

FREITAS, S. R. C.; BLITZKOW, D. Altitudes e geopotencial. **International Geoid Service**, Milão, n. 9, p.47-62, jun. 1999.

GOOGLE. **Veja o mundo de uma nova perspectiva**. Disponível em: < <https://www.google.com/earth/resources> >. Acesso em: 06 set. 2017.

IBGE, Resolução PR-nº 22, de 21 de Junho de 1983. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**. Boletim de serviço nº 1602. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 1 ed. Brasília, 2013a. 34 p.

KLEIN, I. **Planejamento De Redes Geodésicas Resistentes A Múltiplos Outliers**. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 1, p.480-507, jul. 2012.

LOBIANCO, M. C. B.; BLITZKOW, D.; MATOS, A. C. O. C. **O Novo Modelo Geoidal Para O Brasil**. In: Colóquio Brasileiro De Ciências Geodésicas, 4., 2005, Curitiba. **Anais...** . Curitiba: CBCG, 2005.

LUZ, R. T.; GUIMARÃES, V. M. Realidade e Perspectivas da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro. In: **Colóquio Brasileiro De Ciências Geodésicas**, 2., 2001, Curitiba. **Anais...** . Curitiba: 2001.

MEDINA, A. S.; GEMAEL, C; FREITAS, S. R. C. A Altitude e o Sistema de Referência Vertical. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA**, 2002, Presidente Prudente. **Anais...** . Presidente Prudente: Sbg, 2002. p. 1 - 4.

NAZARENO, N. R. X. **Introdução ao Ajustamento de Observações**. Goiânia: 2012. 95 p. Notas de Aula.

PAVLIS, N. K; Holmes, S. A.; Kenyon, S. C.; Factor, J. K. **The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008)**, J. Geophys. Res., 117, B04406, doi:10.1029/2011JB008916.

SILVA, A. L.; LIMA, M. A. A.; COSTA, S. M. A. **Redes Estaduais Gps: Situação Atual E Perspectiva Futura**. In: Simpósio Brasileiro De Ciências Geodésicas E Tecnologias Da Geoinformação, 2., 2008, Recife. **Anais...** . Recife: SBCGTG, 2008.

SIRGAS. **Sistema De Referência Para As Américas**. Disponível em: < <http://www.sirgas.org/index.php?id=15> > acesso em 29/08/2017.

SPECTRA PRECISION. **Spectra Precision Surveying**. Disponível em: < <http://www.spectraprecision.com/pt/> >. Acesso em: 06 set. 2017.

TEIXEIRA, N. N.; FERREIRA, L. D. D. **Análise Da Confiabilidade De Redes Geodésicas**. **Boletim De Ciências Geodésicas**, Curitiba: BCG, v. 9, n. 2, p.199-216, jul. 2003.

**VASCONCELLOS, J. C. P. Estudo De Metodologia Para Vinculação e Homogeneização De Redes Geodésicas GPS: Implementação De Um Programa De Ajustamento.** 2003. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

## **8 APENDICES**

### APENDICE A – RELATÓRIOS DE MONOGRAFIA DE MARCO



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P01	Situação do Marco:	Boa
-------------	-----	--------------------	-----

Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 19' 22,43544"S		0,009 m
Longitude	46° 19' 39,93261"W		0,006 m
Altitude Elipsoidal	868,764 m		0,019 m
Coordenadas UTM	E	363251,252 m	Fuso 23 S
	N	7530830,068 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	871,481 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,810 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do mesmo.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
 Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
 Fone: (35) 3464-1200  
 Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

P.A.N 27A – P01

Partindo de frente a igreja matriz, na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção à R. Tomás Antônio Gonzaga;

Vire à direita na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;

Marco se encontra próximo a uma placa de sinalização.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
 Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
 Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P02	Situação do Marco:	Boa
-------------	-----	--------------------	-----

Elipsoide		SIRGAS 2000	Sigmas Desvio Padrão
Datum			
Latitude		22° 19' 10,15729"S	0,008 m
Longitude		46° 19' 28,12421"W	0,005 m
Altitude Elipsoidal		854,515 m	0,016 m
Coordenadas UTM	E	363585,806 m	Fuso 23 S MC -45
	N	7531210,632 m	
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>		857,142 m	Época: 2000,4
Gravidade Observada		978563,808 mGal	

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do ponto.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P02

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção à R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Vire à direita na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;  
Marco próximo a um poste de iluminação.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P03	Situação do Marco:	Boa
-------------	-----	--------------------	-----

Elipsoide	SIRGAS 2000	Sigmas
Datum		Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 57,56159"S	0,008 m
Longitude	46° 19' 16,71181"W	0,006 m
Altitude Elipsoidal	855,344 m	0,017 m
Coordenadas UTM	363908,959 m	Fuso 23 S
	7531600,853 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	857,992 m	Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,647 mGal	

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P03

Partindo da Igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Vire à esquerda na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;  
Marco próximo a fábrica Rayza Tapetes e Linhas.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P.A.N 27A	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 19' 01,67621"S		0,009 m
Longitude	46° 19' 40,95874"W		0,005 m
Altitude Elipsoidal	864,971 m		0,015 m
Coordenadas UTM	E	363216,271 m	Fuso 23 S
	N	7531468,224 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	867,700 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,788 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Chapa de aço do DNPM fixada no concreto.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

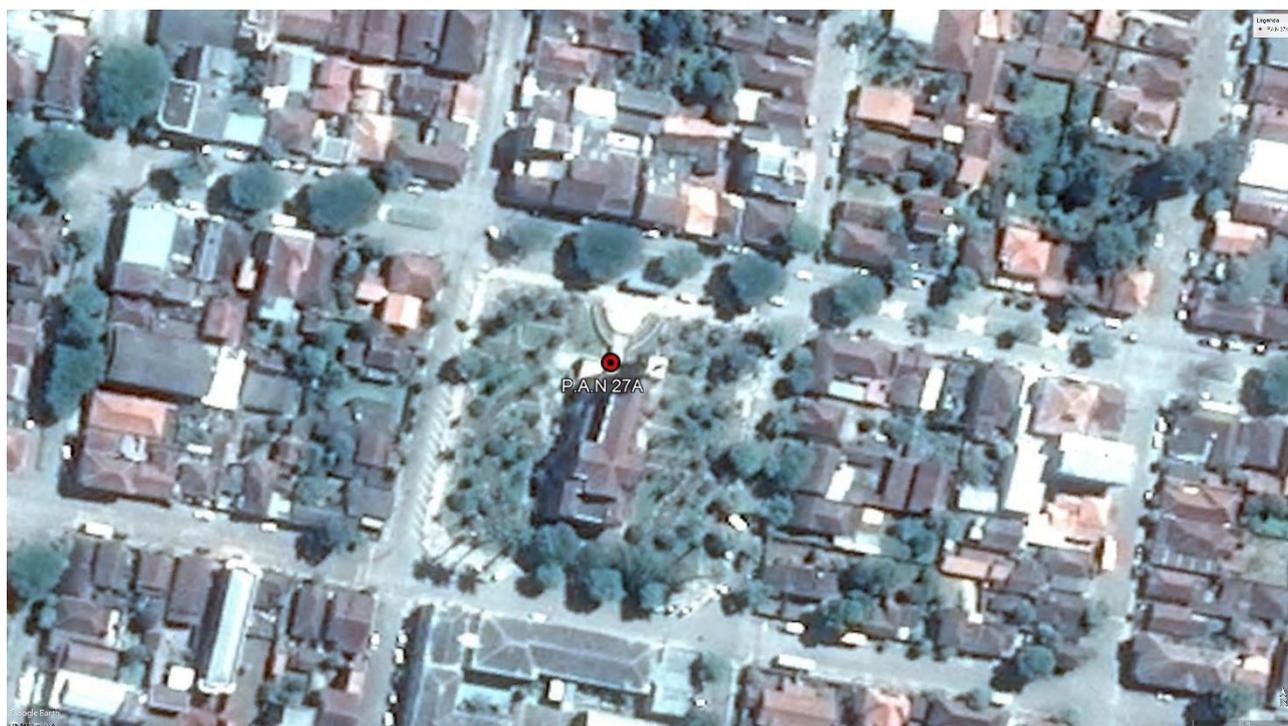
Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

Marco Situado na escadaria frontal da igreja matriz da cidade de Inconfidentes - MG

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



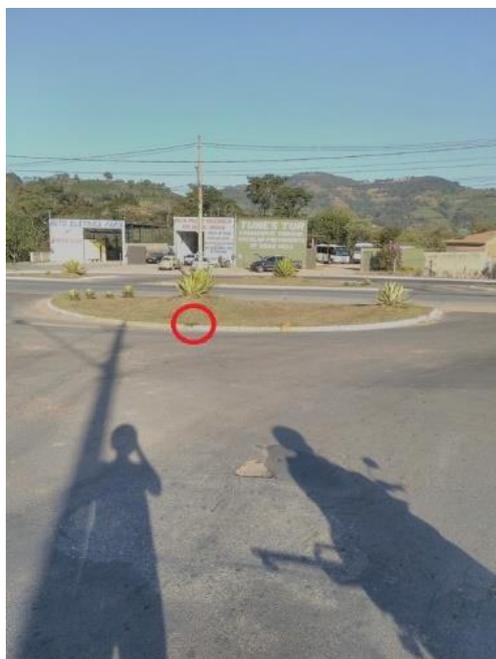
IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P05	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 46,97211"S		0,009 m
Longitude	46° 19' 07,99370"W		0,007 m
Altitude Elipsoidal	853,920 m		0,023 m
Coordenadas UTM	E	364155,571 m	Fuso 23 S
	N	7531928,696 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	865,519 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,675 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

P.A.N 27A – P05

Partindo da igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;

Vire à esquerda na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;

Pegue a rotatória sentido Bairro Portal, Marco de encontra na rotatória.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

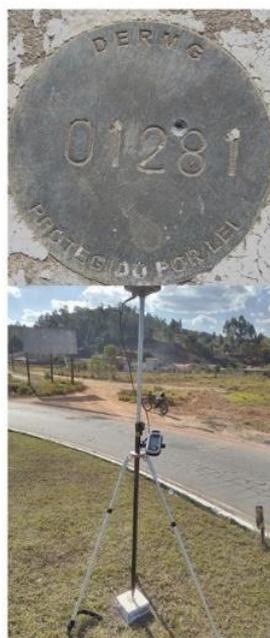
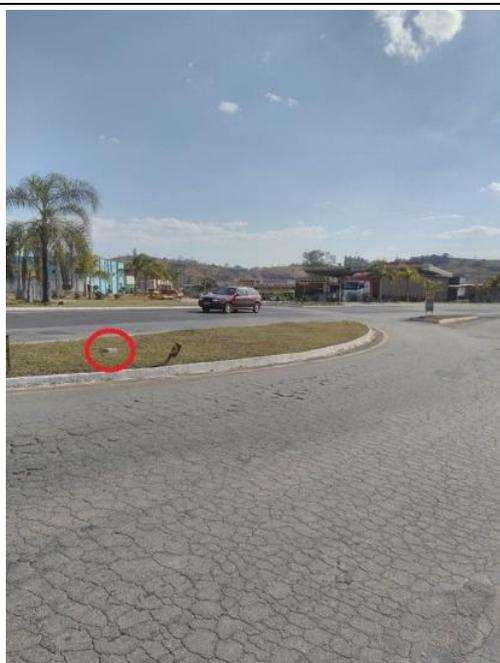
Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	DER-MG 01281	Situação do Marco:	Boa
-------------	--------------	--------------------	-----

Elipsoide		SIRGAS 2000	Sigmas Desvio Padrão
Datum			
Latitude		22° 18' 36,79775"S	0,013 m
Longitude		46° 18' 46,10380"W	0,010 m
Altitude Elipsoidal		853,520 m	0,037 m
Coordenadas UTM	E	364779,218 m	Fuso 23 S MC -45
	N	7532247,051 m	
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>		856,061 m	Época: 2000,4
Gravidade Observada		978563,665 mGal	

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto do DER-MG.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

**P.A.N 27A – DER MG 01281**

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;

Vire à esquerda na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;

Siga até a rotatória de acesso a Rod. MG290;

Marco se encontra na Rotatória.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P07	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 36,90578"S		0,010 m
Longitude	46° 19' 17,80933"W		0,007 m
Altitude Elipsoidal	860,967 m		0,023 m
Coordenadas UTM	E	363871,990 m	Fuso 23 S
	N	7532235,809 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	863,570 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,685 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P07

Partindo da igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Vire à esquerda na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;  
Pegue a rotatória sentido Bairro Portal, Siga na rua Principal do bairro;  
Marco se encontra próxima a primeira entrada a esquerda.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P08	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 19' 23,70320"S		0,009 m
Longitude	46° 20' 01,02543"W		0,007 m
Altitude Elipsoidal	890,998 m		0,026 m
Coordenadas UTM	E	362648,076 m	Fuso 23 S MC -45
	N	7530785,756 m	
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	893,821 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,811 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P08

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção à R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Vire à direita na 1ª rua transversal para R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Vire à direita na 1ª rua transversal para R. Cláudio Manoel da Costa;  
Vire à esquerda na R. Srg. Mor Tolêdo Piza;  
Continue para R. João Rodrigues de Macedo;  
Vire à direita para permanecer na R. João Rodrigues de Macedo;  
Vire à esquerda para permanecer na R. João Rodrigues de Macedo;  
Curva suave à direita na R. Padre Calor de Tolêdo;  
Vire à esquerda;  
R. Catarina Garcia Blessa; Placa de identificação se encontra fixado na calçada próximo à esquina.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P09	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 19' 15,29511"S		0,009 m
Longitude	46° 19' 56,61491"W		0,006 m
Altitude Elipsoidal	859,799 m		0,022 m
Coordenadas UTM	E	362771,988 m	Fuso 23 S MC -45
	N	7531045,448 m	
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	862,594 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,807 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P09

Partindo da igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;  
Vire à esquerda na R. Srg. Mor Tolêdo Piza;  
Vire à direita na R. Pref. Rogerio Bernardes;  
Vire à esquerda na R. João Rodrigues de Macedo;  
R. João Rodrigues de Macedo, marco se encontra próxima a uma academia ao ar livre.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P10	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 06,69706"S		0,004 m
Longitude	46° 20' 09,49918"W		0,004 m
Altitude Elipsoidal	880,325 m		0,008 m
Coordenadas UTM	E	362384,652 m	Fuso 23 S MC -45
	N	7533151,801 m	
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	883,594 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,721 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P10

Partindo da igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;  
Vire à direita na R. Srg. Mor Tolêdo Pizá;  
Já na fazenda escola vire à direita;  
Curva acentuada a esquerda;  
Siga pela estrada da fazenda escola no sentido para saída MG290;  
Marco se encontra próximo a saída e ao lago.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P11	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide		SIRGAS 2000	
Datum		Sigmas	
Latitude		Desvio Padrão	
Longitude		0,009 m	
Altitude Elipsoidal		0,006 m	
Coordenadas UTM	E	362577,654 m	Fuso 23 S
	N	7531468,615 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>		850,653 m	Época: 2000,4
Gravidade Observada		978563,785 mGal	

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P11

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;

Siga a Av. até a rotatória que dá acesso a estradas não pavimentadas sentido Ouro Fino-MG;

Marco se encontra próximo a rotatória.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID Do Marco	P12	Situação do Marco:	Boa
-------------	-----	--------------------	-----

Elipsoide		SIRGAS 2000	Sigmas Desvio Padrão
Datum			
Latitude		22° 18' 37,29653"S	0,007 m
Longitude		46° 19' 44,70403"W	0,004 m
Altitude Elipsoidal		854,514 m	0,015 m
Coordenadas UTM	E	363102,500 m	Fuso 23 S MC -45
	N	7532217,033 m	
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>		857,234 m	Época: 2000,4
Gravidade Observada		978563,639 mGal	

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P12

Partindo da igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;

Vire à direita na R. Srg. Mor Tolêdo Piza

Já na fazenda escola vire à direita;

Seguir essa rua até chegar a região do Suíno, marco se localiza próximo a ela.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



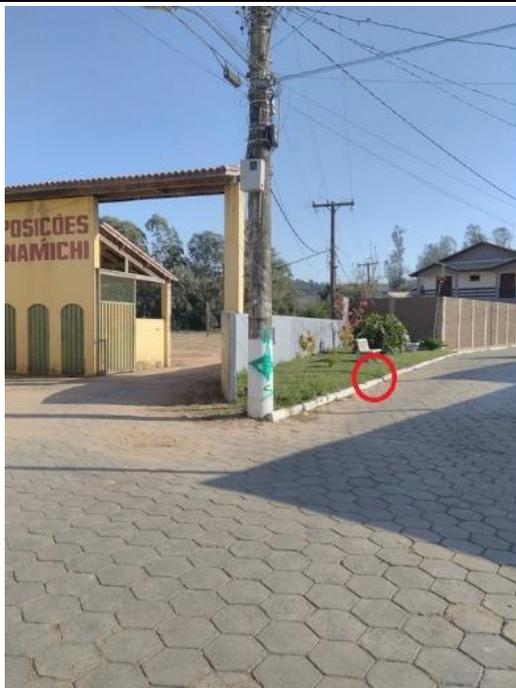
IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P13	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 53,66218"S		0,008 m
Longitude	46° 19' 30,30839"W		0,005 m
Altitude Elipsoidal	894,474 m		0,016 m
Coordenadas UTM	E	363518,853 m	Fuso 23 S
	N	7531717,360 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	852,129 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,641 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

P.A.N 27A – P13

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;

Vire à esquerda na R. Pref. Afonso Troysi;

Marco se encontra próximo ao fim da rua, em uma pequena praça.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P14	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 21,24310"S		0,011 m
Longitude	46° 19' 18,29611"W		0,008 m
Altitude Elipsoidal	863,043 m		0,029 m
Coordenadas UTM	E	363853,842 m	Fuso 23 S
	N	7532717,364 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	865,649 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,692 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P14

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Vire à esquerda na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;  
Pegue a rotatória sentido Bairro Portal, Siga na rua Principal do bairro até a rotatória que dá acesso a MG290;  
Marco se encontra na rotatória.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P15	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 19' 10,39485"S		0,005 m
Longitude	46° 19' 04,35834"W		0,005 m
Altitude Elipsoidal	849,955 m		0,010 m
Coordenadas UTM	E	364265,888 m	Fuso 23 S
	N	7531209,282 m	MC -45
Altitude Ortométrica Helmert <sup>1</sup>	852,552 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,803 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

**P.A.N 27A – P15**

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção à R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Marco se encontra próximo a um telefone público já no Bairro Monjolinho.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P16	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 48,15607"S		0,007 m
Longitude	46° 19' 53,23204"W		0,004 m
Altitude Elipsoidal	848,837 m		0,013 m
Coordenadas UTM	E	362861,416 m	Fuso 23 S
	N	7531880,916 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	851,584 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,791 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

reto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P16

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;  
Vire à direita na R. Srg. Mor Tolêdo Piza;  
Já na fazenda escola vire à primeira esquerda;  
Siga até a próxima esquerda, marco se encontra em frente ao laboratório.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P17	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 28,46165"S		0,007 m
Longitude	46° 19' 56,20651"W		0,004 m
Altitude Elipsoidal	922,639 m		0,014 m
Coordenadas UTM	E	362770,956 m	Fuso 23 S
	N	7532485,832 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	925,428 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,756 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P17

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;  
Vire à direita na R. Srg. Mor Tolêdo Pizá;  
Já na fazenda escola vire à direita;  
Curva acentuada a esquerda;  
Siga pela estrada da fazenda escola no sentido para saída MG290;  
Marco se encontra próximo a uma porteira que dá acesso a Torre.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P18	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 38,48408"S		0,004 m
Longitude	46° 20' 06,72087"W		0,004 m
Altitude Elipsoidal	882,913 m		0,008 m
Coordenadas UTM.	E	362472,807 m	Fuso 23 S
	N	7532174,950 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	885,726 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,778 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

creto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P18

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;  
Vire à direita na R. Srg. Mor Tolêdo Pizá;  
Já na fazenda escola vire à terceira esquerda;  
Siga até a rotatória e pegue a direita;  
Siga até o terreiro de café;  
Marco se encontra próximo ao terreiro.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P19	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 02,03044"S		0,014 m
Longitude	46° 19' 34,25028"W		0,011 m
Altitude Elipsoidal	908,445 m		0,034 m
Coordenadas UTM	E	363392,106 m	Fuso 23 S
	N	7533304,209m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	911,110 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,708 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P19

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;  
Vire à esquerda na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;  
Siga até a rotatória de acesso a Rod. MG290, siga no sentido Ouro Fino-MG;  
Pegue o acesso a direita, após 1,8Km, que tem como destino uma propriedade particular;  
Marco se encontra próximo à entrada da propriedade.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P20	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 19' 46,25246"S		0,005 m
Longitude	46° 19' 52,54372"W		0,005 m
Altitude Elipsoidal	912,752 m		0,011 m
Coordenadas UTM	E	362896,882 m	Fuso 23 S
	N	7530094,436 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	915,367 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,811 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica



Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

P.A.N 27A – P20

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção à R. Tomás Antônio Gonzaga;

Vire à direita na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;

Siga por aproximadamente 1,5 km;

Marco se encontra num acesso a direita, próximo à rodovia.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P21	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 17' 57,99864"S		0,010 m
Longitude	46° 19' 58,00578"W		0,008 m
Altitude Elipsoidal	898,945 m		0,023 m
Coordenadas UTM	E	362711,196 m	Fuso 23 S
	N	7533422,213 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	901,712 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,715 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

**P.A.N 27A – P21**

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção leste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Tomás Antônio Gonzaga;

Vire à esquerda na Av. Juscelino Kubistchek de Oliveira/Rodovia Otacílio Bonamichi;

Siga até a rotatória de acesso a Rod. MG290, siga no sentido Ouro Fino-MG;

Pegue o acesso a direita, após 2,2 Km, que tem como destino o setor Bovino de leite, da Fazenda Escola. Marco se encontra próximo as construções principais do setor.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P22	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 19' 19,83574"S		0,008 m
Longitude	46° 19' 47,73605"W		0,006 m
Altitude Elipsoidal	908,951 m		0,018 m
Coordenadas UTM	E	363027,271 m	Fuso 23 S
	N	7530908,050 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	911,710		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,805 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

**P.A.N 27A – P22**

Siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;  
Vire à esquerda na R. Marília de Dirceu;  
Siga até o cemitério municipal;  
Marco se encontra em uma praça ao lado do velório municipal.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: www.ifs.ifsuldeminas.edu.br

## RELATÓRIO DE MONOGRAFIA DE MARCO

ID do Marco	P23	Situação do Marco:	Boa
Elipsoide	SIRGAS 2000		Sigmas
Datum			Desvio Padrão
Latitude	22° 18' 33,79922"S		0,007 m
Longitude	46° 19' 55,35810"W		0,004 m
Altitude Elipsoidal	929,260 m		0,013 m
Coordenadas UTM	E	362796,682 m	Fuso 23 S
	N	7532321,899 m	MC -45
Altitude Ortométrica de Helmert <sup>1</sup>	932,052 m		Época: 2000,4
Gravidade Observada	978563,765 mGal		

### Fotografias



### Descrição da Materialização

Marco de concreto tronco piramidal com 12 cm na base, 50 cm de altura e 8 cm no topo, onde se encontra uma placa de aço com a identificação do marco.

1. Altitude obtida através de nivelamento geométrico associado a gravimetria, através da equação de altitude ortométrica de Helmert.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho



IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes  
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Endereço: Praça Tiradentes N° 416 - Centro - Inconfidentes – CEP: 37576-000  
Fone: (35) 3464-1200  
Homepage: [www.ifs.ifsuldeminas.edu.br](http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br)

### Croquis de Itinerário



### Descrição do Itinerário

#### P.A.N 27A – P23

Partindo de frente a igreja matriz, siga na direção oeste na Av. Alvarenga Peixoto em direção a R. Marília de Dirceu;  
Vire à direita na R. Srg. Mor Tolêdo Pizá;  
Já na fazenda escola vire à direita;  
Curva acentuada a esquerda;  
Siga pela estrada da fazenda escola no sentido para saída MG290;  
Na primeira rotatória siga a esquerda, até a Torre;  
Placa de identificação está fixada na base de um Marco do IBGE.

Executado por: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

Resp. Técnico: Geovani Luiz da Silva Souza /  
Oswaldo Lopes da Silva Filho

## 9 ANEXOS

### ANEXO A - RELATÓRIOS DE ESTAÇÃO GEODÉSICA - TIPO: ESTAÇÃO GPS.

Estação :	93920	Nome da Estação :	93920	Tipo :	Estação GPS
Município :	CACHOEIRA PAULISTA			UF :	SP
Última Visita:	01/01/2007	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	22 ° 41 ' 13,72659 " S	Altitude Ortométrica(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	44 ° 59 ' 06,56989 " W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	617,415	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	01/01/2007				
Data Cálculo	26/03/2007				
Sigma Latitude(m)	0,001				
Sigma Longitude(m)	0,001				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,004				
UTM(N)	7,491,112,296				
UTM(E)	501,524,483				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel\\_sirgas2000.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGED2015 disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

#### Localização

Nas dependências do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) - Rodovia Presidente Dutra (Rio - São Paulo) km 40 - Cep 12630-000 em Cachoeira Paulista -SP.

#### Descrição

Pilar de concreto medindo 1,80 m de altura e 0,30 m de diâmetro. Possui um dispositivo de centragem forçada no topo, onde foi instalada uma base nivelante.

#### Observação

Contato: Prof. Eduardo Bergamini - Tel.: (12) 3945-6166 - e.w.bergamini@uol.com.br

Foto(s) :



## ANEXO B - RELATÓRIOS DE ESTAÇÃO GEODÉSICA - TIPO: ESTAÇÃO GPS.

Estação :	91537	Nome da Estação :	91537	Tipo :	Estação GPS
Município :	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS			UF :	SP
Última Visita:	29/04/2013	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	23 ° 12 ' 25,67670 " S	Altitude Ortométrica(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	45 ° 51 ' 42,25600 " W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	605,088	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	15/09/2002				
Data Cálculo	23/11/2004				
Sigma Latitude(m)	0,002				
Sigma Longitude(m)	0,003				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,016				
UTM(N)	7.433.289,119				
UTM(E)	411.820,813				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geoflp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [ftp://geoflp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re\\_sirgas2000.pdf](ftp://geoflp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

#### Localização

Próximo a uma cerca, a SE da portaria 1 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, na cidade de São José dos Campos - SP.

#### Descrição

Pilar de concreto com formato cilíndrico, medindo 1,16 m de altura e com 0,29 m de diâmetro, está assentado em uma base de 1,00 m x 1,00 m x 0,80 m. Possui no topo um dispositivo de centragem forçada padrão UFRJ. Foi colocado a 0,20 m do topo, uma chapa de metal padrão IBGE na parte sudeste do marco, foi estampado: SAT- 91537.

#### Itinerário

Partir da cidade de São José dos Campos - SP, localizar o INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, na Avenida dos Astronautas, nº 1758 - Jardim da Granja.

#### Observação

A estação possui condições de energia elétrica, usando-se uma extensão de 80 m. Responsável: Sr. Mauro Kakisaki - prédio LIT- Laboratório de Integração e Teste. Nome da Estação da RBMC: SJSP.

Foto(s) :



## ANEXO C - RELATÓRIOS DE ESTAÇÃO GEODÉSICA - TIPO: ESTAÇÃO GPS.

Estação :	96181	Nome da Estação :	96181	Tipo :	Estação GPS
Município :	CAMPINAS			UF :	SP
Última Visita:	09/06/2015	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	22 ° 48 ' 58,63052 " S	Altitude Ortométrica(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	47 ° 03 ' 45,69584 " W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	622,980	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	09/06/2015				
Data Cálculo	08/07/2015				
Sigma Latitude(m)	0,001				
Sigma Longitude(m)	0,002				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,008				
UTM(N)	7.475.338,889				
UTM(E)	288.294,854				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [http://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re\\_l\\_sirgas2000.pdf](http://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re_l_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

#### Localização

Campus Universitário da UNICAMP, Departamento de Geotecnica e Transporte, Faculdade de Engenharia Civil.

#### Descrição

Cilindro de concreto medindo 20 cm de diâmetro, altura de 67 cm, construído no topo do edifício. Possui pino de centragem forçada e chapa estampada na lateral com o código SAT 96181.

#### Observação

Estação RBMC: SPC1

Foto(s)



**ANEXO D - RELATÓRIOS DE ESTAÇÃO GEODÉSICA -  
TIPO: ESTAÇÃO GPS.**

<b>Estação :</b>	99588	<b>Nome da Estação :</b>	99588	<b>Tipo :</b>	Estação GPS
<b>Município :</b>	PIRACICABA			<b>UF :</b>	SP
<b>Última Visita:</b>	25/04/2014	<b>Situação Marco Principal :</b>	Bom		

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	22 ° 42 ' 10,97693 " S	Altitude Ortométrica(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	47 ° 37 ' 25,03333 " W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	561,878	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	25/04/2014				
Data Cálculo	04/06/2014				
Sigma Latitude(m)	0,001				
Sigma Longitude(m)	0,001				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,006				
UTM(N)	7.486.969,183				
UTM(E)	230.476,248				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geofp.lbge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [http://geofp.lbge.gov.br/documentos/geodesia/rel\\_sirgas2000.pdf](http://geofp.lbge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em [http://www.lbge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtml](http://www.lbge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

**Localização**

Na Estação Meteorológica – USP/ESALQ - Av. Pádua Dias, 11.

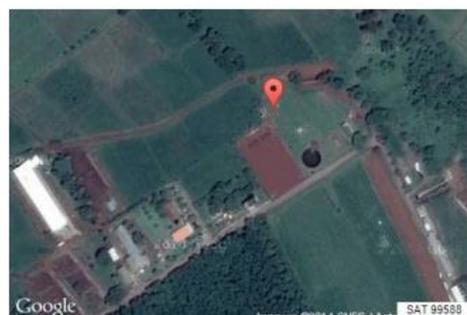
**Descrição**

Pilar cilíndrico de concreto revestido de tubo de PVC, medindo 0,30 m de diâmetro e 3,00 m de altura do solo. Possui no topo um dispositivo de centragem forçada.

**Observação**

Identificação da Estação da RBMC: SPPI. O equipamento está na Estação Meteorológica do Laboratório de Instrumentação Eletrônica.

Foto(s)



**ANEXO E - RELATÓRIO DE ESTAÇÃO GEODÉSICA -  
TIPO: REFERÊNCIA DE NÍVEL**



**Relatório de Estação Geodésica**

Estação :	104P	Nome da Estação :	104P	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	OURO FINO			UF :	MG
Última Visita:	30/10/2009	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	22 ° 18 ' 58 " S	Altitude Ortométrica(m)	849,2427	Gravidade(mGal)	
Longitude	46 ° 30 ' 46 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	0,07	Data Medição	
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	18/07/1950		
Data Medição	30/10/2009	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Cálculo					
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	7.531.402				
UTM(E)	344.185				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re\\_sirgas2000.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

*Localização*

A 4,0m da margem direita do trecho de estrada Ouro Fino - Jacutinga, em terreno sem pontos de referência nas proximidades.

*Descrição*

Marco padrão IBGE.

ANEXO F - RELATÓRIOS DE ESTAÇÃO GEODÉSICA -  
TIPO: ESTAÇÃO ABSOLUTA DE GRAVIDADE

ESTAÇÃO ABSOLUTA DE GRAVIDADE

   																
<table border="1"> <tr> <td>SP-018</td> <td>OBSERVATÓRIO ABRAÃO DE MORAES VALINHOS</td> <td>BRASIL</td> </tr> <tr> <td>Número da Estação</td> <td>Nome da Estação</td> <td>País</td> </tr> </table>	SP-018	OBSERVATÓRIO ABRAÃO DE MORAES VALINHOS	BRASIL	Número da Estação	Nome da Estação	País										
SP-018	OBSERVATÓRIO ABRAÃO DE MORAES VALINHOS	BRASIL														
Número da Estação	Nome da Estação	País														
<table border="1"> <tr> <td>Estado :</td> <td>SÃO PAULO</td> </tr> <tr> <td>Estabelecido por :</td> <td>LPG-USP/IGC/IBGE/ CENAGEO</td> </tr> <tr> <td>Data :</td> <td>02/02/2017</td> </tr> <tr> <td>Valor de g:</td> <td>978563744 <math>\mu\text{Gal}</math> <math>\pm 10.72 \mu\text{Gal}</math></td> </tr> <tr> <td>Coordenadas: <math>\varphi =</math></td> <td>23° 00' 14" S</td> </tr> <tr> <td><math>\lambda =</math></td> <td>46° 57' 53" W</td> </tr> <tr> <td><math>h =</math></td> <td>870 m</td> </tr> </table>	Estado :	SÃO PAULO	Estabelecido por :	LPG-USP/IGC/IBGE/ CENAGEO	Data :	02/02/2017	Valor de g:	978563744 $\mu\text{Gal}$ $\pm 10.72 \mu\text{Gal}$	Coordenadas: $\varphi =$	23° 00' 14" S	$\lambda =$	46° 57' 53" W	$h =$	870 m		<p>Detalhe</p>  <p>Panorama</p> 
Estado :	SÃO PAULO															
Estabelecido por :	LPG-USP/IGC/IBGE/ CENAGEO															
Data :	02/02/2017															
Valor de g:	978563744 $\mu\text{Gal}$ $\pm 10.72 \mu\text{Gal}$															
Coordenadas: $\varphi =$	23° 00' 14" S															
$\lambda =$	46° 57' 53" W															
$h =$	870 m															
<p><b>DESCRIÇÃO</b></p> <p>O gradiente utilizado para reduzir o valor de G da câmara de queda ao solo foi de 274 <math>\mu\text{Gal}</math>.</p> <p>Medida realizada no laboratório de Astrobiologia / IAG-USP.</p>																

Última Alteração: 27/ JUN / 2017