

*Marcos Aurélio Pelegrina*

**APLICAÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE TERRESTRE NO CADASTRO  
TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E NA CARTOGRAFIA**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.**

*Florianópolis*

2002

**APLICAÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE TERRESTRE NO CADASTRO  
TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E NA CARTOGRAFIA**

*Marcos Aurélio Pelegrina*

*Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção  
do título de Mestre em Engenharia Civil.*

*Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário*

**Orientador: Prof. Dr. Jucilei Cordini**

**Florianópolis  
2002**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**PELEGRINA, A. MARCOS. Aplicação de Pontos de Controle terrestre no Cadastro Técnico Multifinalitário E na Cartografia.** Florianópolis, 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

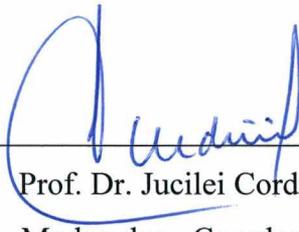
**Orientador: Jucilei Cordini**

**Defesa: 14/03/2002**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Dissertação defendida e aprovada em 14/03/2002, pela comissão examinadora.



---

Prof. Dr. Jucilei Cordini  
Orientador – Moderador - Coordenador do PPGEC

Comissão Examinadora:



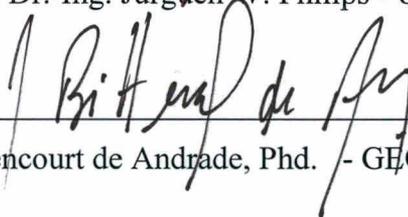
---

Prof. Dr. Carlos Loch - UFSC



---

Prof. Dr.-Ing. Jürgen W. Philips - UFSC



---

Prof. José Bittencourt de Andrade, Phd. - GEOKOSMOS/PR



---

Prof. Dr. Paulo de Oliveira Camargo - UNESP

*Dedico este trabalho aos meus pais, Luisa e Nelson, e aos meus irmãos que, discretos e silenciosamente preocupados, acompanharam todas as etapas desta vitória.*

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho só foi possível devido à generosa e cordial colaboração de algumas pessoas e instituições, com as quais gostaria de dividir os méritos dos resultados apresentados aqui. Especialmente:

Ao professor e orientador Dr. Jucilei Cordini, pela sua orientação, cuja interferência se fez em momentos oportunos e decisivos.

Ao professor e orientador Dr. Carlos Loch, pela sua orientação inicial.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo indispensável suporte financeiro.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Curso de Pós-Graduação, em especial ao Coordenador Prof. Dr. Jucilei Cordini, bem como à secretária do curso, Irizete Menezes e suas auxiliares pelo pronto atendimento.

Aos professores que fizeram parte do corpo docente do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil que deram importante contribuição com os ensinamentos durante as aulas ministradas.

Aos professores Dr. Carlos Loch, Dr. Paulo de Oliveira Camargo, Dr. Jucilei Cordini e José Bittencourt de Andrade Phd, por terem cordialmente aceito o convite para integrarem a banca examinadora.

Ao Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, sob a atual coordenação do Prof. Dr. Carlos Loch, pela estrutura de apoio em termos de pessoal técnico, equipamentos emprestados.

À empresa Eletrosul, em particular ao Geógrafo Sérgio Luis Lopes pelo empréstimo de equipamento e de seu apoio técnico.

À Prefeitura Municipal de São José-SC, em particular à Arquiteta Vanesa Cardoso pelo empréstimo de material.

Aos colegas e bolsistas do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento

Remoto e Geoprocessamento, Graciela Aparecida Berté, Raquel Rinaldi Althoff, Juliana Carolina Laske, Cezário Oliveira Lima Jr., Francisco Henrique de Oliveira, Dalton Luiz Lemos II, José Giovanni Cardoso pelo acompanhamento e importante auxílio na aquisição de dados para o desenvolvimento da dissertação.

Aos meus pais pelo apoio, confiança e preocupação dedicados durante todo o período acadêmico.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação que, de uma forma ou de outra, sempre incentivaram e acreditaram na realização deste trabalho com êxito.

A Gabriela Fernandes e família, pelo apoio e carinho recebido durante a finalização deste trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram positivamente para a realização deste trabalho.

Acima de tudo, à Deus, por ter-me impulsionado e alimentado espiritualmente, não permitindo que desistisse desta caminhada na Universidade Federal de Santa Catarina.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XII</b>

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Considerações.....	1
1.2Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo Geral.....	2
1.2.2 Objetivo Específico.....	2
3 Justificativa.....	2
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL.....	4
2.1.1 Estrutura do GPS.....	5
2.1.1.1 Segmento Espacial.....	5
2.1.1.2 Segmento de Controle.....	6
2.1.1.3 Segmento dos Usuários.....	6
2.1.2 A Estrutura dos Sinais GPS.....	7
2.1.3 Erros no Posicionamento GPS.....	8
2.1.4 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC.....	9
2.1.5 Redes Estaduais de GPS.....	10
2.1.6 Rede de Referência de Santa Catarina.....	11
2.1.7 Sistema de Referência Geodésica.....	12
2.1.8 Sistema Geodésico Brasileiro .....	13
2.2 FOTOGRAMETRIA.....	15
2.2.1 Pontos de Controle Terrestre.....	16
2.2.2 Localização dos Pontos de Controle Terrestre para	

aerotriangulação.....	16
2.3 FOTOGRAMETRIA DIGITAL.....	18
2.4 INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS.....	20
2.5 CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO - CTM.....	22
2.6 QUALIDADE GEOMÉTRICA DE PRODUTO CARTOGRÁFICO.....	24
2.6.1 Padrão de Exatidão Cartográfica .....	24
<b>3 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>26</b>
3.1. Histórico.....	28
<b>4 MATERIAIS .....</b>	<b>29</b>
4.1 MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E EQUIPE TÉCNICA.....	29
4.1.1 Materiais.....	29
4.1.2 Equipamentos.....	29
4.1.3 Equipe Técnica.....	30
<b>5 MÉTODO APLICADO.....</b>	<b>31</b>
5.1 PRIMEIRA ETAPA, PLANEJAMENTO, LEVANTAMENTO EM CAMPO E PROCESSAMENTO.....	31
5.1.1 PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DO APOIO TERRESTRE..	32
5.1.2 EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO.....	32
5.1.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	35
5.1.3.1 Processamento dos dados Coletados em campo.....	35
5.2 SEGUNDA ETAPA: DETERMINAÇÃO DA ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	35
5.3 TERCEIRA ETAPA: DETERMINAÇÃO DAS ALTITUDES ORTOMÉTRICAS.....	39
5.4 LEVANTAMENTO DOS PONTOS NO SISTEMA DIGITAL.....	42
<b>6 ANÁLISES DE RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
6.1 LEVANTAMENTO ATRAVÉS DO GPS.....	42
6.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PONTOS GPS COM RELATÓ- RIO DE APOIO TERRESTRE.....	42
6.3 ANÁLISE DA QUALIDADE GEOMÉTRICA (ENSAIO) DE	

PRODUTO CARTOGRÁFICO EM MEIO DIGITAL.....	43
6.4 ANÁLISE DOS PONTOS DE APOIO TERRESTRE.....	45
6.4.1 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PONTOS DE APOIO TERRESTRE COM A BASE DIGITAL.....	45
6.5 ANÁLISE DA COMPARAÇÃO PONTOS CONTROLE TERRESTRE COM A CARTOGRAFIA TEMÁTICA.....	55
<b>7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>65</b>
7.1 CONCLUSÕES.....	65
7.1.1 Quanto a Utilização do Equipamento GPS.....	65
7.1.2 Quanto Aos pontos de controle terrestre medidos neste trabalho.....	66
7.1.3 Quanto qualidade geométrica.....	67
7.1.4 Quanto a Base em meio Digital da Prefeitura municipal.....	67
7.2 RECOMENDAÇÕES.....	68
7.2.1 Recomendações quanto ao apoio terrestre.....	68
7.2.1.1 Determinação dos Pontos de Controle.....	68
7.2.1.2 Documentação dos Pontos de Controle.....	69
7.2.1.3 Base Cartográfica em meio Digital.....	69
7.3 Recomendações Gerais.....	70
<b>8 Referências Bibliográficas.....</b>	<b>71</b>
<b>Anexos</b>	<b>74</b>

## *Lista De Figuras*

1. Constelação de satélites GPS.....	5
2. Estação de monitoramento GPS.....	6
3. Receptores GPS.....	7
4. Rede brasileira de monitoramento contínuo.....	10
5. Rede de referência de Santa Catarina.....	12
6. Método estático.....	34
7. Sistema RELIANCE.....	35
8. Desnível Geoidal.....	39
9. Comparação HV 01 medido com a base digital.....	47
10. Comparação HV 02 medido com a base digital.....	47
11. Comparação HV 03 medido com a base digital.....	48
12. Comparação HV 03 medido com a base digital.....	49
13. HV 04 na fotografia aérea.....	50
14. foto do HV 04 em campo.....	50
15. Comparação HV 03 medido com a base digital.....	51
16. Foto do HV 06 em campo.....	52
17. Comparação HV 10 medido com a base digital.....	53
18. Comparação HV 11 medido com a base digital.....	53
19. Comparação HV 54 medido com a base digital.....	54
20. Mapa Uso do Solo.....	56
21. Mapa Uso do Solo.....	58
22. Mapa Uso do Solo.....	60
23. Mapa Uso do Solo.....	62
24. Mapa Estrutura Fundiária.....	64

## *Lista De Tabelas*

1. Contribuições dos erros de GPS na Pseudodistância.....	09
2. Padrões de exatidão cartográfica.....	25
3. Discrepância do Ponto Homólogo.....	36
4. Discrepância da Base.....	37
5. Análise das distorções segundo cada bloco de ajustamento da rede .....	37
6. Coordenadas Planas UTM.....	38
7. Determinação das Altitudes Ortométricas.....	40
8. Discrepância dos dados levantados.....	43
9. Discrepância entre as Coordenadas Observadas.....	44

## **Lista de Siglas e Abreviaturas**

C/A - Course/Aquisition

CAD - Computing Aided Design

CTM - Cadastro Técnico Multifinalitário

DGPS - Differential GPS

DOP - Dilution of Precision

EP - Erro Padrão

EPP - Erro Planimétrico Padrão

GDOP- Efeito da geometria dos satélites para posição e o tempo

GPS - Global Positioning System

GPSIC - GPS Information Center

GTCadastro - Grupo de Trabalho em Cadastro

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NAVSTAR - Navigation Satellite Time And Ranging

NSWC - Naval Surface Weapons Center

PDOP - Efeito da Geometria dos satélites para a posição tridimensional

PEC - Padrão de Exatidão Cartográfico

PPS - Precise Positioning Service

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RDOP - Fator DOP relacionado ao posicionamento relativo com a fase das portadoras

SAD 69 - South American Datum 69

SIG - Sistema de Informação Geográfico

TRANSIT (NNSS) - Navy Navigation Satellite System

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UTM - Universo Transverso de Mecator

VDOP - Efeito da Geometria dos Satélites para a altitude (vertical)

WGS 84 - World Geodetic System de 1984

## **Resumo**

O presente trabalho, tem como objetivo demonstrar o uso de pontos de controle terrestre para fins de aerotriangulação, aplicados no Cadastro Técnico Multifinalitário e na Cartografia. Para realização deste trabalho foi utilizado o produto cartográfico em meio digital utilizado pela Prefeitura Municipal de São José-SC e equipamento GPS Topográfico. Para simular o controle da qualidade geométrica de produto cartográfico, foi utilizado a norma do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) e 12 pontos de controle terrestre levantados neste. Esses mesmos serviram para avaliar a qualidade temática do produto cartográfico em meio digital. Como contribuições desta pesquisa destaca-se a demonstração do uso do método de levantamento de coordenadas de referência para avaliar a qualidade geométrica de produto cartográfico e o uso de pontos de controle terrestre no Cadastro Técnico Multifinalitário e na Cartografia.

## Abstract

The objective of the present paper is to describe the utilization of terrestrial abutments as instrument for aerotriangulation technique when applied to Multifinality Technical Register<sup>1</sup> and Cartography. For the accomplishment of the work, digital based cartographic product used by the government of the city of São José, in the state of Santa Catarina and GPS technology were applied. The Cartographic Accuracy Pattern (CAP) procedures and 12 terrestrial abutments were used to simulate the geometrical quality of the cartographic product. The abutments were to evaluate the thematic quality of the digital based cartographic product. The main contribution of this research is to describe the use of the reference coordinates survey method for evaluating the geometric quality of cartographic product and demonstrate the use of terrestrial abutments applied to Multifinality Technical Register and Cartography.

---

# CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações

Nos últimos anos, a ciência da computação tem proporcionado o surgimento de novas tecnologias; a cada dia surgem novidades tanto de softwares como de hardware. Computadores cada vez mais velozes e com capacidade de processamento compatível com as novas exigências nas mais diferentes aplicações.

Dentro desta ótica, a Fotogrametria vem sofrendo constantes mudanças, com o surgimento de novas tecnologias e metodologias para elaboração de seus produtos. A mais recente e significativa evolução foi o surgimento e a consolidação da técnica de realizar tarefas em meio digital, apresentado um novo paradigma para a Fotogrametria.

A Fotogrametria digital traz consigo a necessidade de novos métodos e novos softwares para geração de produtos cartográficos; os quais apresentam vantagens consideráveis, como a diminuição do tempo de execução dos trabalhos, custo dos produtos gerados, bem como possibilita a automação de muitos processos aumentando assim, de forma considerável, a produtividade.

A Cartografia em meio digital foi desenvolvida para criar novas alternativas na produção de mapas e para tornar os seus processos de confecção mais eficazes, a fim de atender a demanda do mercado cartográfico brasileiro. Com esse desenvolvimento tecnológico, processos como a edição de mapas e atualizações, entre tantos outros, processos tornaram a cartografia mais ágil.

Os produtos cartográficos em meio digital, utilizados por concessionárias públicas e pelo mercado cartográfico brasileiro, muitas vezes carecem de uma análise criteriosa nos aspectos da qualidade geométrica e temática, principalmente quando aplicados no Cadastro Técnico Multifinalitário.

Objetivando contribuir neste sentido, o presente trabalho pretende utilizar pontos de controle terrestre, obtidos através da tecnologia GPS (Global Positioning System), como método de levantamento de coordenadas de referência para fins de aerotriangulação. E também estudar a aplicação destes pontos na Cartografia e no Cadastro Técnico Multifinalitário.

Com vistas à utilização dos pontos de controle terrestre para avaliar a

qualidade geométrica dos produtos cartográficos gerados, será efetuada um ensaio utilizando a técnica de análise do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica - Decreto 89.1817), a partir dos pontos levantados neste trabalho.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo deste estudo é apresentar a aplicabilidade dos pontos de controle terrestre na Cartografia e no Cadastro Técnico Multifinalitário, tanto na questão geométrica, como na qualidade temática.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Utilização do GPS para determinar pontos de controle terrestre;
2. Aplicar o método de levantamento por GPS, para o ensaio da avaliação da qualidade geométrica utilizando as normas de análise do PEC;
3. Utilizar os pontos de controle terrestre para avaliar a qualidade temática do produto cartográfico em meio digital;
4. Utilizar os pontos de controle terrestre levantados neste trabalho, como amostra para análise espacial da área de estudo e geração de mapa temático.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Este trabalho pretende expor de que forma podem ser usadas as coordenadas dos pontos de controle da aerotriangulação para outras finalidades, como por exemplo na Cartografia e no Cadastro Técnico Multifinalitário.

Os pontos de controle têm como função garantir a geometria necessária para aerotriangulação utilizada no processo de confecção de produto cartográfico. São medidos vários pontos com alta precisão, demandando tempo e custo para a geração de mapas.

Esta pesquisa também é relevante no tocante à aplicação dos pontos de controle terrestre, para outras finalidades além da aerotriangulação, como o fato de ser um assunto pouco abordado na literatura nacional. O mesmo tempo propõe a aplicação desses

pontos para avaliação da qualidade geométrica e temática de produtos cartográficos em meio digital.

Os pontos de controle terrestre tem sua finalidade definida que é a de garantir a geometria necessária no processo de aerotriangulação; são determinados vários pontos com coordenadas de alta precisão. Estes pontos podem servir para outras aplicações, por exemplo, um Sistema de Referência Municipal; ou de base para levantamentos através do equipamento GPS, além de outros mostrados neste trabalho.

Esta pesquisa está vinculada a outras do próprio grupo de trabalho GT Cadastro e do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento - LabFSG da UFSC, onde os pontos de controle terrestre levantados neste trabalho servirão para a efetuar aerotriangulação que possibilitará a geração de produtos cartográficos em outras pesquisas do laboratório.

Outro fato que deve ser considerado é o intercâmbio existente entre o LabFSG e a Prefeitura Municipal de São José-SC, cujo p principal objetivo desta cooperação, é a utilização dos produtos cartográficos na administração pública dos municípios.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Sistemas de Posicionamento Global

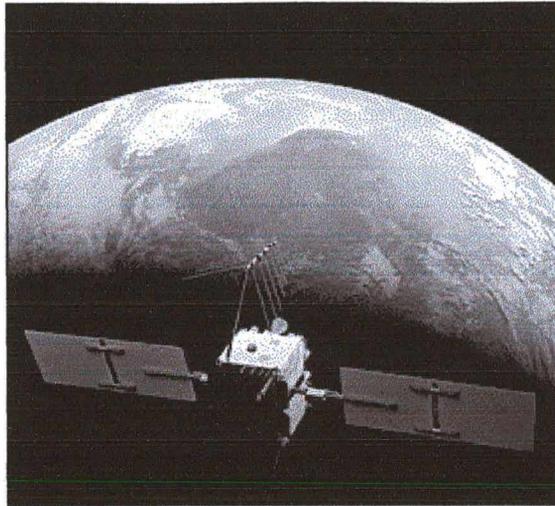
A partir do surgimento dos primeiros sistemas baseados no rastreamento de satélites artificiais, rapidamente se descobriu, as vantagens da utilização como pontos espaciais geodésicos de referência e de imediato, foi utilizado no estabelecimento de pontos geodésicos.

O primeiro sistema de satélites colocado à disposição da comunidade foi o sistema de satélites TRANSIT, operando continuamente com três satélites, os quais permitiam a determinação de pontos com um desempenho considerável, chamando a atenção da comunidade civil.

Essa situação mudou com o aparecimento, do Sistema NAVSTAR / GPS – *NAVigation Satellite Unith Time And Ranging / Global Positioning System*-, que permite alcançar melhores precisões.

O Sistema de Posicionamento Global - GPS foi projetado e desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano. Foi desenvolvido para atender principalmente a navegação com propósitos militares e para fins de posicionamento. Somente com a descoberta da potencialidade para fins de posicionamento e com o aumento da eficiência dos receptores é que ele passou a ser utilizado em outras aplicações, como, por exemplo, a determinação de pontos de controle terrestre utilizados na fotogrametria, no estabelecimento de redes geodésicas, no monitoramento de veículos, etc.

O GPS consiste de 24 satélites, conforme a figura 01, que representa a constelação de satélites, os quais estão distribuídos em 6 planos orbitais. Cada plano possui uma inclinação de  $55^\circ$  em relação ao plano do Equador. Todos os satélites estão à cerca de 20.200 Km acima da Terra e completam uma revolução, em torno da Terra, a cada 11 horas e 56 minutos aproximadamente, 12 horas siderais que se repete a cada dia, 4 minutos antes que a do dia anterior.



**Figura 01** – Imagem de satélite GPS

A constelação atual de satélites GPS garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis em qualquer local da superfície terrestre, a qualquer hora.

### **2.1.1 A Estrutura do GPS**

Para efeitos didáticos, o GPS é dividido em três segmentos operacionais. São elas:

- segmento Espacial;
- segmento de Controle; e
- segmento dos Usuários.

#### **2.1.1.1 Segmento Espacial**

O segmento espacial é constituído pelos satélites. Segundo Silva (1995), eles devem assegurar as seguintes funções:

- manter uma escala de tempo bastante precisa;
- emitir dois sinais ultra-estáveis em frequência, modulados em fases através dos códigos denominados pseudo-aleatórios, sobre as duas frequências específicas do sistema:

$$L1 = 1,57542 \text{ GHz ou } 1575,42 \text{ MHz}$$

$$L2 = 1,22760 \text{ GHz ou } 1227,60 \text{ MHz;}$$

- receber e estocar as informações provenientes do segmento de controle;

- efetuar manobras orbitais para aguardar a sua posição definida na constelação ou para substituir outro satélite defeituoso;
- efetuar a bordo alguns cálculos específicos;
- retransmitir informações (mensagens ou efemérides) aos receptores em terra.

### 2.1.1.2 Segmento de Controle

O segmento de controle é constituído por um grupo de cinco estações monitoras que registram os sinais GPS, efetuam medidas meteorológicas e enviam os dados para a estação principal, a qual calcula as efemérides dos satélites, bem como os coeficientes de correção dos relógios e transmite-os para a estação de controle (terrestre).

Existem cinco estações de monitoramento conforme a figura 02 que demonstra a sua localização (*Ground Control Stations – Monitor Stations – MS*) que servem à constelação GPS, localizadas em *Colorado Springs* (a principal), *Hawaii* no Pacífico Norte, *Ilha Ascensão* no Atlântico Sul, *Diego Garcia* no Oceano Índico, e *Kwajalein* no Pacífico Norte.



Estações de Monitoramento e Base Central Controle - GPS

Figura 02 – Estação de monitoramento GPS

### 2.1.1.3 Segmento dos Usuários

O segmento dos usuários compreende o conjunto de usuários civis e militares do sistema GPS, na figura 03 exemplo da utilização da tecnologia por um usuário. Trata-se, fundamentalmente, dos receptores que

possuem a capacidade de rastrear satélites – código e fase, com base nas duas frequências L1 e L2, transmitidas pelos satélites.

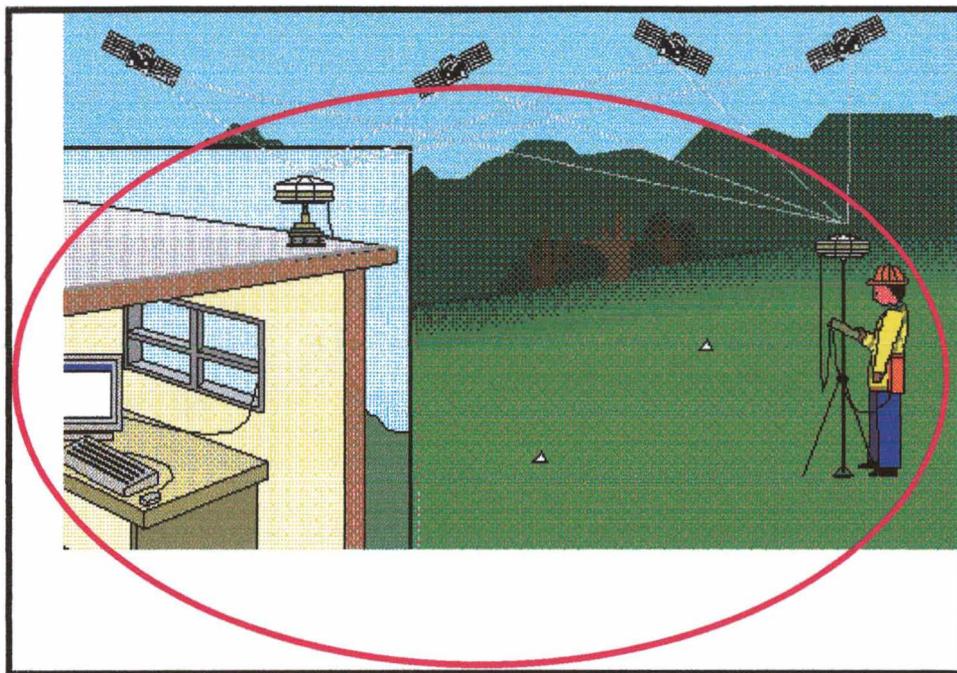


Figura 03 –Utilização do receptor GPS

### 2.1.2 A Estrutura dos Sinais GPS

Cada satélite transmite continuamente sinais em duas ondas portadoras. A frequência da primeira onda portadora L1 é de 1575,42 MHz e a frequência da segunda onda portadora L2 é de 1227,60 MHz, o que correspondem aos comprimentos de onda aproximadamente de 19,00 cm e 24,00 cm, respectivamente.

Sobre as portadoras são modulados dois códigos denominados códigos pseudo-aleatórios. A portadora L1, modula-se o código C/A (*Clear access ou Coarse Aquisition*) e sobre as portadoras L1 e L2, modula-se o código P (*Precise Code*). O código P é uma série de +1 e -1 com uma frequência de 10,23 megabits por segundo e um período de 267 dias. Esse código pode ser alterado pelo controle, sempre que o governo americano desejar; diz-se, neste caso, que o código *está encriptado*. O código C/A é uma série de +1 e -1 com uma frequência de 1,023 megabits por segundo e um período de milissegundo.

Ambos os sinais transmitem as mensagens de navegação, que

contém efemérides, correções dos relógios dos satélites, saúde dos satélites e outras, que são processados pelos receptores.

### **2.1.3 Erros no posicionamento GPS**

Os levantamentos realizados com o equipamento GPS, tal como todas as outras envolvidas nos processos de medidas, estão sujeitas aos erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros. Dessa forma, as fontes de erros envolvidas nos processos de medidas devem ser bem conhecidas (Monico,2000).

Várias fontes de erros estão associadas ao posicionamento de um ponto. Apresentam-se, de forma resumida, alguns destes erros com sua descrição:

- TROPOSFERA - Atraso na transmissão de sinal, devido à componentes secos e úmidos da atmosfera.
- ERRO DO RELÓGIO DO SATÉLITE - Diferença entre o tempo do satélite e tempo do sistema GPS.
- ERRO DO RELÓGIO DO RECEPTOR - Diferença entre o tempo recebido e o tempo do GPS.
- RUÍDO DO CÓDIGO NO RECEPTOR - Imprecisão na medida do código, devido ao ruído no receptor.
- RUÍDO DA PORTADORA NO RECEPTOR - Imprecisões na medida da portadora, devido ao ruído do receptor
- MULTICAMINHAMENTO - Erro devido ao fenômeno da recepção e sobreposição de sinais refletidos.

FONTES DE ERRO	ERRO TÍPICO(m)	
	SPS COM SATÉLITES II/IIA	PPS COM SATÉLITES II/IIA
RELÓGIO DO SATÉLITE EFEMÉRIDES	3,6	3,6
PROPAGAÇÃO DO SINAL IONOSFERA	7,0	0,01
PROPAGAÇÃO DO SINAL TROPOSFERA	0,7	0,7
RECEPTOR	1,5	0,6
MULTICAMINHAMENTO	1,2	1,8

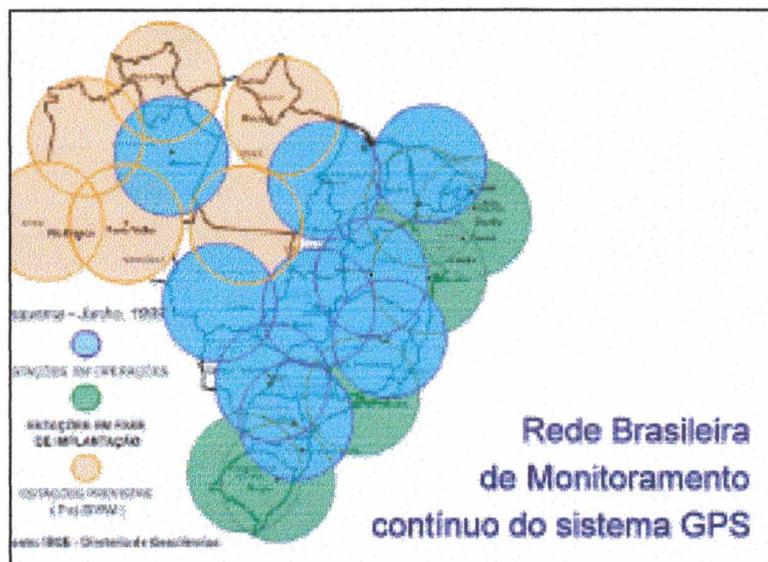
Fonte: (Monico 2000)

#### 2.1.4 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC tem como objetivo oferecer cobertura a todo o território nacional para a aplicação da tecnologia GPS. Com isso, o usuário GPS poderá otimizar seus levantamentos no modo relativo utilizando os dados coletados pelas estações RBMC como referência (FUNDAÇÃO IBGE, 1997).

Atualmente encontra-se em funcionamento 13 (treze) estações das 18 (dezoito) previstas, instaladas e operadas através de parcerias celebradas entre a Fundação IBGE, EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais), MMA (Ministério da Marinha) e o JPL (Jet Propulsion Laboratory).

O raio de ação de cada estação é de aproximadamente 500km e estão distribuídas ou com a instalação prevista, conforme o mapa da Figura 04. Com essa configuração a RBMC não atende, os níveis de precisões exigidas pelo cadastro, que exige a determinação de coordenadas com alta precisão. Assim, torna-se necessário densificar a rede. Em função disso é que vem surgindo as redes de referência geodésica a nível estadual e cadastral.



**Figura 04** - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC (fonte IBGE 2002)

### 2.1.5 Redes Estaduais de GPS

O desenvolvimento do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, composto pelas redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica pode ser dividido em duas fases distintas: uma anterior e outra posterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais para fins de posicionamento. No Brasil, essa tecnologia possibilitou, por exemplo, a expansão do SGB à região amazônica, permitindo o estabelecimento do arcobouço de apoio ao mapeamento sistemático daquela área.

Em fins da década de 80, o IBGE, através do seu Departamento de Geodésia, criou o projeto RBMC com o intuito de estabelecer metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do Sistema NAVSTAR/GPS, que se apresentava como uma evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então usados, mostrando-se amplamente superior quanto à rapidez e economia de recursos humanos e financeiros.

A revolução imposta pelo GPS abriu um espectro de possibilidades, se levados em consideração, principalmente, a espacialidade e a quantidade (mais de 60.000) de estações integrantes do SGB é a atribuição do IBGE de manter toda essa rede, de modo a suprir a comunidade usuária de dados geodésicos, com informações sobre a realidade física dos pontos implantados no território brasileiro. É fácil observar que tal atribuição tornou-se, ao longo dos anos, uma tarefa complexa devida, notadamente, às grandes transformações físicas, sociais e econômicas ocorridas em

nosso país. Dentro desse contexto era premente a necessidade, em vista do avanço tecnológico da Geodésia, da adoção de um outro enfoque para a manutenção e/ou ampliação do SGB; surgiram então as Redes Estaduais GPS (IBGE 2002) .

As redes estaduais GPS procuram, desta forma, suprir as demandas atuais emanadas do domínio cada vez mais ampliado das técnicas de observação de satélites,(para posicionamento) do Sistema GPS.

Filosoficamente pretende-se, ao estabelecê-las, que o território das Unidades da Federação possua redes altamente precisas, que possam ser facilmente mantidas, e que sirvam de estrutura geodésica básica para quaisquer projetos de uso do território que necessitem de dados de posicionamento.

Até o ano de 2000 foram estabelecidas 05 (cinco) redes estaduais, através de convênios de cooperação técnica com:

- Universidade de São Paulo - USP, no Estado de São Paulo em 1994;
- Instituto Ambiental do Paraná - IAP, no Estado do Paraná em 1995;
- Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico para o Mercosul, no Estado de Santa Catarina, em 1998.

Espírito Santo Centrais Elétricas S. A - ESCELSA, no Estado do Espírito Santo em 1999.

. Fundação Depto. de Estradas de Rodagem , no Estado do RJ em 2000.

As estações integrantes destas redes têm como principal característica diferencial à garantia da sua integridade física. Desse modo a localização de cada uma delas é um sítio previamente escolhido, juntamente com representação das comunidades estaduais, e muitas vezes municipais, preferencialmente em locais onde se encontram órgãos públicos, com acesso que facilite a conexão à rede altimétrica de alta precisão do SGB. A concepção das redes estaduais visa permitir seu uso tanto pela topografia clássica quanto por receptores de sinais GPS. Os marcos estabelecidos obedecem às especificações, no tocante a sua estrutura física, emanadas dos órgãos estaduais e avalizadas pelo IBGE.

### **2.1.6 Rede de Referência de Santa Catarina**

O Estado de Santa Catarina, através de um convênio com a Fundação IBGE estabeleceu uma rede de pontos geodésicos através de GPS. A rede (Figura 05) é composta

com 12 pontos, monumentalizados através de pilares com dispositivo de centragem fixa e forçada, e raio de cobertura em cada ponto de aproximadamente 75km.

A rede GPS de Santa Catarina foi conectada à rede GPS do Paraná pela vizinhança de 5 estações implantadas nas proximidades do limite interestadual.

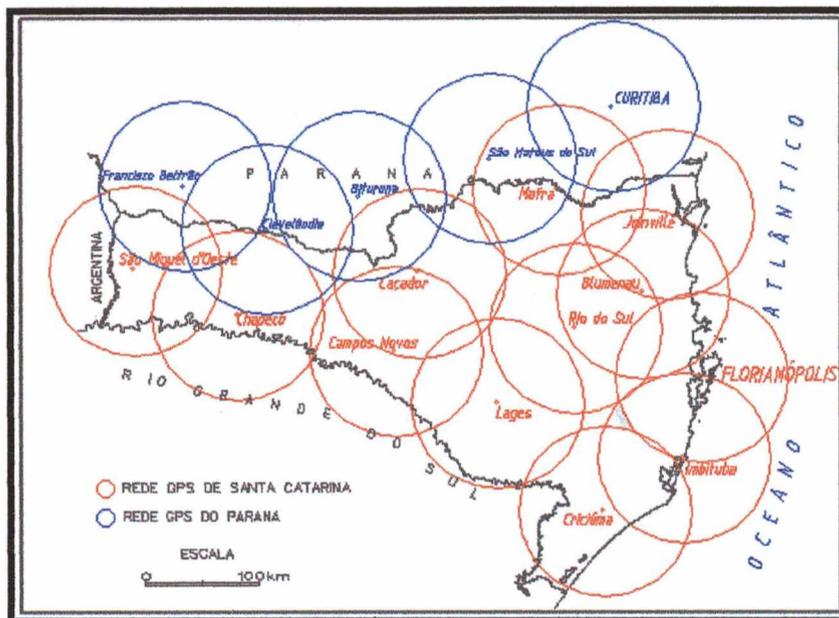


Figura 05 – Rede de Referência de Santa Catarina

### 2.1.7 Sistema de Referência Geodésico

Uma rede de referência geodésica consiste na referência espacial para qualquer tipo de sistema de dados territoriais, o que implica num desenvolvimento evolutivo do sistema, de forma a garantir a referência espacial desses dados na identificação de seu posicionamento espacial na superfície terrestre.

Pode-se observar em Phillips (1996) que as primeiras aplicações de amarrar os levantamentos cadastrais a uma rede de referência geodésica datam da época napoleônica no território francês, cujos ideais da revolução francesa preconizavam a justa fiscalização do rendimento de bens imobiliários. No período pós-napolêônico, com o aperfeiçoamento dos processos de levantamentos e de registro do cadastro, grande parte da Europa adotou a técnica.

Desde então se tem percebido que o sistema de referência geodésico assume notável importância quando sua aplicação está direcionada a um sistema cadastral multifuncional, pois, permite a uma representação cartográfica da superfície terrestre. Sendo assim, a amarração dos levantamentos cadastrais a um sistema de referência possibilita tanto a definição dos limites das parcelas com precisão necessária

na execução de um levantamento cadastral.

A implantação de uma rede de referência geodésica deve obedecer alguns critérios iniciais que possibilitem a longevidade dos levantamentos cadastrais existentes e para que possa assegurar a implantação de novos levantamentos. Dos critérios que devem ser levados em consideração na implantação de uma rede de referência geodésica destacam-se : custo, precisão e confiabilidade; a precisão será exigida da rede de referência e a densificação dos pontos de controle terrestre, que permitirão uma geometria da rede, monumentalizando a rede geodésica.

No plano da América do sul há preocupação quanto à adoção de um sistema de referência geodésica única através do projeto SIRGAs (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), O desenvolvimento do Projeto SIRGAs compreende as atividades necessárias à adoção no continente de uma rede de referência de precisão compatível com as técnicas atuais de posicionamento. Considerando a proliferação do uso do GPS, referir estes novos levantamentos a uma estrutura geodésica existente - implantada basicamente pela utilização dos métodos clássicos (triangulação, poligonação, trilateração) e cuja precisão é pelo menos dez vezes pior que a fornecida facilmente com o GPS - implica, no mínimo, em desperdícios de recursos. Além disto, a multiplicidade de sistemas geodésicos clássicos, adotados pelos países sul-americanos, dificulta em muito a solução de problemas tecnicamente simples, tais como a definição de fronteiras internacionais. Por outro lado, a adoção do sistema ITRF (Sistema Internacional de Referência Terrestre), como referência, além de garantir a homogeneização de resultados internamente ao continente, permitirá uma integração consistente com as redes dos demais continentes, contribuindo cada vez mais para o efetivo desenvolvimento de uma geodésia "global"(IBGE, 2002).

#### **2.1.8 Sistema Geodésico Brasileiro**

A legislação Federal, através do Decreto – Lei nº 89817 de Junho de 1984, estabelece em seu artigo 21 que : “Os referenciais planimétricos e altimétricos para a cartografia brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro, conforme estabelecido nas Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos – IBGE/1983”.

Nos parágrafos que seguem ao artigo está estabelecido que o referencial planimétrico deva coincidir com o Sistema Geodésico SulAmericano de 1969 (SAD – 69) e que o referencial altimétrico deva coincidir com o nível médio do mar na baía de Imbituba / SC.

O referencial planimétrico adota o elipsóide de referência internacional de 1967 – SAD 69 (o mesmo adotado pelo SGB) com os seguintes parâmetros:

- a) semi-eixo maior do elipsóide :  $a = 6378160,000\text{m}$ ;
- b) achatamento do elipsóide :  $f=1/298,25$ ;
- c) orientação geocêntrica com o eixo de rotação do elipsóide paralelo ao eixo de rotação da terra e o plano meridiano origem paralelo ao plano meridiano de Greenwich;
- d) orientação topocêntrica no vértice de Chuá – MG da cadeia de triangulação do paralelo  $20^{\circ}$  S, com os seguintes elementos :

Latitude :  $\phi = 19^{\circ} 45' 41,6527'' \text{S}$ ;

Longitude :  $\lambda = 48^{\circ} 06' 04,0639'' \text{W}$ ;

Afastamento geoidal :  $N = 0,0\text{m}$ .

## 2.2 FOTOGRAMETRIA

A Fotogrametria é definida pela Sociedade Americana de Fotogrametria como a ciência e arte de obter medidas dignas de confiança utilizando-se fotografias, e pode ser classificada segundo o tipo e posição espacial da câmara em seis grandes grupos: fotogrametria terrestre, aérea, espacial, não topográfica, analítica e digital.

Fotogrametria é a "ciência e a tecnologia de obter informações seguras a respeito de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação de imagens fotográficas"(Loch,1994).

A fotogrametria comparada com outros métodos de levantamento em campo, mostra grande vantagem como: aumento da precisão; visão panorâmica da área, diminuição dos custos; menor tempo para execução; redução do trabalho de campo.

O levantamento de dados através de imagens indica outras vantagens: a reutilização das fotografias sempre que se tornarem necessárias novas medições; o uso de séries históricas para obter monitoramento; perícias, etc.

Fotogrametria como método de medição, tem uma série de vantagens sobre as técnicas de levantamento clássico. Abaixo as vantagens da fotogrametria (Loch e Lapolli,1998):

- objeto não é tocado durante a medição;
- a aquisição rápida de grandes volumes de dados;
- os fotogramas armazenam grandes quantidades de informações semânticas e geométricas;
- as fotografias são documentos legais, refletindo a época de sua obtenção;
- podem ser medidos movimentos e deformações (avaliação temporal);
- os fotogramas podem ser avaliados a qualquer momento, podendo a medição ser repetida várias vezes;
- a precisão pode ser aumentada de acordo com as necessidades

particulares de cada projeto;

- superfícies complicadas e movimentos podem ser facilmente determinados com a densidade desejada;

### **2.2.1 Pontos de Controle Terrestre**

Pontos de controle terrestre são pontos de coordenadas conhecidas (latitude, longitude e altitude), que podem também ser representados por coordenadas plano-retangulares UTM (N, E) e altitude.

Os pontos de controle terrestre utilizados para fins de aerotriangulação devem estar distribuídos dentro da área objeto com as seguintes precauções :

- que estejam dentro de cada modelo fotogramétrico;
- que estejam em um local de fácil acesso;
- que estejam em zona de boa estereoscopia;
- que sejam de fácil identificação.

A quantidade de pontos de controle terrestre para um levantamento aerofotogramétrico depende basicamente do método de aerotriangulação a ser utilizado e do terreno. Em terrenos muito acidentados, deve-se estabelecer um número maior de pontos de controle em função das distorções nas fotografias devido ao relevo, os quais devem localizar-se preferencialmente nos topos de morros e fundo de vales.

Para Andrade (1998) “a finalidade primordial, mas não a única, dos pontos de controle é a materialização do referencial com que se deseja trabalhar”.

Na atualidade os pontos de controle terrestre são determinados através da tecnologia GPS, que possui a precisão necessária, diminui o tempo e custo de execução do levantamento dos pontos.

### **2.2.2 Localização dos Pontos de Controle Terrestre para Aerotriangulação**

Aerotriangulação tem como objetivo densificar os pontos de controle precisos no espaço objeto, partindo de coordenadas medidas nas fotos e de um número mínimo de informações de campo (Loch & Lapolli, 1998).

Se uma área objeto a ser densificada por meio de aerotriangulação, resume-se a modelos isolados, cada par de fotografias deve ser totalmente controlada por um mínimo de 3 pontos de controle planimétrico no terreno. Porém, o

recomendado são 4 pontos, colocados de forma tal a descrever um retângulo na área do modelo.

Numa área objeto coberta por uma faixa de fotografias aéreas, os pontos devem ser estabelecidos a cada 3 modelos nos extremos e no centro da faixa. Para um conjunto de faixas, Wolf, (1974) afirma que são necessários pontos de controle terrestre periférico, tanto horizontais como verticais, sendo ainda necessários pontos de controle vertical no centro do bloco.

Está descrito no Manual Técnico T34-304 – Aerotriangulação (1984) que a distribuição dos pontos de controle para realização de aerotriangulação deve obedecer ao que segue :

(a) Pontos de controle horizontal e Vertical (HV)

Devem estar distribuídos pelo perímetro do bloco espaçado a cada 3 ou 6 modelos consecutivos dentro das duas faixas extremas e a partir delas, a cada 3 ou 6 faixas pela periferia do bloco, em função das exigências de precisão. É indispensável à existência de um ponto de controle HV em cada canto do bloco e podem ser desprezados no interior do bloco.

(b) Pontos de controle vertical (V)

Devem ser distribuídos preferencialmente ao longo das linhas formadas pelos pontos de controle terrestre (HV), normais às linhas de vôo das faixas e na zona de superposição transversal entre duas faixas consecutivas. O ponto vertical distribuído desta forma tem a função de evitar a torção produzida pelo movimento do avião no vôo.

Este método de distribuição dos pontos de controle apresentado pelo Manual Técnico T34-304 – Aerotriangulação (1984) parece ser apoiado por ANDRADE (1998) quando o mesmo diz que a experiência tem mostrado “que nas extremidades das faixas devem haver pontos de controle com as três coordenadas conhecidas nas áreas comuns entre faixas contíguas; ao longo das partes externas das faixas extremas deve haver um ponto tridimensional a cada 3 a 5 bases; os pontos altimétricos no centro do bloco devem estar aproximadamente alinhados com os pontos da periferia.

### 2.3 FOTOGRAMETRIA DIGITAL

A fotogrametria digital, utiliza programas computacionais específicos para aerotriangulação, restituição digital de modelos em três dimensões, geração de ortofoto digital, processamento digital de imagens, entre outros. Com o advento da fotogrametria digital, estão sendo desenvolvidos vários softwares fotogramétrico que tornam o trabalho de restituição mais econômico, rápido, fácil de ser manipulado e armazenado, além de permitir a automação de vários processos.

Philips (1996) cita que, a velocidade dos computadores aumenta a cada momento, enquanto o custo de equipamentos e gravação de dados diminui. Dessa forma, cada vez mais novas aplicações de processos digitais são utilizadas na área da fotogrametria, uma vez que equipamentos sofisticados, de alto custo e difícil manutenção, são substituídos por equipamentos mais simples.

Existem duas maneiras de se obter produtos fotogramétrico digitais: seja pelo processo onde as fotografias reveladas em filme são primeiro “scannerizadas” para se tornar digital (método híbrido), ou obtidas diretamente através de câmaras digitais.

A Fotogrametria digital é, na atualidade, totalmente aceita. O desempenho de sistemas mais aperfeiçoado oferece maiores capacidades de processamento e armazenamento e conduzirão a novas aplicações.

A fotogrametria está totalmente integrada aos sistemas CAD, ampliando as possibilidades de aplicação, não somente da cartografia digital, mas também para novos ambientes, como a realidade virtual onde pode-se criar ambientes urbanos em terceira dimensão entre tantos outras aplicações.

Quando comparados a estação de trabalho de fotogrametria digital e a analítico, a questão mais importante é a entrada de dados. Muitos problemas surgem com o tamanho imenso das imagens digitais. Uma fotografia aérea de 230 x 230 mm escaneada com uma resolução de 20 microns implica em uma imagem digital por volta de 133 megabytes de tamanho. Somente este fato pode estender o fluxo de trabalho em mais de 50%, caso o arquivo não seja devidamente manipulado. A maneira mais eficiente de manipular grandes arquivos de imagem é através de formatos de arquivos inteligentes e técnicas de compressão de imagens. Formatos de arquivos inteligentes empregam técnicas “image pyramids” e possibilitam uma grande eficiência no processamento e gerenciamento de memória. Image pyramids” (filtro de autocorrelação)

é utilizado para gerar uma rápida visualização de imagens para todos níveis de aproximação (zoom) e também é utilizada nas medições automáticas.

A segunda diferença fundamental é que o sistema de fotogrametria digital permite uma grande automatização nas operações de medição e de geração de mosaico, o que simplesmente não existe no ambiente do stereoplotter analítico. As operações automáticas de medição e de mosaico são componentes de valor inestimável na tecnologia de fotogrametria digital.

## 2.4 INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS

Faz-se necessária uma revisão bibliográfica sobre os recursos da fotointerpretação, tendo em vista as análises da qualidade temática do produto em meio digital, efetuadas neste trabalho.

Fotointerpretação é definida pela Sociedade Americana de Fotogrametria como o ato de examinar e identificar objetos ou situações em fotografias aéreas e outros sensores, determinando o seu significado (Loch, 1989).

A Fotointerpretação depende de alguns aspectos identificáveis durante o processo de interpretação de imagens, tais como:

a) visibilidade do objeto, ou ainda, qualidade do objeto de se fazer visível, que é função de certas características próprias do objeto, do tipo, da escala e qualidade das fotografias, qualidade do estereoscópio, ou equipamento e qualidade da capacidade de visão estereoscópica do intérprete;

b) utilização de chaves de interpretação, ou seja, de foto-exemplos, onde parte-se de um objeto conhecido preliminarmente e com características definidas e extrapola-se essas características para as demais fotos a serem interpretadas. O intérprete adquire as chaves para a interpretação através de estudos aprofundados sobre o sensor em questão ou utilizando-se de pesquisas já desenvolvidas.

A maioria dos trabalhos de fotointerpretação segue os estágios (fases): detecção, reconhecimento e identificação, análise e delimitação, dedução, classificação, idealização.

Loch (1989) afirma que, para o fotointérprete, as características mais importantes que devem ser observadas em imagens fotográficas na interpretação de áreas urbanas, são as seguintes: tonalidade, forma, densidade, padrão, textura, tamanho, sombra, posição geográfica e adjacências.

Na Fotointerpretação somente se encontra aquilo que, em princípio, se está procurando. O geólogo encontrará estruturas geológicas e diferentes tipos de rochas na mesma foto em que um engenheiro descobrirá diferentes tipos de construções, pontes, estradas. Da mesma maneira, que nesta foto, um arquiteto poderá descobrir as tendências de crescimento de uma cidade, as áreas de preservação, a estrutura urbana e até os principais estilos arquitetônicos adotados.

A fotointerpretação requer muito treinamento e conhecimento especializado através da formação profissional, a experiência adquirida através do treinamento, leva o fotointerprete adquirir acuidade visual para a restituição da área a ser cartografada.

## 2.5 CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (CTM)

Blachut (1974) afirma que o Cadastro Técnico Multifinalitário deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária, feito de forma geométrica e descritiva, constituindo-se desta forma, num veículo mais ágil e completo, fornecendo parâmetros para modelo de planejamento, levando-se em conta a estruturação e funcionalidade. No Brasil é utilizado para o planejamento físico territorial, para tributação e monitoramento do uso atual do solo, para implementação de serviços públicos entre outras finalidades.

O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) é fundamentado em diversos mapas temáticos que, quando relacionados entre si se constituem em ferramentas ideais para o planejamento (Loch, 1990).

De acordo com Silva (1989) in Kelm (1998), os objetivos do CTM são os seguintes: cobrança justa de impostos; garantia da propriedade imobiliária; facilidade e economia nos processos de desapropriações legais; fiscalização da execução de planos de desenvolvimento regional para obras em geral; geração de dados espaciais para um sistema de informações; geração de um inventário de terras; geração de uma base física para as operações de serviços públicos, permitir otimizar o planejamento urbano, permitir a atualização cadastral, agir como meio de estabelecimento e manutenção de desenvolvimento e regulamentação técnica.

O cadastro técnico urbano compreende o conjunto de informações descritas sobre a propriedade imobiliária (pública ou privada) dentro do perímetro urbano de um município apoiado sempre no sistema cartográfico, que é a base para a representação dos dados de múltiplas finalidades (Loch, 1989).

O sistema cadastral deve ser entendido como o sistema de registros de dados que caracterizam uma determinada área de interesse. Esses registros são feitos de forma descritiva e sempre apoiados em uma base cartográfica (Bahr, 1982).

Segundo o mesmo autor, os requisitos básicos para a implantação de um sistema cadastral ideal são:

- a) o cadastro deve ser completo: no caso do cadastro urbano, deve abranger todo o perímetro urbano e com o maior número de informações possível, num curto espaço de tempo;
- b) o cadastro deve ser ligado ou integrado ao mapeamento

sistemático nacional: só assim possibilita a avaliação municipal num contexto regional ou global, permitindo melhores ações de planejamento;

c) o cadastro deve servir para múltiplas finalidades: quanto maior o número de informações, maior o número de benefícios gerados;

d) o cadastro deve ser atualizado constantemente: desta forma, pode-se confiar, sem restrições, nas informações extraídas do mesmo.

## 2.6 QUALIDADE GEOMÉTRICA DE PRODUTO CARTOGRÁFICO

Usualmente, a análise da exatidão de produtos cartográficos é feita a partir das discrepâncias entre as coordenadas de pontos coletados na carta e as coordenadas dos mesmos pontos no terreno.

Para analisar a exatidão de um produto cartográfico existem diversos procedimentos. O mais difundido é o proposto por Merchant, o qual propõe que os pontos de referência usados tenham confiabilidade necessária para comparação. Esta confiabilidade é dependente da escala e da classe esperada da carta. Outro fator relevante é o número de pontos necessários para fazer uma análise segura: o autor sugere a disponibilidade de, no mínimo, vinte pontos distribuídos por todos os quadrantes da carta (Galo e tal, 1994) e (Oliveira 1996).

Vale ressaltar que o procedimento usado para a distribuição de pontos de controle terrestre para fins de aerotriangulação é diferente do procedimento para fins de análise da qualidade geométrica, no entanto o método de levantamento de suas coordenadas através do sistema GPS pode ser o mesmo para ambos.

### 2.6.1 Padrão de Exatidão Cartográfico

O Diário Oficial da União publicado no dia 20 de junho de 1984, através do Decreto nº 89.817, estabelece as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

Segundo o artigo 8º do mencionado Decreto, a classificação das cartas quanto à sua exatidão deve obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfico - PEC, que é descrito a seguir:

*1- Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta , quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfico - Planimétrico estabelecido.*

*2- Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfico - Altimétrico estabelecido.*

O PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão ( $PEC = 1,6449 * EP$ ). O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

Portanto, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático.

O artigo 9º do mesmo decreto, estabelece que as cartas são classificadas, segundo sua exatidão, nas classes A,B e C, considerando os seguintes critérios conforme tabela 02:

**Tabela 02** - Padrões de Exatidão Cartográfica (PEC) e Erros Padrões para escalas 1:10.000 e 1:2.000

ESCALA	CLASSE	PEC				ERRO-PADRÃO			
		Planimétrico		Altimétrico		Planimétrico		Altimétrico	
		Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (fração da eqd)	Terreno (m)	Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (fração da eqd)	Terreno (m)
1:10.000	A	0,5	5	1/2	2,5	0,3	3	1/3	1,5
	B	0,8	8	3/5	3,0	0,5	5	2/5	1,8
	C	1,0	10	3/4	3,75	0,6	6	1/2	2,3
1:2.000	A	0,5	1	1/2	0,5	0,3	0,6	1/3	0,3
	B	0,8	1,6	3/5	0,6	0,5	1,0	2/5	0,4
	C	1,0	2	3/4	0,75	0,6	1,2	1/2	0,5

Fonte: PEC Decreto n.º 89.817

O artigo 10º estabelece que é obrigatória a indicação da classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação. Caso os documentos cartográficos não estejam enquadrados nas classes especificadas no artigo citado, estes devem conter no rodapé da folha a indicação obrigatória do Erro-Padrão verificado no processo de elaboração.

A lei não se refere a produtos cartográficos em meio digital, pois na época da sua publicação a tecnologia digital não estava difundida. Atualmente torna-se necessário fazer uma adaptação da lei para trabalhar com tais dados; porque podemos obtê-los de várias formas, através de digitalização de produtos analógicos, da digitalização dos diapositivos, do equipamento scanner fotogramétrico, além da restituição semi-analítica e da fotogrametria totalmente digital.

## **CAPÍTULO 3 - ÁREA DE ESTUDO**

### **3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O município de São José possui uma área de 115 Km<sup>2</sup>. Limita-se com os municípios de Florianópolis, Biguaçu, Palhoça, Antônio Carlos, Santo Amaro da Imperatriz, Águas Mornas e São Pedro de Alcântara. Localiza-se na zona fisiográfica da Região da Grande Florianópolis, distante 9 Km em linha reta da capital, Florianópolis. Segundo o censo do IBGE, 2000, a população é de 173.559 habitantes.

Localiza-se no Estado de Santa Catarina, às margens da Baía Norte e Baía Sul. Tem como referência geográfica latitude 27°36'55" sul longitude 48°37'39" oeste e as seguintes características: área territorial de 115 Km<sup>2</sup>, com 09m de altitude na referência de nível. Temperatura média anual de 19,9°, clima subtropical úmido e temperado úmido segundo a classificação de W. Koeppen (IBGE, 2000).

O relevo é constituído de superfícies planas e ondulado da formação do complexo de formas do modelado litorâneo e superfícies onduladas e montanhosas. Quanto à hidrografia, o município é banhado pelos rios Maruim, do Matias, das Forquilhas ou Caldas do Norte e Bonito. A precipitação pluviométrica corresponde à ocorrência média anual verificada na Região da Grande Florianópolis, situando-se entre 1500 e 1700mm. A vegetação, como em toda a Região, apresenta predominância de vegetação secundária e atividades agrícolas. Os principais acidentes geográficos são as serras de Santa Filomena, Pai João, Congonhas e Pico da Pedra Branca com 450 metros de altitude.



### **3.1.2. Histórico**

A história de São José começa a ser contada a partir de 1750, com a vinda de 182 casais de açorianos, oriundos das ilhas Graciosa e de São Jorge, em Açores (Portugal), dando início ao povoamento. Em 1833, São José passou de Freguesia à Vila. Em 3 de maio de 1856, a Vila de São José foi elevada à categoria de Cidade. São José também foi berço das primeiras levas de colonizadores alemães em Santa Catarina, em 1829, quando São Pedro de Alcântara não era emancipado política e administrativamente. Em 1845 foi São José distinguido com a visita de D. Pedro I e D. Tereza Cristina quando se dirigiram à Caldas da Imperatriz.

## **CAPÍTULO 4 - MATERIAIS**

### **4.1 MATERIAIS EQUIPAMENTOS E EQUIPE TÉCNICA**

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário a utilização de materiais e equipamentos específicos, como o GPS (Global Positioning System) de precisão Topográfica, cartas e plantas analógicas e em meio digital, softwares gráficos e não gráficos, que estão descritos a seguir.

#### **4.1.1 Materiais**

##### **Doados pela Prefeitura Municipal de São José-SC:**

- Plantas Topográficas Cadastrais em meio digital na Escala 1:2000 do ano de 1995;
- Plantas Topográficas Cadastrais em papel na Escala 1:2000 do ano de 1995;
- Diafilmes das fotografias aéreas na escala 1:8000 do ano de 1995; e
- Fotoíndice do Mapeamento do Município de São José-SC.

##### **Laboratório LabFSG-USFC**

- Software Microstation;
- Software Arc View 3.0;
- Planilha eletrônica Excel; e
- Mídias magnéticas CD ROM - capacidade de 600MB.

#### **4.1.2 Equipamentos**

##### **Laboratório LabFSG-USFC**

- Computador Desktop Pentium III;
- Câmara Digital Olympos; e
- Ploter HP Deskjet 600.

##### **Empresa Eletrosul**

- 02 (Dois) receptores topográficos marca ASHTECH.

##### **Particular**

- 2 Automóveis.

### 4.1.3 Equipe Técnica

A equipe técnica foi formado por integrantes do GTCadastro-UFSC (Grupo de Trabalho em Cadastro), o qual fazem parte colegas da pós graduação, que utilizarão esse levantamento em suas pesquisas futuras. A equipe de campo que prestou auxílio na obtenção dos dados de implantação dos pontos de apoio GPS é composta pelas seguintes pessoas:

Doutorando:

Engenheiro Cartógrafo: Cézario Lima Jr. (Coordenador do GTCadastro)

Mestrandos:

Geógrafos: Marcos Aurélio Pelegrina (Coordenador Geral) e Sérgio Luis Lopes (Coordenador dos trabalhos em campo)

Engenheiro Civil: Dalton Luís Lemos II

Arquiteta: Vanesa Cardoso

## **CAPÍTULO 5 – MÉTODO APLICADO**

A metodologia adotada na execução deste trabalho baseou-se na comparação de pontos de apoio terrestre para fins de aerotriangulação, gerados através da tecnologia GPS, com material cartográfico confeccionado pelo método fotogramétrico analítico, o qual está em meio digital no sistema Microstation pertencente a Prefeitura Municipal de São José-SC. No anexo I (Relatório do Apoio Terrestre) está detalhada cada etapa para determinação dos pontos de apoio terrestre levantados.

### **5.1 PRIMEIRA ETAPA: PLANEJAMENTO, LEVANTAMENTO EM CAMPO E PROCESSAMENTO**

O uso do GPS - Topográfico nos levantamentos de campo, só foram possíveis graças ao empréstimo do equipamento da empresa Eletrosul, na pessoa do Geógrafo Sérgio L. Lopes, o qual fez parte da equipe que acompanhou toda a etapa do levantamento e Processamento dos dados .

O primeiro passo do trabalho foi o planejamento de campo, utilizando-se fotografias aéreas da área e um fotoíndice, o qual permitiu definir os melhores locais para o rastreio, sua localização e a melhor geometria para aerotriangulação.

O apoio terrestre foi determinado através de regras da fotogrametria, ou seja, os pontos foram localizados na ligação de faixas como na ligação de fotos e no canto do bloco. Como resultado final na execução do trabalho, foram estabelecidos 12 pontos de controle terrestre nas 14 fotos aéreas. Estes pontos serão usados em outras pesquisas no LabFSG UFSC para fins de aerotriangulação, mas foram usados neste trabalho para demonstrar a aplicabilidade dessas coordenadas na Cartografia e no Cadastro Técnico Multifinalitário.

O segundo passo foi o reconhecimento dos pontos a serem medidos. Para tanto, foram utilizados um automóvel e cartas da área. Nesta equipe de campo contamos a participação da arquiteta Vanesa Cardoso, funcionária da Prefeitura Municipal de São José-SC, conhecedora da área de estudo. Após o reconhecimento dos pontos de apoio, alguns deles foram deslocados em relação ao planejado, devido à interferência de obstáculos na recepção do sinal pela antena do GPS dos satélites. A proximidade de

prédios, árvores, que causam interferência.

O marco geodésico escolhido como base para o rastreamento foi implantado pela Empresa Eletrosul, subestação de energia no município de Palhoça-SC. Este marco foi escolhido para ser o ponto de partida do levantamento, uma vez que, o receptor utilizado neste trabalho é de apenas 1 (uma) frequência e deve estar localizado a menos de 20Km dos pontos de apoio terrestre.

Outro fator foi a facilidade de acesso ao marco e a segurança do local, onde o equipamento pode ficar montado durante todo o dia, sendo desnecessário a vigilância para evitar furtos e danos. O local não possuía qualquer obstáculo que pudesse interferir no rastreamento, (apesar de estar localizado dentro de uma subestação de energia) e o marco estava longe das torres de transmissão não recebendo nenhuma influência eletromagnética que influenciasse a recepção do sinal.

### **5.1.1 PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DO APOIO TERRESTRE**

O planejamento é fundamental em qualquer atividade que se deseja realizar. Ele nos permite reduzir custos e tempo de execução. Alguns aspectos básicos foram considerados no planejamento; entre eles citam-se:

1. Plotar num mosaico da área de estudo todos os pontos do apoio terrestre, considerando as regras da fotogrametria;
2. Levantamento expedito para a definição dos pontos, acessibilidade de cada ponto e a observação de obstáculos para o rastreamento;
3. Equipamentos a serem utilizados; números de receptores; GPS de navegação, entre outros;
4. Cronograma de execução contendo a data e o tempo de rastreamento de cada ponto;
5. Definição da equipe o meio de transporte e alimentação, fornecimento de energia para os equipamentos e comunicação.

### **5.1.2 EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO**

Antes de cada observação foram verificados os seguintes itens:

- a) Quais os membros da equipe e sua função no rastreamento,
- b) Disponibilidade de energia dos equipamentos,

- c) Qual o veículo a ser utilizado e sua capacidade de carga de combustível ,
- d) Cartas e fotos aéreas da área.

Durante o rastreamento dos pontos de apoio foram realizadas algumas tarefas, que estão descritas abaixo:

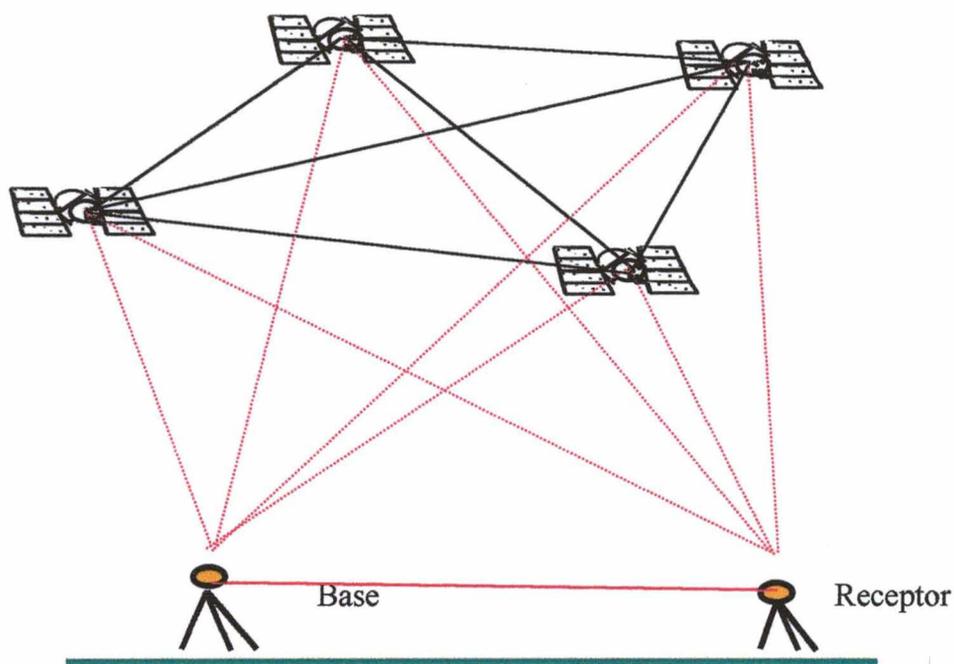
- a) Montagem da estação base e a verificação do correto funcionamento do aparelho;
- b) Era anotado o nome da estação, número da estação e altura da antena;
- c) Cada estação era fotografado e anotado o nome das ruas adjacentes;

Os levantamentos foram realizados nas datas 30/06/2001, 06/07/2001, 13/07/2001 e 18/07/2001.

Para determinação das coordenadas dos pontos, foi adotado o posicionamento geodésico por satélites do sistema NAVSTAR-GPS, através do método relativo estático.

O método relativo estático é a técnica tradicional de medição GPS. Cada estação é ocupada até que uma quantidade suficiente de dados tenha sido coletada para quatro ou mais satélite. O tempo de observação varia conforme a qualidade dos sinais dos satélites, as condições atmosféricas, o tipo de receptor e o comprimento da linha base.

O método estático é ideal para distâncias maiores que 15 km, sendo utilizado para implantação, controle e densificação de rede geodésicas, estabelecimentos de pontos de controle para a Aerofotogrametria e para vários outros de precisão.



**Figura 06 – Método Estático**

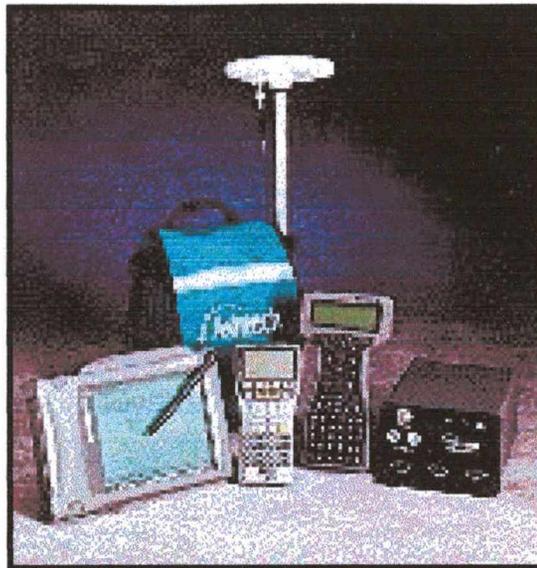
Para fins de controle e estabelecimento das correções geoidais, fora rastreada, também, um referência de nível do IBGE detalhados em anexo I (relatório de Apoio Terrestre).

Foram rastreados, no total, 12 pontos de apoio suplementar HV (Horizontal e Vertical).

Para obter-se precisões decimétricas alguns requisitos devem ser obedecidos:

1. O receptor base deveria estar instalado em um referencial geodésico conhecido;
2. Deve haver um mínimo de 4 satélites comuns para os receptores base e móvel;
3. A linha de base deve ser menor que 30 km;
4. PDOP menor que 3.5 nos primeiros 30 minutos de rastreamento.

A Figura 07 apresenta o sistema RELIANCE com seus periféricos: antena receptora dos sinais GPS, receptor (mochila), controladores de funções de campo e caderneta eletrônica para anotações em campo.



**Figura 07 - Sistema RELIANCE**

### **5.1.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS**

#### **5.1.3.1 Processamento dos dados coletados em campo**

Após a coleta dos dados de campo, estes foram processados a fim de verificar-se a acurácia obtida para cada feição cadastrada. O processamento se deu através da utilização do *software* que acompanha os receptores.

Como se sabe, os dados rastreados pelos receptores GPS são apresentados na forma de coordenadas geodésicas que estão referenciadas ao sistema World Geodesic System - WGS 84; como o objetivo era utilizar estes pontos para realização da aerotriangulação estes dados foram convertidos para o sistema South American Datum SAD-69 e em coordenadas UTM.

### **5.2 SEGUNDA ETAPA: DETERMINAÇÃO DA ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA**

Depois do levantamento dos dados com o equipamento GPS Topográfico, ou seja, o apoio terrestre, tornou-se necessário que se fizesse uma conversão entre coordenadas e datums (ver no relatório de apoio terrestre Anexo I).

Feito isso, foi constatado que o HV 54, homólogo ao levantado pela empresa de aerolevante responsável pelo mapeamento do referido município. Apresenta uma diferença nos valores das coordenadas. Conforme, tabela 03.

Tabela 03 - Discrepância do Ponto Homólogo

PONTO	Relatório Apoio Terrestre Da Empresa		Ponto Levantado		Discrepância (m)	
	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)
HV54	733253.06105	6948167.53781	733252.235	6948171.207	0.826	-3.669

A hipótese encontrada para justificar a presença dessa discrepância, foi a de que existe um afastamento entre a rede de monitoramento contínuo com a rede Geodésica Brasileira.

Em contatos com a Engenheira Salete da empresa Celesc, a qual detectou uma discrepância semelhante na rede do Estado de Santa Catarina; confirmado o fato na dissertação da Mestre Simone S. Sato, que a apresentou para obtenção do título de mestre na Eng.Civil na Universidade Federal de Santa Catarina na qual também encontramos uma discrepância parecida.

A partir destas evidências provando a discrepância, para a correção, foi necessário rastrear a base no hotel Kennedy utilizada pela empresa de aerolevanteamento, utilizando-se do ponto de referência daquele trabalho. Logo após, foram deslocados os pontos de apoio terrestre conforme a discrepância entre as bases.

A base utilizada para este trabalho foi o marco geodésico de referência da empresa Eletrosul localizado na subestação de Palhoça no município de Palhoça-SC. Este marco foi implantado pela empresa Aerosat Ltda. A poligonal geodésica para sua determinação teve origem no vértice SAT 91851 da UFSC –Florianópolis-SC e o fechamento no vértice SAT 91858 da FURB Blumenau-SC, tendo como coordenadas planas UTM N=6940312,739m E=727829,361m e H= 30,413m, no Meridiano central 51°, SAD69/Córrego Alegre.

Já a base utilizada pela empresa de aerolevanteamento responsável pelo mapeamento do município de São José-SC, estava situada na caixa d'água do Hotel Kennedy materializado com uma chapa de bronze, com as coordenadas N=6.944.800,322m E= 736.135,003m e H= 25,488m, no Meridiano central 51°, ligada ao Sistema Geodésico Brasileiro através do vértice Biguaçu pertencente à rede de Triangulação Brasileira. E como vértice de fechamento foi utilizado o vértice Kugat.

Para a correção da discrepância encontrada entre as bases foi necessário

rastrear a base no Hotel Kennedy e determinar suas coordenadas. Após esta determinação houve a translação (x,y,z) dos pontos de apoio terrestre, usando a diferença conforme tabela 04, para a correção da discrepância entre as bases.

**Tabela 04 - Discrepância da Base**

PONTO	Relatório Apoio Terrestre Da Empresa		ELETROSUL		Diferença(m)	
	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)	$\Delta E$	$\Delta N$
BASE	736135.003	6944800.322	736134.116	6944804.041	+0.887	-3.719

Esta diferença explicada por Costa (2001), deve-se ao fato de que os levantamentos geodésicos incorporaram o GPS a rede existente sem que nenhuma análise detalhada dos resultados fosse feita. Sabe-se, que o GPS fornece resultados superiores aos dos procedimentos padrão. Em decorrência desta inevitável evolução e da constatação dos problemas encontrados na densificação da rede do SAD69, reconhece-se à necessidade de reajustamento na rede planimétrica. A estimativa das distorções de uma rede requer a análise das diferenças entre as coordenadas de suas estruturas antigas e novas. Na tabela 05 é mostrado a distorção segundo cada bloco de ajustamento da rede.

**Tabela 05: Análise das distorções segundo cada bloco de ajustamento da rede**

blocos de ajuste	nº de estações comuns	Distorção média (m)	Distorção máxima (m)
Rio G. do Sul, Santa Catarina, Paraná	518	7,509	13,846
Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná	736	5,991	14,873
Mato Grosso, Mato Grosso do Sul	580	5,269	12,706
Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais	482	2,548	5,296
Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Tocantins	1202	4,296	14,178
Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia	464	4,015	5,537
Bahia, Minas Gerais	403	2,091	4,353
Goiás	572	2,295	13,881

Fonte: Costa (2001)

Sendo assim, foi utilizada esta diferença (E,N) conforme tabela 04, para

deslocar os pontos levantados com o GPS. Na tabela 6 temos o resultado final após a translação das coordenadas dos pontos levantados.

**Tabela 06:** Coordenadas Planas UTM

Ponto	PONTOS LEVANTADOS		H(m)
	E(m)	N(m)	
HV01	735003,3080	6948549,7940	11,3378
HV02	734266,8600	6948696,0940	22,5388
HV03	733511,3820	6948468,3230	14,8358
HV04	731132,1710	6949987,3950	22,5798
HV05	730853,0880	6951247,0640	47,3208
HV06	732344,7540	6949050,7020	25,3428
HV07	734495,6410	6949452,2350	9,1118
HV08	735224,5900	6949240,9990	6,0258
HV09	733689,9480	6950077,0600	26,5380
HV10	732666,0680	6950566,3770	23,8630
HV11	732471,1560	6951381,4080	16,7520
HV54	733253,1220	6948167,4880	17,3820

### 5.3 TERCEIRA ETAPA: DETERMINAÇÃO DAS ALTITUDES ORTOMÉTRICAS

As altitudes obtidas com a tecnologia GPS são referidas ao elipsóide – (altitudes geométricas). A precisão é a mesma do posicionamento planimétrico. Entretanto, torna-se necessário converter tais altitudes geométricas para altitudes ortométricas do Sistema Geodésico Brasileiro, sem perda de precisão.

São diversos os meios de confecção de mapas geoidais. Alguns conduzem a mapas geoidais absolutos e outros a mapas geoidais relativos. A diferença consiste em que os primeiros (mapas geoidais absolutos) oferecem as altitudes geoidais, enquanto que os segundos oferecem a inclinação do geóide ou as diferenças de altitudes geoidais.

Para o transporte de altitudes é necessário conhecer-se o desnível geoidal, como mostra a fórmula abaixo:

$H_b = H_a + D_h - N$ , onde a diferença de altitudes geométrica  $D_h$  é fornecida pela tecnologia GPS e a ondulação do geóide  $N$  pelo mapa geoidal relativo a figura 08 demonstra essas variáveis.

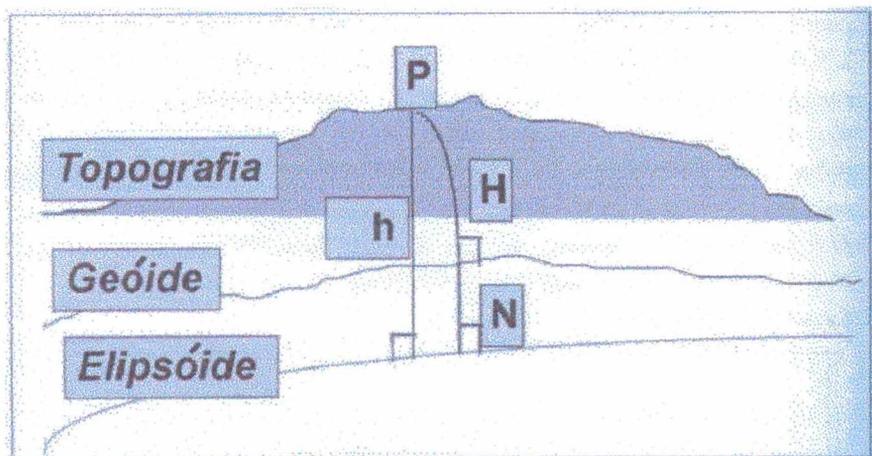


Figura 08: Desnível Geoidal (fonte: Mônico 2000)

Para a obtenção do mapa geoidal relativo, foi rastreado uma referência de nível. A diferença constitui o desnível geoidal, cuja precisão depende da precisão da altitude geométrica fornecida pelo GPS e da altitude ortométrica oferecida pela referência de nível.

Para este levantamento foi utilizada RN, que está localizada no município de São José, próximo ao prédio da Prefeitura e que possui as seguintes coordenadas

altimétrica:

$$H(\text{altitude ortométrica}) = 3,9758 \text{ m}$$

$$h(\text{GPS}) = 4,820 \text{ m}$$

$$N(\text{ondulação geoidal}) = 0,8442 \text{ m}$$

Para determinar altitudes ortométricas(H), a partir das geométricas (h), determinadas com o GPS, é indispensável o conhecimento da ondulação geoidal (N), (Mônico, 2000). Na tabela 07, os valores de cada variável utilizada para a determinação da altitude ortométrica. Por falta de RNs na área de estudo foi utilizado apenas 1 (um). O correto seria o levantamento de vários RNs e a criação de um modelo regional de geóide ou ondulação geoidal.

Fórmula:  $H=h-N$

H=altitude ortométrica

h=altitude geométrica (GPS)

N=ondulação geoidal

**Tabela 07 : Determinação das Altitudes Ortométrica**

Pontos	H (altitude ortométrica) (m)	h (GPS) (m)	N (ondulação geoidal)(m)
HV01	11,3378	12,182	0,8442
HV02	22,5388	23,383	0,8442
HV03	14,8358	15,680	0,8442
HV04	22,5798	23,424	0,8442
HV05	47,3208	48,165	0,8442
HV06	25,3428	26,187	0,8442
HV07	9,1118	9,956	0,8442
HV08	6,0258	6,8700	0,8442
HV09	25,6938	26,538	0,8442
HV10	23,0188	23,863	0,8442
HV11	15,9078	16,752	0,8442
HV54	16,5378	17,382	0,8442
RNM6	3,9758	4,820	0,8442

#### **5.4 LEVANTAMENTO DOS PONTOS NO SISTEMA DIGITAL**

O material cartográfico em meio digital da Prefeitura Municipal, está na plataforma Microstation em formato DGN. A primeira etapa consistiu em juntar vários arquivos e montar um mosaico da área de estudo.

Após esta etapa, foram inseridos os pontos de controle terrestre (Hs) elaborados neste trabalho na forma de símbolos. Estes, no arquivo digital, quando comparados com os mesmos não eram homólogos com as feições, ou seja os pontos não estavam na mesma posição da feição gráfica. Como o objetivo desta operação era determinar as coordenadas, do mesmo ponto no arquivo digital, foi criado outro símbolo com nível e forma diferente. Em seguida foram inseridos um a um ao elemento gráfico correspondente, para determinar suas coordenadas dos pontos no arquivo digital.

Por último, esses símbolos foram exportados do software microstation, gerando um arquivo em formato de texto, com as coordenadas de cada ponto.

## **CAPÍTULO 6 – ANÁLISES DE RESULTADOS**

Este capítulo objetiva avaliar os resultados obtidos em todo o trabalho. Os dados são confrontados e quantificados para que seja possível a aplicação dos pontos de controle terrestre na Cartografia e no Cadastro Técnico Multifinalitário.

Sendo assim, as primeiras análises referem-se aos dados obtidos através da tecnologia GPS, comparados com a base cartográfica em meio digital, utilizado pela Prefeitura Municipal. Seguem-se as análises dos procedimentos e resultados obtidos na simulação da avaliação da base cartográfica em meio digital e da distribuição espacial dos pontos de controle para fins de gestão territorial.

### **6.1 LEVANTAMENTO ATRAVÉS DO GPS**

Os dados obtidos com o equipamento GPS, tornaram-se fundamentais para realização deste trabalho, pois através deles foi possível desenvolver as seguintes etapas preliminares:

- a) Determinar novos pontos de apoio terrestre necessários para gerar a aerotriangulação e para produzir um novo produto cartográfico, utilizando o processo fotogramétrico digital, considerando a precisão necessária;
- b) O levantamento de campo de coordenadas de referência para a comparação com as da base cartográfica, em meio digital da Prefeitura Municipal. Bem como classificá-la segundo a legislação do PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica.
- c) Como utilizar as coordenadas desses pontos de controle terrestre para aplicar na Cartografia e ao Cadastro Técnico Multifinalitário

### **6.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PONTOS GPS COM RELATÓRIO DO APOIO TERRESTRE DA PREFEITURA MUNICIPAL**

A análise realizada foi para confrontar as coordenadas planimétricas do ponto de controle terrestre HV 54 que é o mesmo ponto medido pela empresa de aerolevanteamento; as coordenadas utilizadas na análise são provenientes do relatório do

apoio terrestre fornecido pela Prefeitura municipal.

Está análise tornou-se necessária para verificar a qualidade dos pontos levantados neste trabalho, comparados com o da empresa, considerados padrão. Sendo que, os pontos levantados pela empresa foram fiscalizados e aprovadas suas qualidades geométricas. O resultado da comparação é mostrada na tabela 08.

**Tabela 08 - Discrepância dos dados levantados**

PONTO	Relatório Apoio Terrestre Da Empresa		Ponto Levantado		Discrepância	
	E (m)	N(m)	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)
HV54	733253.06105	6948167.53781	733253.1220	6948167.4880	-0.0609	0.0498

Comparado as coordenadas do ponto HV 54 do relatório de apoio terrestre com as coordenadas do ponto HV 54 levantado em campo neste trabalho. Obteve-se, uma discrepância na casa do decímetro. Considerando também os valores obtidos na tabela 09 a seguir, pode-se concluir que os pontos levantados neste trabalho possuem confiabilidade geométrica.

### **6.3 ANÁLISE DA QUALIDADE GEOMÉTRICA (ENSAIO) DE PRODUTO CARTOGRÁFICO EM MEIO DIGITAL**

Antes de se analisar a qualidade geométrica é preciso fazer algumas considerações iniciais. Para se fazer uma análise da qualidade geométrica torna-se necessário o mínimo de 20 de pontos bem distribuídos nos quadrantes da carta, estudados no item 2.6, além de procedimentos estatísticos mais flexíveis e tão eficazes como os do PEC .

O objetivo deste trabalho é mostrar, o uso do método de levantamento de pontos de controle terrestre usando o GPS, e assim avaliar a qualidade geométrica da base digital utilizada pela prefeitura. Para realizar este ensaio optou-se utilizar o decreto 89.817,ou seja, Padrão de Exatidão Cartográfica por ser uma norma usualmente utilizado para fazer este tipo de avaliação.

Para isto, foi construída a tabela 09, na qual constam as coordenadas

dos pontos de apoio terrestre levantados neste trabalho, com as coordenadas do mesmo ponto na base digital e suas discrepâncias.

Vale lembrar, que a análise é feita com as coordenadas da base cartográfica em meio digital. Se esta comparação fosse feita através de coordenadas na carta impressa, apresentaria valores diferentes destes, devido à espessura dos elementos gráficos em papel.

Foram levantados 12 pontos de apoio terrestre, mas apenas foram utilizados 08 pontos na amostra. Os pontos excluídos estão no item 6.4.1 e a seguir está detalhado o motivo pelo qual esses pontos não puderam ser utilizados.

O objetivo deste item é mostrar a utilização dos pontos de controle terrestre. Ao analisar a qualidade geométrica de produtos cartográficos, este número de pontos é suficiente, para um ensaio.

**Tabela 09:** Discrepâncias entre as Coordenadas Observadas

Apoio Terrestre			Base Digital		Discrepância		Erro	
Ponto	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)	Planimétrico(m)	
HV01	735003.3080	6948549.7940	735002.7300	6948549.8900	0.5780	-0.0960	0.586	
HV02	734266.8600	6948696.0940	734267.2700	6948696.1200	-0.4100	-0.0260	0.411	
HV03	733511.3820	6948468.3230	733510.5100	6948468.5900	0.8720	-0.2670	0.912	
HV04	731132.1710	6949987.3950						
HV05	730853.0880	6951247.0640						
HV06	732344.7540	6949050.7020						
HV07	734495.6410	6949452.2350	734495.8730	6949452.5820	-0.2320	-0.3470	0.417	
HV08	735224.5900	6949240.9990	735224.3900	6949241.0400	0.2000	-0.0410	0.204	
HV09	733689.9480	6950077.0600	733690.0500	6950077.5100	-0.1020	-0.4500	0.461	
HV10	732666.0680	6950566.3770	732665.9400	6950567.0300	0.1280	-0.6530	0.665	
HV11	732471.1560	6951381.4080						
HV54	733253.1220	6948167.4880	733251.9000	6948167.0800	1.2220	0.4080	1.288	
					<b>Média</b>	0.2820	-0.1840	0.618
					<b>Desvio Padrão</b>	0.5657	0.32245	0.342
					<b>PEC</b>	0.9306	0.5304	0.564

As diferenças entre os dados apresentaram como resultado um Desvio Padrão planimétrico de 0,342. Multiplicando-se este desvio por 1,649, de acordo com as

especificações estabelecidas pela norma do PEC, o Padrão de Exatidão Cartográfica estudado no item 4.6; obter-se um erro planimétrico de 0,564. Seguindo este padrão, podemos classificar o produto cartográfico da empresa como Classe A.

O produto cartográfico da prefeitura é classificado como classe A. O ensaio feito na tabela 09, apesar de usar como amostra apenas 08 pontos, confirma a classificação feita pela empresa executora.

#### **6.4 ANÁLISE DOS PONTOS DE APOIO TERRESTRE**

Os pontos de controle terrestre levantados neste trabalho, por ser uma pesquisa científica, não foram monumentalizados. Devido à falta de recursos e tempo que seriam necessários para sua execução, optou-se por localizar os pontos em elementos como interseção de muros e cercas, pois sofrem poucas alterações durante o tempo e de certa forma ficam monumentalizados.

A função dos pontos de apoio terrestre é garantir geometria para aerotriangulação e geralmente, nos seus levantamentos, dificilmente são monumentalizados, ou seja, são levantados da mesma forma que neste estudo.

Dos 12 pontos que foram medidas suas coordenadas, apenas o HV 06 não poderá ser utilizado para aerotriangulação. A exclusão deste ponto será explicada no item 6.4.1. Mas as coordenadas dos pontos restantes, poderão ser utilizadas para aerotriangulação, pois foram levantadas respeitando-se as regras da fotogrametria estudadas no item 2.2.

##### **6.4.1 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PONTOS DE APOIO TERRESTRE COM A CARTOGRAFIA E CTM**

Este item analisa alguns dos pontos de apoio terrestre levantados neste trabalho e confronta suas coordenadas com a base cartográfica em meio digital, tendo como objetivo, verificar a qualidade temática do produto da Prefeitura e sua aplicação ao Cadastro Técnico Multifinalitário e à Cartografia.

As discrepâncias observadas em todos os pontos são aceitáveis, tendo em vista os valores do PEC estudados no item 8.3, que classificou a base cartográfica em meio digital utilizada pela Prefeitura Municipal como sendo classe A.

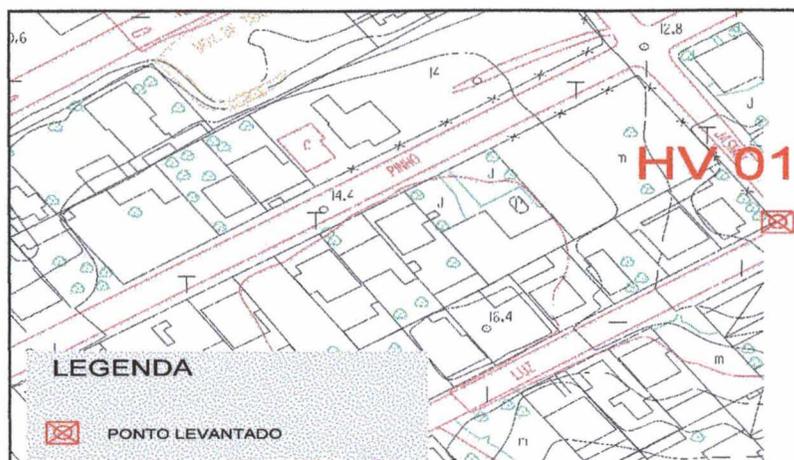
O primeiro ponto a ser analisado é HV 01 que apresenta uma discrepância conforme tabela 09.

Este ponto está localizado em área urbanizada, como pode ser observado na figura 09 a seguir e na foto Fx 12 205 anexo I, (Relatório de Apoio Terrestre). A discrepância observada na tabela 09 é pequena, e portanto demonstra que a base cartográfica em meio digital, possui qualidade geométrica e temática, podendo ser usado no Cadastro Técnico Multifinalitário.

Um exemplo prático, seria a utilização das coordenadas do ponto de controle em campo, pelas concessionárias de serviços públicos, de energia, água e telefone do município. Poderiam utilizar as coordenadas como ponto de referência, para levantamentos com o equipamento GPS, cadastrando postes, boca de lobos, usuários e atualização da sua base.

De forma sistemática, a determinação dos pontos de controle poderia formar um sistema municipal de referência, onde vários usuários utilizariam dessas coordenadas para tantas outras aplicações..

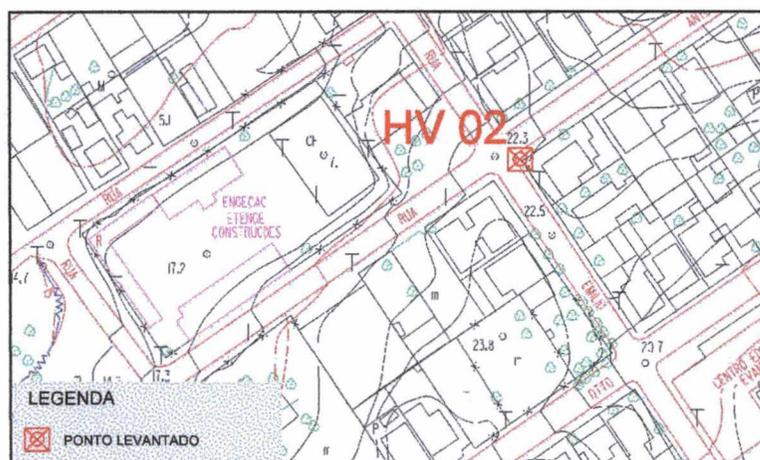
Este ponto de controle terrestre além de servir para aerotriangulação, pode ser utilizada para outras finalidades, como citado acima. O produto cartográfico da prefeitura municipal, ganha e muito, com esse tipo de uso, uma vez que estes pontos possuem alta precisão.



**Figura 09:** Comparação HV 01 medido com a base digital

Na tabela 09, a discrepância das coordenadas do HV02, quando comparada com a base em meio digital é ainda menor que a observada no HV01.

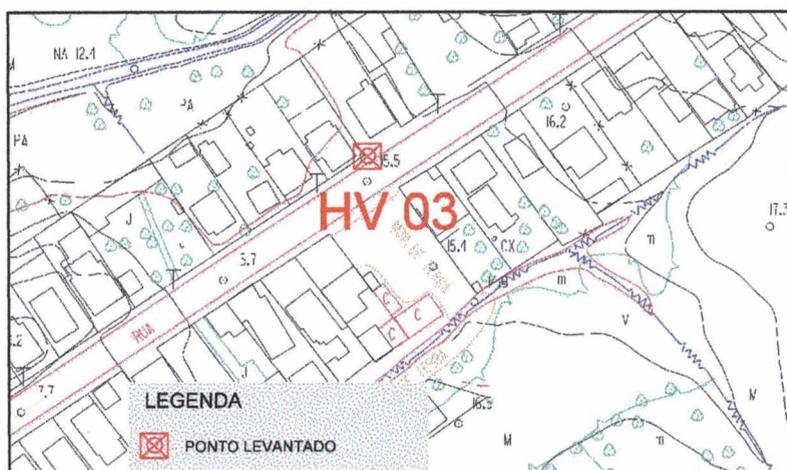
O HV 02 também está localizado em uma área densamente urbanizada do município de São José-SC conforme Figura 10. Sua localização permite a utilização das suas coordenadas tanto para aerotriangulação, como para o planejamento do município, e além para outras aplicações como o HV 01 acima citado.



**Figura 10:** Comparação HV 02 medido com a base digital

O HV03 está localizado em uma área de ocupação desordenada, ou seja, não foi respeitado o planejamento estabelecido pela Prefeitura Municipal. Caracteriza-se ainda, por ser uma área onde reside uma população de baixo poder aquisitivo e com demanda de serviços públicos conforme, foi verificado em campo e na figura 11 e na foto FX 10 168 no anexo I.

Este é um ponto onde suas coordenadas podem ser usadas para aerotriangulação e para outras finalidades, como referência em campo. Mas, é inviável a utilização da interseção do muro da base cartográfica em meio digital, para funções que exijam maior precisão. Isto, devido à discrepância observada entre as coordenadas conforme a tabela 09, que são de 0,87m no eixo E .



**Figura 11:** Comparação HV 03 medido com a base digital

Para explicar esta discrepância entre as coordenadas, a hipótese mais provável é que em áreas com ocupação desordenada, onde não se respeita o alinhamento predial, o fotointerprete dificilmente consegue definir de forma exata da interseção que forma a parcela. Isto ocorre, porque todo produto cartográfico tem um padrão estético é comum restituir seguindo uma linha imaginária de alinhamento predial. Devido a isso, a interseção real tem uma diferença geométrica quem é a mesma da cartografia.

No HV04, quando comparado com a base cartográfica em meio digital, observou-se um erro de restituição na base cartográfica em meio digital.

A fotointerpretação requer muito treinamento e conhecimento

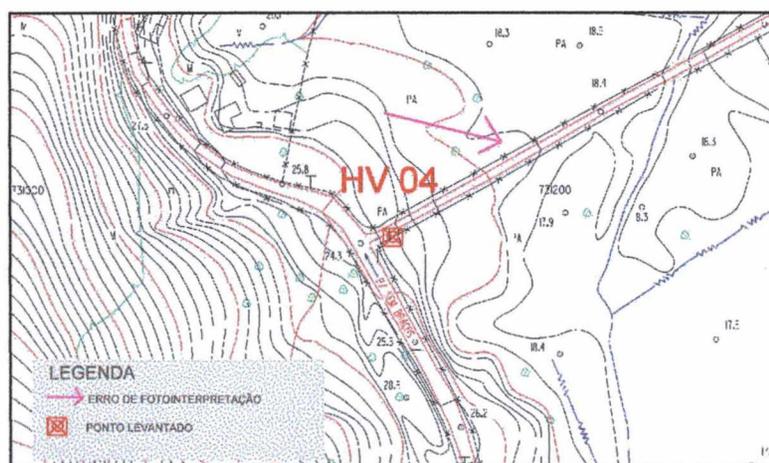
especializado através da formação profissional. Fator decisivo é a experiência adquirida através do treinamento. A visibilidade do objeto, ou ainda, a qualidade do objeto de se fazer visível é função de certas características próprias do objeto: do tipo, da escala e qualidade das fotografias, qualidade do estereoscópio, ou equipamento e qualidade da capacidade de visão estereoscópica do intérprete (LOCH 1989).

Com base nesta afirmação estudada no item 2.4, observa-se que o restituidor possui pouca experiência e interpretou uma elevação do terreno, provocada pela construção da estrada que dá acesso a propriedade, como se fosse uma cerca conforme, sinalização feita na figura 12.

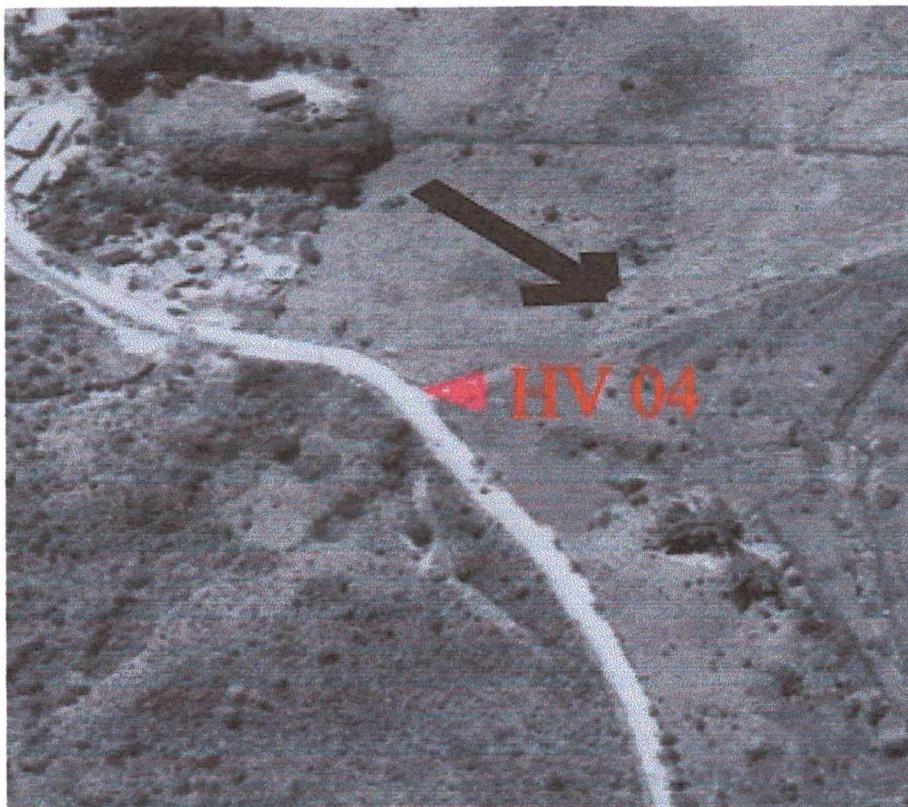
Ao analisar a figura 13 e a foto FX 09 143 no anexo I, observa-se que a elevação aparenta ser uma cerca, conforme sinalização. Mas, em campo foi constatado, conforme a figura 14 sinalizada, que se trata na verdade de uma elevação do terreno.

O restituidor na época, deveria ter colocado um código de dúvida e requisitado a equipe de campo na reambulação. E ainda verificado no local o que realmente se trata o elemento gráfico restituído, evitando tal erro.

Como no arquivo digital, está errado a restituição, foi impossível a utilização dessas coordenadas, conforme amostra no item 6.3 que classificou o produto em meio digital segundo o PEC. Mas este fato não impede a utilização das coordenadas deste ponto para aerotriangulação e para outras finalidades.



**Figura 12:** Comparação HV 04 medido com a base digital



**Figura 13:** HV 04 na fotografia aérea

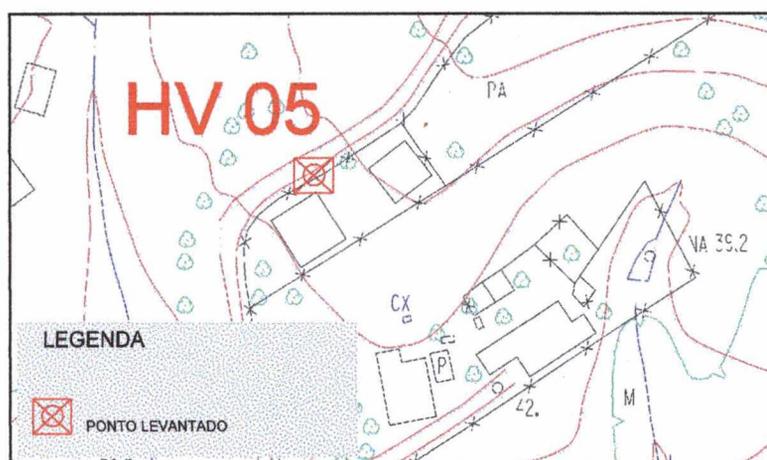


**Figura 14:** foto do HV 04 em campo

O HV 05 foi excluído da amostra utilizada no item 6.3, porque na época da execução do mapeamento não existia a feição conforme a figura 15 e foto FX 09 142 em anexo I. Ocorreu um erro de planejamento na distribuição dos pontos a serem levantados neste trabalho; a não utilização de um estereoscópio, que permitiria a visualização da feição onde seria locado o ponto de apoio terrestre com melhor identificação.

Sendo assim, estas coordenadas não servem para aerotriangulação utilizando as fotografias desta época. Somente para novos vôos e levantamentos em campo, utilizando-se do equipamento GPS.

Para avaliação da qualidade geométrica, primeiramente são escolhidos os pontos na carta e após são levantadas suas coordenadas em campo.



**Figura 15:** Comparação HV 05 levantado com a base digital

O HV06 foi excluído da amostra, devido à dificuldade de posicionamento da antena no ponto conforme figura 16 ; pode-se verificar que a antena do receptor do GPS, não está na interseção do muro, mas sim, afastada alguns centímetros. Por falta de experiência prática do grupo, não tiveram o cuidado de medir o afastamento e a sua direção, ou ainda de usar uma antena mais apropriada; desta forma as coordenadas obtidas não eram do local previamente estabelecido.

Assim sendo, este ponto ficou comprometido na sua confiabilidade geométrica, impedindo sua utilização para avaliação da qualidade geométrica da base digital tanto para fins de aerotriangulação como para outras finalidades.



**Figura 16:** Foto do HV 06 em campo

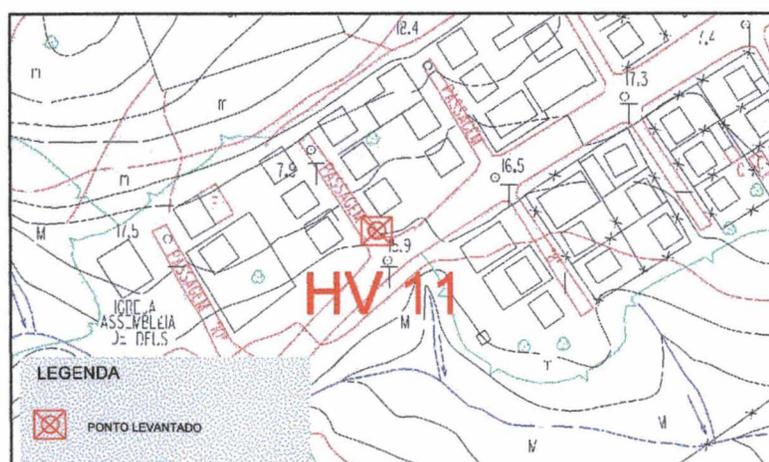
O HV10 apresenta maior discrepâncias de suas coordenadas no eixo N conforme tabela 09. Este fato ocorre porque este ponto está localizado em uma área com ocupação desordenada dentro do município, onde inexistem alinhamento predial e ruas calçadas com meio fio, os quais o restituidor poderia usar como parâmetro.

Ao executar a restituição desta parcela ocorreu um erro de restituição, observado na figura 17 através da legenda e na foto FX 09 141 em anexo I. Utiliza-se da edificação dos fundos da parcela como base para traçar um alinhamento. A interseção desta parcela seria a mesma do ponto observado. Outro fato, que chama atenção é que o limite da parcela passa por dentro do elemento gráfico que representa uma edificação, ou seja, o muro passa por dentro da edificação; outro erro de restituição.



**Figura 17:** Comparação do HV10 com a base digital

O HV11, foi outro engano na execução do apoio terrestre deste trabalho. O local do ponto escolhido no planejamento não era este. Com dificuldades no recebimento do sinal, foi necessário o deslocamento para outro ponto, próximo ao escolhido anteriormente. Esta escolha foi feita em campo sem a devida verificação na fotografia aérea e na base cartográfica, para comprovar a existência desta parcela na época da execução do mapeamento. Ao fazer a comparação do ponto com a base digital conforme figura 18 e a foto FX 09 141, verificou-se que a feição na existia na época do vôo. Portanto, este ponto não foi utilizado na amostra do item 6.3 e não pode ser aproveitado para aerotriangulação com as fotos da época, utilizada neste trabalho. Mas, suas coordenadas servem para novos levantamentos, com equipamento GPS.



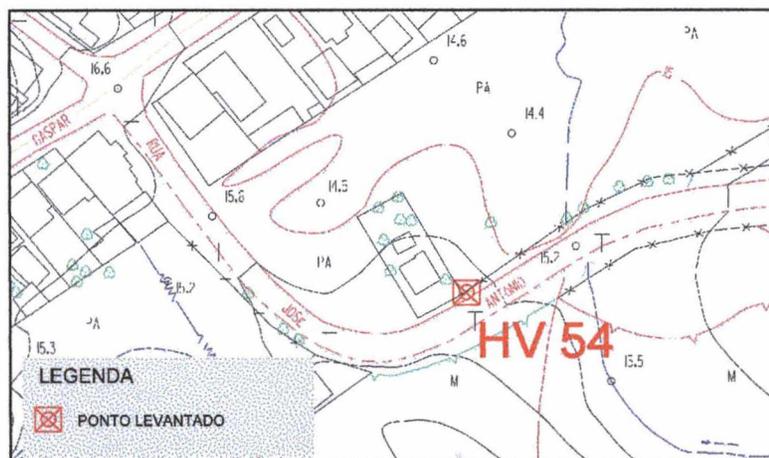
**Figura 18:** Comparação do HV 11 com a base digital

O HV54 apresenta a maior discrepância de todos os pontos analisados no item 6.3, conforme tabela 09.

Este ponto foi utilizado pela empresa com o ponto de apoio terrestre para execução da base cartográfica em meio digital a qual está sendo analisada. No item 6.2 foi verificado que as coordenadas do ponto levantado neste trabalho e as do ponto levantado pela empresa, apresentam discrepâncias na casa do décimo.

No entanto quando comparada com a base cartográfica em meio digital essa discrepância aumenta. A diferença é provocada pelo mesmo erro observado nos pontos HVS 03,04 e 10, ou seja, erro de restituição.

A figura 19 e na foto FX 10 168 em anexo I, mostra-se através do ponto medido neste trabalho aonde seria o local exato da interseção que forma a parcela.



**Figura19:** Comparação do HV 54 com a base digital

## 6.5 ANÁLISE DA COMPARAÇÃO PONTOS CONTROLE COM A CARTOGRAFIA TEMÁTICA

Este item analisa a distribuição espacial dos pontos de controle terrestre. E através da geração de mapa temático, busca fazer uma interpretação espacial da estrutura fundiária para fins de gestão territorial do município. O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) é fundamentado em diversos mapas temáticos que, quando relacionados entre si, se constituem em ferramentas ideais para o planejamento (Loch, 1990).

A área estudada deverá sofrer mudanças significativas num futuro próximo devido ao projeto de um novo traçado da rodovia BR 101, trazendo transformações no uso atual do solo nesta área; como a gestão territorial é um dos objetivos do cadastro, se faz necessário este tipo de análise.

A área de estudo usada como amostra nesta pesquisa, recebe a influência de dois pólos de desenvolvimento urbano, relativa à ocupação e uso do solo e, relevantes na sua configuração espacial, conseqüentemente na estrutura fundiária. O primeiro aspecto é a proximidade com o município de Florianópolis e o segundo refere-se a atual BR 101 que está localizada na área.

A primeira análise refere-se à comparação das coordenadas dos pontos de controle terrestre levantados com o mapa de uso do solo (ver figura 20), ambos gerados neste. Os HVs (01, 02, 07 e 08), estão localizados em área urbanizada e com uma boa infra-estrutura urbana por estar próxima a rodovia BR 101. Esta área recebe influência desta aproximação, surgindo ao longo de suas margens pontos de comércio e indústria. Afastando-se da margem da rodovia, observa-se uma área residencial de classe média, a qual conta com comércio vicinal que atende a população adjacente. Esta localidade caracteriza-se por ser uma cidade dormitório, pois a grande maioria da população exerce atividades na cidade de Florianópolis, um dos pólos desta área.

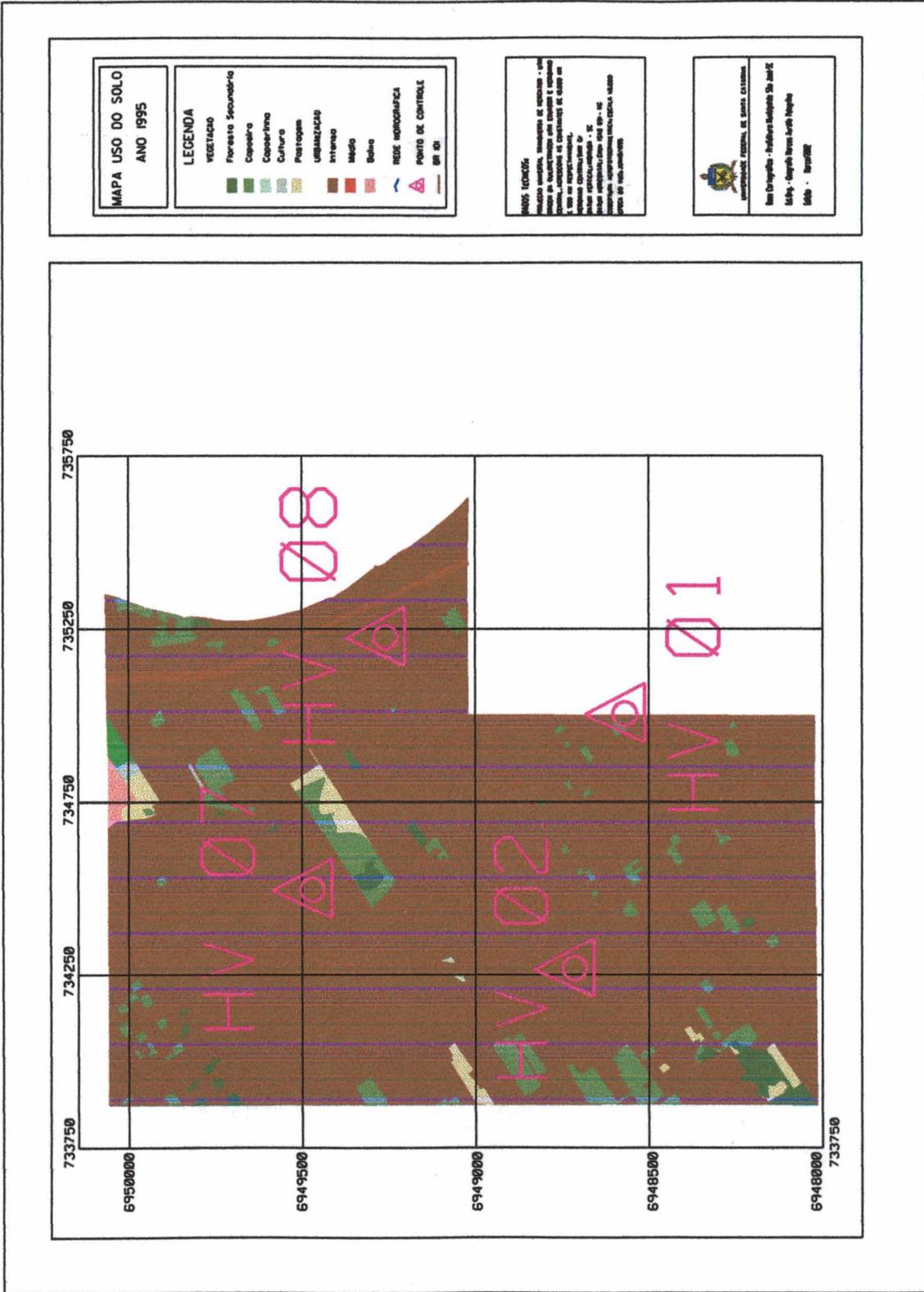


Figura 20: Mapa Uso do Solo Data 1995

Os pontos (09, 10 e 11), estão localizados em uma área com declividade superior aos analisados no parágrafo anterior e estão mais distantes da rodovia e da cidade de Florianópolis, conforme figura 21. Esta área caracteriza-se por ser uma área de expansão urbana; foi ocupada por uma população de baixa renda, apresentando ao longo do tempo um crescimento desordenado, com falta de infra-estrutura urbana e com uma grande demanda por serviços públicos.

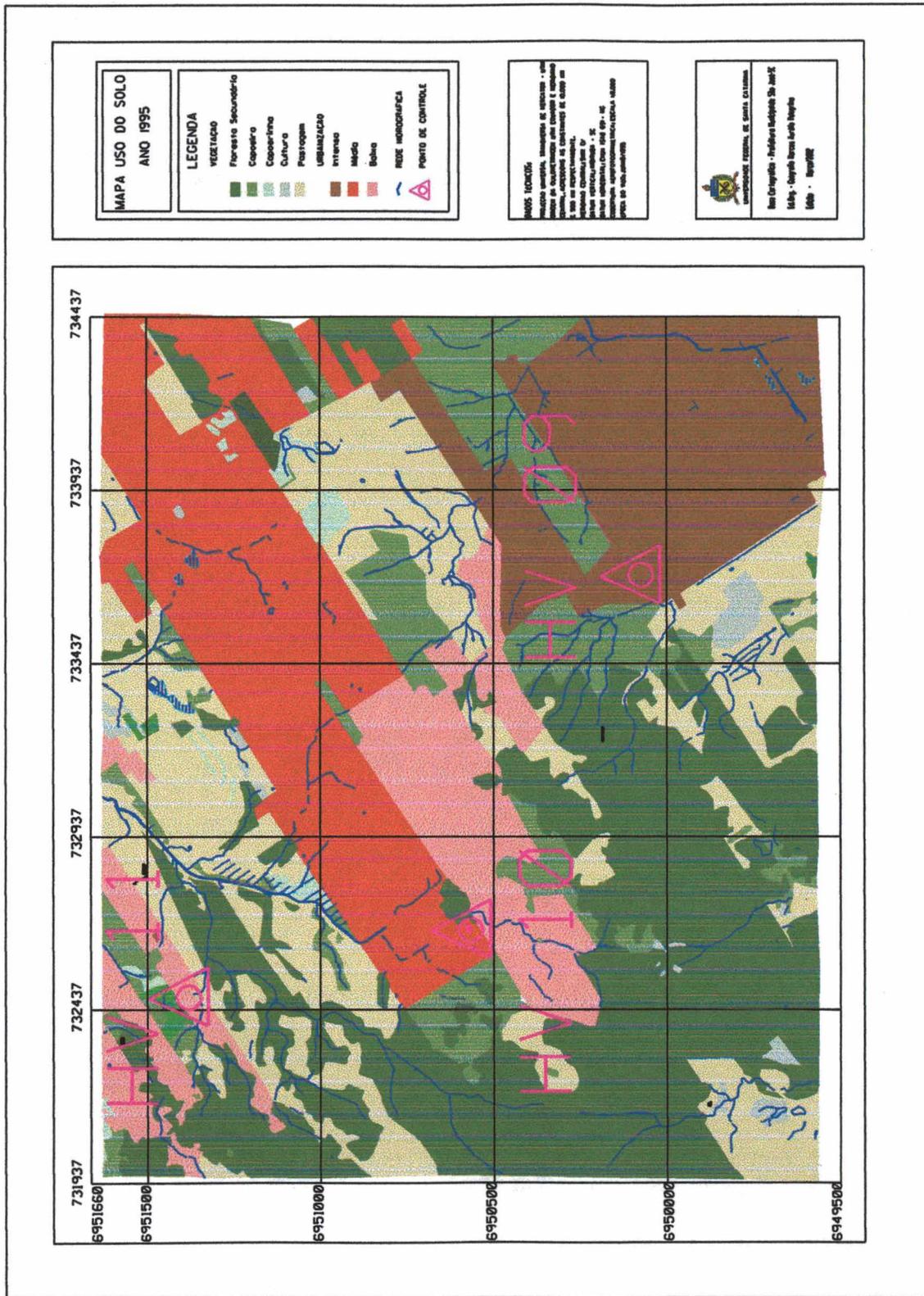


Figura 21: Mapa Uso do Solo Data 1995

Os pontos HVs 03, 54 e 06 estão posicionados numa área que também se expande progressivamente da zona urbana para a rural conforme fig 22. Apresenta uma área mista, com residências e pequenas propriedades rurais. As atividades desta área também estão ligadas ao município de Florianópolis.



Os pontos (04 e 05) estão localizados em uma área rural caracterizada pela produção agrícola destinada ao abastecimento dos municípios de Florianópolis e São José, conforme a figura 23. Este tipo de uso do solo se mantém até os dias atuais, conforme foi constatado em campo durante a medição dos pontos de controle terrestre.

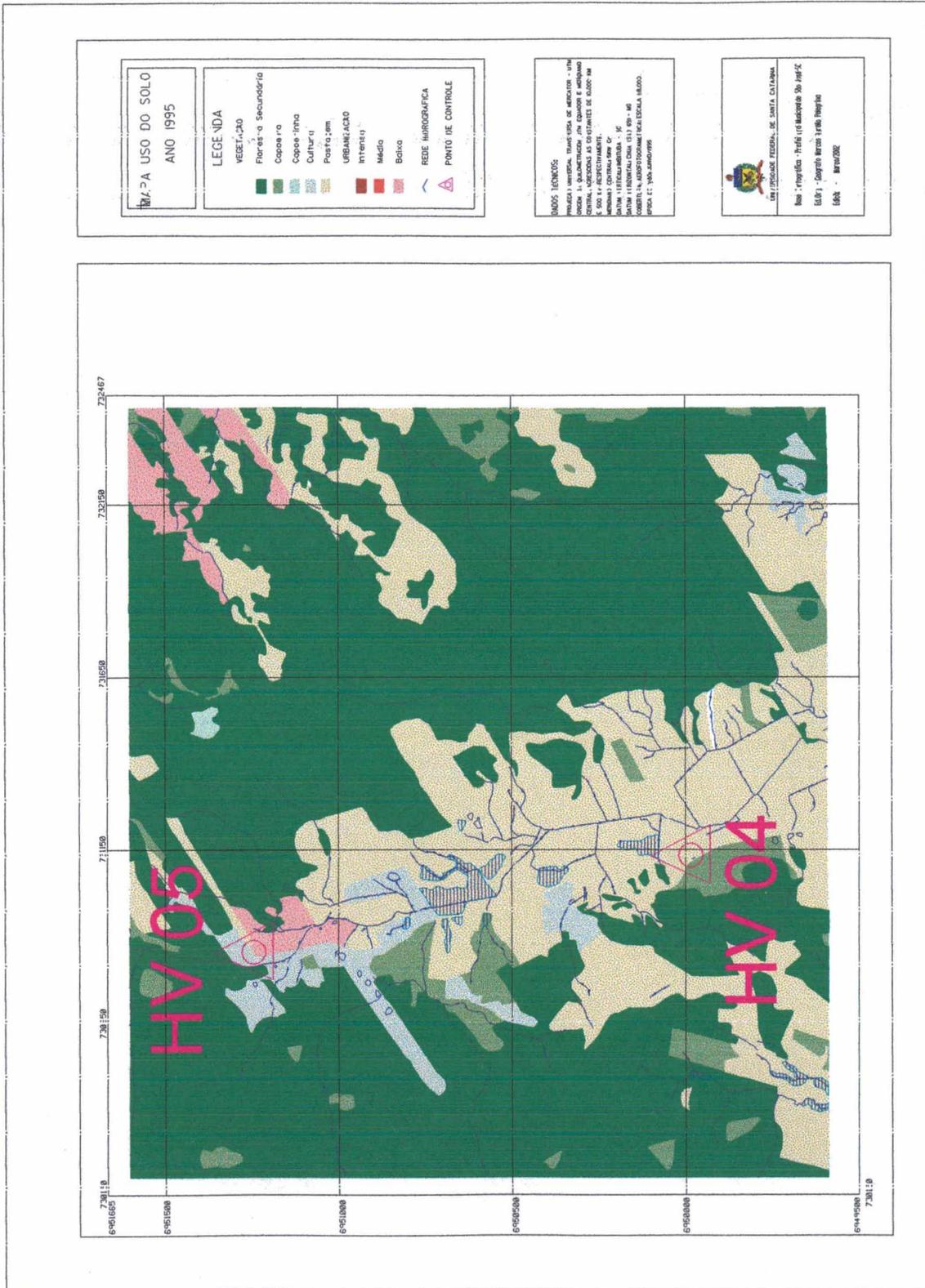


Figura 23: Mapa Uso do Solo Data 1995

Esta área, sofrerá maior influência na ocupação do solo devido ao novo traçado da BR 101 proposto pelo DNER; devido a este fato, foi elaborado o mapa temático de estrutura fundiária conforme figura 24. Pode-se assim observar como era a ocupação em 1995, bem como a distribuição das propriedades. Constatou-se em campo que as propriedades em torno dos pontos 04 e 05 eram pequenas propriedades rurais e que não aconteceram mudanças significativas na estrutura fundiária desta área. Como o novo traçado da BR 101, passará próximo a está área, a rodovia aglutinará um novo pólo de desenvolvimento do município, transformando completamente o uso do solo deste local. Então, as propriedades terão maior valor de venda, e no espaço tipicamente rural acontecerão novas funções como: comércio, industria e residências ao longo e ao largo da rodovia, formando nova área de expansão urbana.

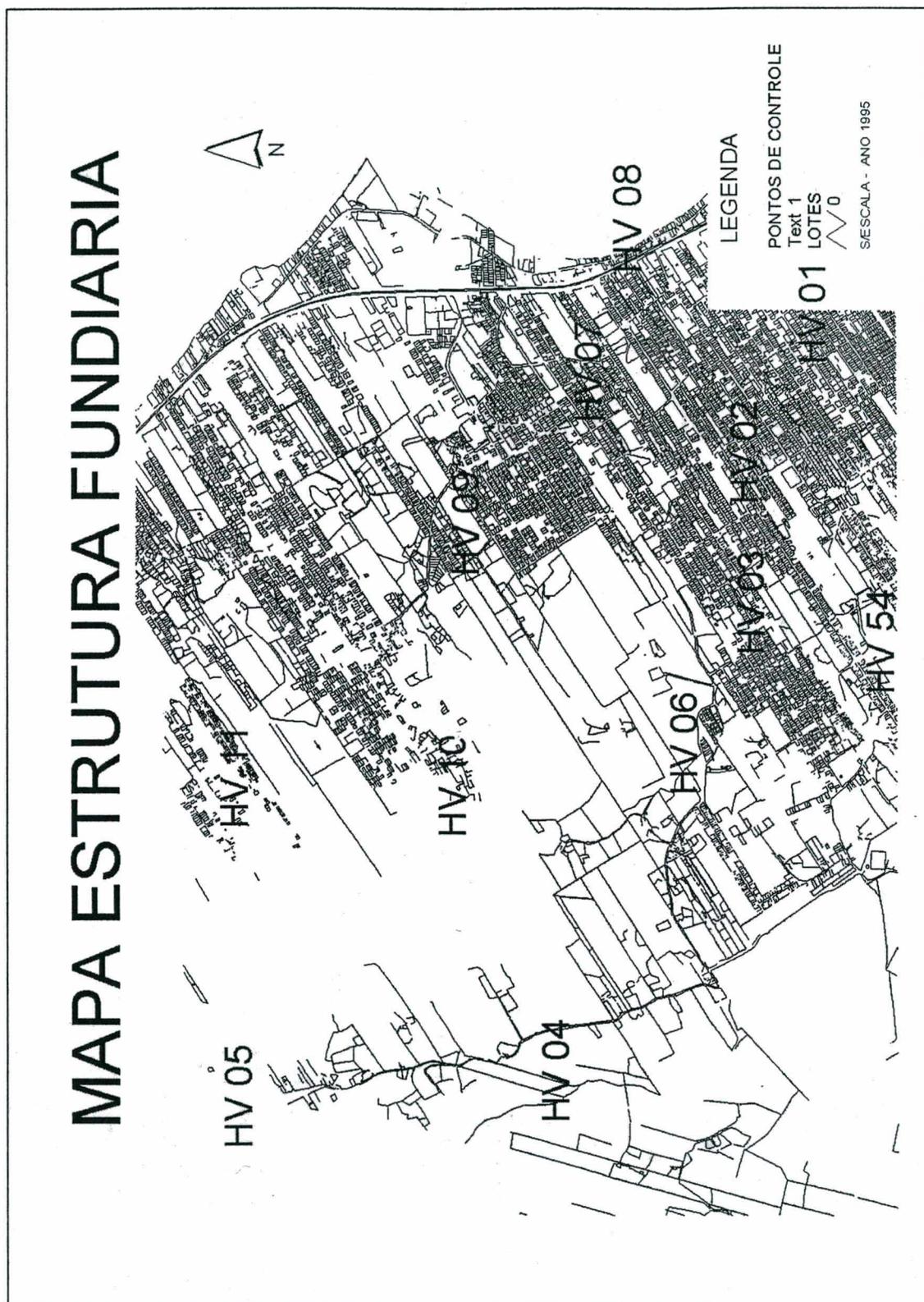


Figura 24: Mapa Estrutura Fundiária Data 1995

## **CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **7.1 CONCLUSÕES**

Este estudo permitiu analisar a importância da base cartográfica em meio digital e a geração de mapa temático para fins de planejamento e gestão territorial. Acrescenta-se ainda a utilização dos pontos de controle terrestre para outras aplicações além da aerotriangulação e também mostrar (através de ensaio), como estabelecer um controle de qualidade geométrico de um produto cartográfico em meio digital, usando a norma do PEC.

Nesta perspectiva, o estabelecimento de uma base cartográfica confiável é fundamental, pois constatou-se que os produtos cartográficos têm que ter qualidade geométrica e temática para que haja uma confiabilidade em suas informações.

Como nos últimos anos aumentou o número de usuários da tecnologia SIG (Sistema de Informação Geográfica), aplicados no CTM, se exige que os produtos cartográficos em meio digital possuam qualidade nas informações e consistência digital. O IBGE definiu normas de controle de qualidade para SIG, para serem manipulados em tal ambiente. O arquivo digital tem que possuir conectividade, fechamento de polígonos, entre outros.

O equipamento GPS é um exemplo de tecnologia que bem aplicada pode servir de referência, tanto para análise da qualidade do produto como para sua confecção. O CTM exige produtos cartográficos que tenham qualidade geométrica e temática a fim de que o resultado das informações seja confiável na sua aplicação.

#### **7.1.1 Quanto à utilização do Equipamento GPS**

O GPS-ASTECH Topográfico portadora L1. Foi o equipamento utilizado na pesquisa. Apesar de ser um equipamento com apenas uma portadora, os resultados obtidos foram excelentes, conforme visto no item 6.2, quando da comparação do resultado obtido neste trabalho, com os valores obtidos do relatório de apoio terrestre (não paginado) da

empresa executora, que utilizou o GPS-Geodésico com portadoras L1 e L2.

Isto se deve ao fato de que todo ponto rastreado estava na distância recomendada da base do apoio básico, bem como, o tempo de rastreamento e a geometria dos satélites permitiram alcançar este resultado apesar de ser um equipamento de precisão inferior.

### **7.1.2 Quanto aos pontos de controle terrestre medidos neste trabalho**

Os pontos de controle medidos neste trabalho tem como objetivo apoiar a etapa de aerotriangulação, que será utilizada para elaboração de produtos cartográficos de outras pesquisas no laboratório LabFSG da UFSC.

No planejamento e no levantamento dos pontos não foi utilizado o instrumento estereoscópio. É necessário o uso de tal instrumento no planejamento, e no levantamento em campo, pois alguns pontos foram deslocados na área de estudo, devido à interferência na recepção do sinal pelo receptor do aparelho GPS; por este motivo, algumas das feições usadas para localização dos pontos não existiam nas fotos do ano de 1995, sendo impossível a sua utilização para aerotriangulação com o jogo de fotografias desta época. Mas, para um novo vôo, as coordenadas destes pontos levantados podem ser utilizadas para aerotriangulação. Mesmo assim, estas coordenadas podem ser utilizadas para outras finalidades, como por exemplo, atualização do cadastro.

Outro erro cometido em campo foi no rastreamento do ponto HV 06, onde não se teve o cuidado de medir o deslocamento e a direção do receptor com a interseção do muro, para que, na fase de processamento, fosse utilizada a medida para determinar a coordenada exata do ponto, ou ainda utilizar-se de uma antena do receptor GPS mais adequada.

Neste tipo de levantamento de pontos de controle terrestre, é comum as empresas levantarem um número maior de pontos por segurança. Pois, erros ocorreram numa proporção significativa. Estes fatos fazem concluir que estes erros cometidos nesta pesquisa são provenientes da própria execução do levantamento, além da falta de experiência prática do grupo.

### **7.1.3 Quanto a qualidade geométrica**

Os pontos de controle terrestre têm um objetivo definido que é de garantir a geometria necessária para a aerotriangulação. Utilizá-los para fazer o controle da qualidade geométrica não seria possível, mas sistematizar a localização dos pontos, objetivando um sistema de referência municipal seria viável. Fazer uso do mesmo método para determinação de suas coordenadas através do GPS, é possível porque suas coordenadas possuem precisão e servem de coordenadas de referência para tal controle.

Para elaborar o controle da qualidade geométrica dos pontos de controle é necessária a definição de procedimentos e de métodos estatísticos adequados e para isto deve-se fazer uma revisão bibliográfica detalhada sobre o assunto.

Como o objetivo deste trabalho é demonstrar o levantamento das coordenadas dos pontos de referência, a fim de fazer um controle de qualidade geométrica, utilizando o PEC, não foram medidos os 20 pontos mínimos distribuídos na carta, como preconiza a literatura e nem utilizados métodos estatísticos adequados.

### **7.1.4 Quanto a base cartográfica em meio digital da Prefeitura Municipal**

A base cartográfica em meio digital utilizada pela Prefeitura Municipal e suas concessionárias públicas, provou ter qualidade geométrica, tendo sido classificada como classe A, de acordo com o PEC.

A base cartográfica em meio digital apresentou alguns erros de restituição, os quais comprometeram a qualidade temática, analisadas no item 6.4.1. Estes erros ocorrem pela falta de profissionais habilitados e treinados para executarem uma restituição das imagens e uma reambulação de forma correta.

Outro problema, foi a falta de mapas temáticos específicos em meio digital, como mapa do uso do solo, de vegetação, hidrografia, entre outros; na base cartográfica da prefeitura municipal, simplesmente cada feição está separada em camadas dentro do arquivo CAD.

## **7.2 RECOMENDAÇÕES**

### **7.2.1 Recomendações quanto ao apoio terrestre**

O Cadastro Técnico Multifinalitário necessita de dados confiáveis para sua utilização. Um ponto de controle terrestre é um ponto materializado em campo, que pode ser usado para formar uma Rede de Referência Municipal, tanto pela prefeitura como por outros usuários desta informação. Para tanto, se faz necessário um estudo detalhado de sua localização e a documentação deve estar completa para que seja de fácil localização em campo.

Um ponto materializado com coordenadas conhecidas pode ser usado tanto pelas concessionárias públicas do município como por empresas de engenharia em seus projetos, diminuindo o custo e o tempo de execução.

Os pontos de controle (apoio) têm por finalidade materializar o referencial, e garantir a rigidez geométrica para a aerotriangulação. Assim, estes pontos não devem atender a outras injunções que não sejam a da melhor localização para o fim a que se destinam. Deve-se, ao definir os pontos de controle terrestre, tentar sistematizar a localização dos mesmos, de tal forma que essas coordenadas possam ser utilizadas para outros levantamentos além da aerotriangulação.

#### **7.2.1.1 Determinação dos Pontos de Controle**

- Na fase de planejamento e definição dos pontos de controle é necessário a utilização de equipamentos como o estereoscópio para determinação exata dos pontos em campo;
- Os locais determinados devem ser identificáveis nas fotos e materializados. Para que sejam localizados em campo para outros levantamentos;
- Deve-se evitar áreas cobertas por copas de árvores, com sombra, trânsito de veículos, pedestres e animais. A fim de que possam ser identificados nas fotos aéreas e utilizados para outros levantamentos;

- Os pontos devem estar localizados próximos às vias de circulação e de fácil acesso;
- Observar que os pontos não estejam próximos a torres de alta tensão ou áreas densamente urbanizadas ou arborizadas.

#### **7.2.1.2 Documentação dos Pontos de Controle**

- Marcação dos pontos de controle nas fotografias, no mosaico e no foto-índice. Cuja finalidade seja a geração de um mosaico de fotos, com a distribuição dos pontos levantados, para sua melhor localização em levantamentos futuros;
- Definir simbologia e numeração dos pontos, para organização e sistematização do trabalho;
- Fazer cópia de segurança dos arquivos provenientes do GPS e do seu processamento, para evitar perda dos dados levantados

#### **7.2.1.2 Base Cartográfica em Meio Digital**

Na elaboração de Edital de licitação que seja exigido um produto cartográfico em meio digital com as seguintes características:

- Com qualidade geométrica, utilizando-se de um método capaz de assegurar tal qualidade;
- Qualidade temática e geração de mapas temáticos específicos e não somente a separação das feições temáticas, por camadas, dentro de um ambiente CAD;
- Que o produto cartográfico em meio digital seja preparado para ser utilizado em ambiente SIG;

Assim, num edital será exigido um produto de qualidade digital e temática. Evita-se, no futuro, problemas com novos custos e obtem-se um produto apropriado para uso no Cadastro Técnico Multifinalitário.

### 7.3 RECOMENDAÇÕES GERAIS

Com a realização deste trabalho de pesquisa recomenda-se que a CONCAR (Comissão Nacional de Cartografia) juntamente com a SBC (Sociedade Brasileira de Cartografia) tendo por base os estudos e pesquisas desenvolvidas pelo GT Cadastro da UFSC, exijam que:

- Todo produto Cartográfico tenha sua qualidade avaliada por profissionais habilitados;
- Que as pesquisas desenvolvidas na área de Cadastro Técnico Multifinalitário sirvam de base para a geração de produtos cartográficos com qualidade;
- Que as empresas de aerolevanteamento utilizem pesquisas e pesquisadores das Universidades para melhorarem seus produtos cartográficos;
- Que a lei do PEC seja atualizada, isto é, que a lei abranja a análise de dados em meio digital;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING,1980.  
Manual of photogrametry. Fourth Edition. Virginia: Falls Church, 1187 p., p. 01-173.

ANDRADE, J. B., 1998. Fotogrametria. Editora SBEE, Curitiba.

ASHTECH,1997.Manual do Software RELIANCE PROCESSOR, Rio de Janeiro, , 142 p.

BLACHUT, T.J,1974. Cadastre as a basis of general land inventory of the country, in: Cadastre: Functions, characteristics, techniques and the planning of a land record system. Canadá, National Council, , 01-21p.

COSTA,S.M.,2001.Solução na Compatibilização de Diferentes Materializações de Sistemas de Referência, Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 2001

FUNDAÇÃO IBGE 1998.Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos. Coletânea das Normas Vigentes, Rio de Janeiro – RJ.

FUNDAÇÃO IBGE.2000 > Home page. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) Acesso em: 2001

GRÜN, A, 1992 Report of diverse ISPRS comissions at Washington Congress. In: Internaciona Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 17, Washington, D.C.: ISPRS, 1992. P. 154-157.

HECKMANN,Heide;OLIVEIRA,Francisco Henrique; LOCH, Carlos,1999. Photogrammetric Experience Exchange Between Brazil and Germany. XVII CIPA Symposium.. Anais em CD. Olinda-Recife – PE. October, 3-6.

HIRSCHBERG, U, 1996.Object-Oriented Data-Integration Between Digital Architectural Photogrammetry and CAAD. IN: XVIII<sup>th</sup> ISPRS Congress, ANAIS, Viena.

KELM,D.F.P.; LOCH,R.E.N.; LOCH,C,1998. O Cadastro Técnico Multifinalitário como Ferramenta de Avaliação da Progressão da Degradação Ambiental em Área de Mineração de Carvão 3º COBRAC, Florianópolis.

LOCH,Carlos;CORDINI, Jucilei,2000.Topografia contemporânea: planimetria - 2.ed - Florianópolis : Ed. da UFSC.

\_\_\_\_\_;LAPOLI,E.M.,1998.Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática - Florianópolis : Ed. da UFSC.

LOPES, S.L ; GUERRA, A.J.T.2001. Monitoramento De Voçorocas Por Satélites Gps Em Áreas De Areia Quartzosa Podzolizada: Praia Mole, FLORIANÓPOLIS - SC VII Simpósio Nacional de Controle de ErosãoGoiânia .

MITISHITA, E. A,1997. Monorestituição digital de Aerofotos Associada ao Sistema de Computação Gráfica C. A. D. para fins de Mapeamento na área Floresta. Curitiba,. Tese ( Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MONICO,J.F. Galera, 2000. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS Descrição, fundamentos e aplicações, Unesp, Presidente Prudente- SP.

OLIVEIRA, F. H.,1996. Qualidade da Base Cartográfica para o Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.

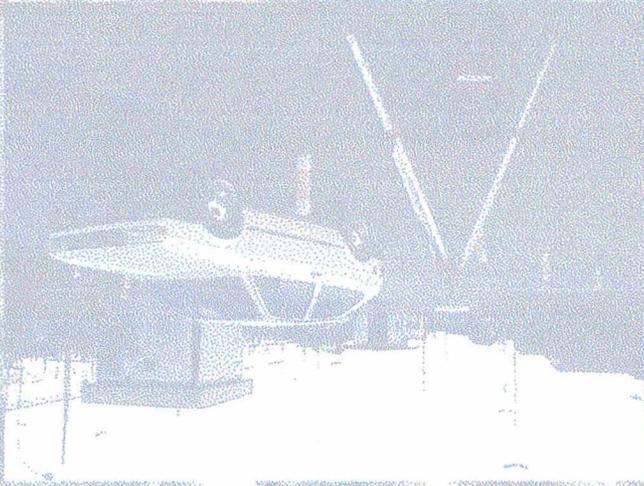
PHILIPS, J.,1995.A Restituição Digital para Fins de Documentação Geométrica de Monumentos e Objetos Industriais. IN: XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, ANAIS, Salvador.

RAMOS, Djacir,1999.Geodésia na Prática (GPS – Geodésia –Topografia).Ed. Mdata, Araraquara, SP.

RENUNCIO, Luiz Ernesto; BÄHR, Hans-Peter; LANDES, Steffen; LOCH, Carlos; SIMON, Lilian; BRAGA, Isabel Cristina, 1999. Documentation of Brazilian Historical Towns: High Tech ao Low. XVII CIPA Symposium.. Anais em CD. Olinda-Recife – PE. October, 3-6, 1999.

<http://www.aero.org/publications/GPSPRIMER/>

**ANEXO I**  
**RELATÓRIO APOIO TERRESTRE**



# Relatório de Apoio Terrestre





## Descrição do Trabalho

Trata-se da determinação das coordenadas geodésicas, no Sistema Geodésico Brasileiro, de um total de 12 pontos situados na Cidade de São José no Estado de Santa Catarina, a fim de fornecer apoio plani-altimétrico para a aerotriangulação em bloco de aerofotos tomadas na escala de 1:8000, bem como para estabelecer pontos da partida para outros levantamentos.

A base utilizada para este trabalho é marco geodésico de referência da empresa Eletrosul localizado na subestação de Palhoça no município de Palhoça-SC. Este marco foi implantado pela empresa Aeosat Ltda. A poligonal geodésica para sua determinação teve origem no vértice SAT 91851 da UFSC –Florianópolis-SC e o fechamento no vértice SAT 91858 da FURB Blumenau-SC. Tendo como coordenadas planas UTM N=6940312,739 E=727829,361 H=30,413.

Já a base utilizada pela empresa de aerolevanteamento responsável pelo mapeamento do município de São José-SC, está situada na caixa d'água do Hotel Kennedy materializado com uma chapa de bronze com as coordenadas N=6.944.800,322 E= 736.135,003 H= 25,488 ligada ao Sistema Geodésico Brasileiro através do vértice Biguaçu pertencente à rede de Triangulação Brasileira com as coordenadas N= 6.953.460,400 E=729.341,560 H=539,95m e como vértice de fechamento foi utilizado o vértice Kugat com as coordenadas N= 6.929.974,866 E=694.268,154 H= 1.098,08M.

Para a correção da discrepância encontrada entre as bases foi necessário rastrear a base no Hotel Kennedy e determinar suas coordenadas. Após esta determinação foram deslocados os pontos de apoio terrestre para a correção da discrepância entre as bases.

Tabela 1: Determinação da Diferenças

Ponto	HOTEL KENNEDY		ELETROSUL		DIFERENÇAS (m)	
	E	N	E	N	$\Delta X$	$\Delta Y$
BASE	736135,003	6944800,322	736134,116	6944804,041	+0,887	-3,719

Esta diferença, é explicada por COSTA (2001), deve-se ao fato de que os levantamentos geodésicos incorporaram o GPS a rede existente sem nenhuma análise detalhada do resultados fosse feita. Sabe-se que portanto, que o GPS fornece resultado superiores a dos procedimentos padrão. Em decorrência desta inevitável evolução e da constatação dos problemas encontrados



na densificação da rede do SAD69, reconhece-se a necessidade de reajustamento na rede de planimétrica. A estimativa das distorções de uma rede requer a análise das diferenças entre as coordenadas de suas estruturas antiga e nova.

Sendo assim, foi utilizado esta diferença (X,Y) para deslocar os pontos levantados com o GPS. Na tabela 1 o resultado final após o deslocamentos das coordenadas dos pontos levantados.

Tabela 2: Coordenadas Planas UTM

Ponto	PONTOS LEVANTADOS		
	E(m)	N(m)	H(m)
HV01	735003,3080	6948549,7940	11,3378
HV02	734266,8600	6948696,0940	22,5388
HV03	733511,3820	6948468,3230	14,8358
HV04	731132,1710	6949987,3950	22,5798
HV05	730853,0880	6951247,0640	47,3208
HV06	732344,7540	6949050,7020	25,3428
HV07	734495,6410	6949452,2350	9,1118
HV08	735224,5900	6949240,9990	6,0258
HV09	733689,9480	6950077,0600	26,5380
HV10	732666,0680	6950566,3770	23,8630
HV11	732471,1560	6951381,4080	16,7520
HV54	733253,1220	6948167,4880	17,3820



## *Mapa Geoidal*

As altitudes obtidas com a tecnologia GPS são referidas ao elipsóide - altitudes geométricas. A precisão é a mesma do posicionamento planimétrico. Entretanto, torna-se necessário converter tais altitudes geométricas para o sistema de altitudes ortométricas do Sistema Geodésico Brasileiro, sem perda de precisão.

São diversos os meios de confecção de mapas geoidais. Alguns conduzem a mapas geoidais absolutos e outros a mapas geoidais relativos. A diferença consiste em que os primeiros (mapas geoidais absolutos) oferecem as altitudes geoidais, enquanto que os segundos oferecem a inclinação do geóide ou as diferenças de altitudes geoidais.

Para o transporte de altitudes é necessário conhecer-se o desnível geoidal, como mostra a fórmula abaixo:

$$H_b = H_a + D_h - d_N$$

onde a diferença de altitudes geométrica  $D_h$  é fornecida pela tecnologia GPS e a diferença de altitude geoidal  $d_N$  pelo mapa geoidal relativo.

Para a obtenção do mapa geoidal relativo, foram rastreadas referências de nível de primeira ordem. As diferenças constituem-se nos desníveis geoidais, cuja precisão depende da precisão da altitude geométrica fornecida pelo GPS e da altitude ortométrica oferecida pela referência de nível.

Para este levantamento foi utilizada RN, que está localizada no município de São José próximo ao prédio da Prefeitura Local e que possui as seguintes coordenadas:

$$X = 734192,326 \text{ m}$$

$$Y = 6943129,236 \text{ m}$$

$$H(\text{altitude ortométrica}) = 3,9758 \text{ m}$$

$$h(\text{GPS}) = 4,820 \text{ m}$$

$$N(\text{ondulação geoidal}) = 0,8442 \text{ m}$$



### *Equipe Técnica*

#### Geógrafos

Marcos Aurélio Pelegrina (coordenador Geral)

Sérgio Luis Lopes (Coordenador dos Trabalhos)

#### Engenheiro Civil

Dalton Luis Lemos II

Engenheiro Cartógrafo

Cézario Lima Jr.

Arquiteta

Vanesa Cardoso

### *Planejamento, Levantamento em Campo e Processamento*

Primeiramente foi realizado o planejamento do campo, com auxílio de fotografias aéreas da área e de um fotoíndice os quais permitiram uma melhor definição dos pontos para o rastreamento e sua melhor localização geométrica para a aerotriangulação.

Para o levantamento de campo foi utilizado o sistema Reliance o qual compõe equipamento GPS-Topográfico Astech fornecido pela empresa Eletrosul.

A Figura 1 apresenta o sistema RELIANCE com seus periféricos: antena receptora dos sinais GPS e mochila.

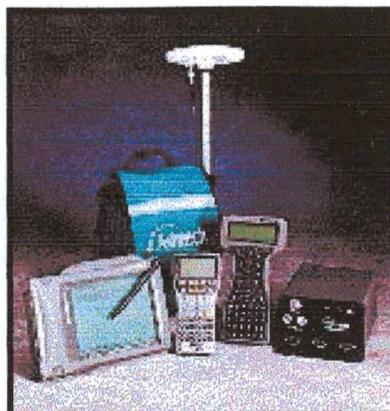


Figura 1: Sistema RELIANCE

O apoio terrestre foi determinado através de regras da fotogrametria, ou seja, os pontos estão localizados na ligação de faixas como na ligação de fotos e no canto do bloco. Como resultado final na execução do trabalho, foram executados 12 pontos de controle terrestre nas 14 fotos aéreas.

O próximo passo foi o reconhecimento dos referidos pontos que seriam levantados. Para isso, foi utilizado um automóvel e cartas da área, nesta equipe de campo participou a arquiteta Vanesa Cardoso a qual é funcionária da Prefeitura Municipal de São José- SC e que conhece muito bem área de estudo. Após o reconhecimento dos pontos de apoio, alguns deles foram deslocados, em relação ao planejamento, devido a interferência de obstáculos na recepção do sinal pela antena do GPS dos satélites, como proximidade de prédios, etc.

O marco geodésico escolhido como base para o rastreamento foi o marco implantado pela Empresa Eletrosul na subestação de energia no município da Palhoça-SC. Este marco foi escolhido para ser o ponto de partida do levantamento, pôr estar localizado a menos de 20Km dos pontos de apoio terrestre a serem levantados conforme a literatura Segundo (Loch 1995) "as estações devem estar próximas uma das outras mais ou menos 20Km para que se minimizem as influências devidas a erros de órbita, erros dos relógios e erros devido a propagação do sinal na ionosfera e troposfera."

Outro fator é a facilidade de acesso, onde o equipamento pode ficar montado o dia todo, sem necessidade de vigia do mesmo. Além, de não possuir qualquer obstáculo que pudesse interferir no rastreamento, apesar de estar localizado dentro de uma subestação de energia o marco



está longe das torres de transmissão não recebendo nenhuma influência eletromagnética que prejudicaria recepção do sinal.

### ***Planejamento do Rastreamento dos Pontos Apoio Terrestre Com GPS***

Aspectos considerados no planejamento:

- Plotar num mosaico da área de estudo todos os pontos do apoio terrestre, considerando regras da fotogrametria;
- Reconhecimento para definição dos pontos, acessibilidade de cada ponto e a observação de obstáculos para o rastreamento;
- Equipamentos a serem utilizados números de receptores, GPS de navegação, entre outros;
- Cronograma de execução contendo o dia e o tempo de rastreamento de cada ponto;
- Definição da equipe, do meio de transporte e alimentação, fornecimento de energia para os equipamentos e comunicação;

### ***Execução do Levantamento***

Antes de cada observação foi verificado os seguintes itens:

Função de cada membro da equipe no rastreamento, a disponibilidade de energia dos equipamentos (Celular, GPS, etc) , qual o veículo a ser utilizado e sua capacidade de carga de combustível e estado do motor, cartas e fotos aéreas da área.

### ***Funções realizadas no Campo***

Tarefas realizadas durante o rastreamento dos pontos de apoio:

- Montagem da estação base e a verificação do correto funcionamento do aparelho;
- Cada ponto rastreado era verificado a qualidade do sinal;
- Era anotado o nome da estação o número da estação, altura da antena;
- Cada estação era fotografada e anotado o nome das ruas

Os levantamentos foram realizados, nas datas 30/06/2001, 06/07/2001, 13/07/2001, 18/07/2001 e 29/07/2001.



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento





## *Medição*

Para determinação das coordenadas dos pontos, foi adotado o método de posicionamento geodésico por satélites do sistema NAVSTAR-GPS, através do método relativo estático.

O método estático é a técnica tradicional de medição GPS. Cada estação é ocupada até que uma quantidade suficiente de dados tenha sido coletada para quatro ou mais satélites. O tempo de observação varia conforme a qualidade do sinal recebido dos satélites, as condições atmosféricas, o tipo de receptor e o comprimento da linha base.

O método estático é ideal para distâncias maiores que 15 km, sendo utilizado para implantação, controle e densificação de rede geodésicas, estabelecimentos de pontos de controle para a Aerofotogrametria e para vários outros de precisão.

Para fins de controle e estabelecimento das correções geoidais, foram rastreadas, também, as referências de nível do IBGE. Item 1.1.

Foram rastreados, no total, 12 postos de apoio suplementares (HVs).

Para obter-se precisões decimétricas alguns requisitos foram obedecidos:

1. O receptor base deveria estar instalado em um referencial geodésico conhecido;
2. Deveria haver um mínimo de 5 satélites comuns para os receptores base e móvel, sintonizados continuamente por 15 minutos, no mínimo, antes de iniciar a sessão de rastreamento;
3. A linha de base deveria ser menor que 30 km;

## *Ajuste da rede*

### **Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 01**

$$X = 0,011\text{m}$$

$$Y = 0,012\text{m}$$

$$Z = 0,028\text{m}$$



**Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 02**

$$X = 0,009\text{m}$$

$$Y = 0,011\text{m}$$

$$Z = 0,023\text{m}$$

**Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 03**

$$X = 0,014\text{m}$$

$$Y = 0,008\text{m}$$

$$Z = 0,024\text{m}$$

**Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 04**

$$X = 0,009\text{m}$$

$$Y = 0,012\text{m}$$

$$Z = 0,019\text{m}$$

**Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 05**

$$X = 0,012\text{m}$$

$$Y = 0,022\text{m}$$

$$Z = 0,025\text{m}$$

**Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 06**

$$X = 0,075\text{m}$$

$$Y = 0,166\text{ m}$$

$$Z = 0,073\text{m}$$

**Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 07**

$$X = 0,012\text{m}$$

$$Y = 0,019\text{ m}$$

$$Z = 0,022\text{m}$$

**Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 08**

$$X = 0,008\text{m}$$

$$Y = 0,016\text{ m}$$

$$Z = 0,025\text{m}$$



### **Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 09**

$$X = 0,011\text{m}$$

$$Y = 0,010\text{m}$$

$$Z = 0,023\text{m}$$

### **Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 10**

$$X = 0,013\text{m}$$

$$Y = 0,015\text{ m}$$

$$Z = 0,029\text{m}$$

### **Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 11**

$$X = 0,051\text{m}$$

$$Y = 0,092\text{m}$$

$$Z = 0,120\text{m}$$

### **Desvio Padrão dos Componentes da Base – HV 54**

$$X = 0,012\text{m}$$

$$Y = 0,017\text{ m}$$

$$Z = 0,024\text{m}$$

### **Desvio Padrão dos Componentes RNM6-BASE**

$$X = 0,096\text{m}$$

$$Y = 0,166\text{ m}$$

$$Z = 0,090\text{m}$$



**Lista de Coordenadas:**

Segue-se listagem das coordenadas de todos os pontos levantados. E a Conversão de coordenadas cartesianas WGS 84 para geodésicas em WGS84 e depois para coordenadas planas UTM em SAD 69. Software utilizado para as transformações – GEOLINDES:

**H01**

**Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 7817,083 m

Y 1733,266m

Z 7429,068 m

**Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 34' 0,98743" S

Lon. 48° 37' 12,80683" W

Elv. 12,182

**Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 735002,421m

N= 6948553,513m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

**H02**

**Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 7309,581m

Y 1191,520m

Z 7540,986m

**Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 33' 56,69592" S

Lon. 48° 37' 39,74368" W

Elv. 23,383

**Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 734265,973m

N= 6948699,813m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

**H03**

**Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 6667,575 m

Y 784,548 m

Z 7329,917 m

**Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 34' 4,56179" S

Lon. 48° 38' 7,11301" W

Elv. 15,680

**Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 733510,495m



N= 6948472,042m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

#### **H04**

##### **Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 5315,615 m

Y -1322,579 m

Z 8632,344m

##### **Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 33' 16,70179" S

Lon. 48° 39' 34,85575" W

Elv. 23,424

##### **Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 731131,284m

N= 6949991,114m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

#### **H05**

##### **Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 5485,837 m

Y -1974,428 m

Z 9732,590 m

##### **Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 32' 35,96750" S

Lon. 48° 39' 45,89050" W

Elv. 48,165

##### **Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 730852,201m

N= 6951250,783m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

#### **H06**

##### **Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 5961,340m

Y -194,778 m

Z 7821,389m

##### **Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 33' 46,37248" S

Lon. 48° 38' 50,02700" W

Elv. 26,187

##### **Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 732343,867m

N= 6949054,421m

Meridiano Central (UTM)= 51 °



### **H07**

#### **Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 7694,929m

Y 1078,063 m

Z 8221,104 m

#### **Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 33' 31,99979" S

Lon. 48° 37' 31,93608" W

Elv. 9,956

#### **Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 734494,754m

N= 6949455,954m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

### **H08**

#### **Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 8182,595m

Y 1632,869 m

Z 8047,764m

#### **Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 33' 38,40424" S

Lon. 48° 37' 5,22856" W

Elv. 6,870

#### **Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 735223,703m

N= 6949244,718m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

### **H09**

#### **Coordenadas Cartesianas – WGS 84**

X 7277,552 m

Y 315,399 m

Z 8753,452 m

#### **Coordenadas – WGS 84**

Lat. 27° 33' 12,21118" S

Lon. 48° 38' 1,72707" W

Elv. 26,538

#### **Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM**

E= 733689,061m

N= 6950080,779m

Meridiano Central (UTM)= 51 °



### H10

#### Coordenadas Cartesianas – WGS 84

X 6644,370 m

Y -528,285 m

Z 9171,018 m

#### Coordenadas – WGS 84

Lat. 27° 32' 56,95582" S

Lon. 48° 38' 39,37027" W

Elv. 23,863

#### Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM

E= 732665,181m

N= 6950570,096 m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

### H11

#### Coordenadas Cartesianas – WGS 84

X 6730,124m

Y -944,023m

Z 9893,342 m

#### Coordenadas – WGS 84

Lat. 27° 32' 30,60980" S

Lon. 48° 38' 47,03580" W

Elv. 16,752 m

#### Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM

E= 732470,269m

N= 6951385,127m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

### RNM6

#### Coordenadas Cartesianas – WGS 84

X 5618,712 m

Y 3161,570 m

Z 2613,521m

#### Coordenadas – WGS 84

Lat. 27° 36' 57,63082" S

Lon. 48° 37' 38,53202" W

Elv. 4,820 m

#### Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM

E= 734192,326m

N= 6943129,236m

Meridiano Central (UTM)= 51 °



#### H54

#### Coordenadas Cartesianas – WGS 84

X 6385,585 m

Y 722,721 m

Z 7058,201 m

#### Coordenadas – WGS 84

Lat. 27° 34' 14,49092" S

Lon. 48° 38' 16,31804" W

Elv. 17,382m

#### Coordenadas Cartesianas – SAD 69 - UTM

E= 733252,235m

N= 6948171,207m

Meridiano Central (UTM)= 51 °

OBS: Estas coordenadas é o resultado final do levantamento, tendo como base o marco geodésico da Empresa Eletrosul S/A.

#### *Determinação das altitudes ortométricas*

Fórmula:  $H=h-N$  (Mônico, 2000 p.256)

H=altitude ortométrica

h=altitude geométrica (GPS)

N=ondulação geoidal

Tabela 3 : Determinação das Altitudes Ortométrica

Pontos	H (altitude ortométrica)	h (GPS)	N (ondulação geoidal)
HV01	11,3378	12,182	0,8442
HV02	22,5388	23,383	0,8442
HV03	14,8358	15,680	0,8442
HV04	22,5798	23,424	0,8442
HV05	47,3208	48,165	0,8442
HV06	25,3428	26,187	0,8442
HV07	9,1118	9,956	0,8442
HV08	6,0258	6,8700	0,8442
HV09	25,6938	26,538	0,8442
HV10	23,0188	23,863	0,8442
HV11	15,9078	16,752	0,8442
HV54	16,5378	17,382	0,8442
RNM6	3,9758	4,820	0,8442

OBS: a RN rastreada está localizada no município de São José próxima ao prédio da Prefeitura Local.



Considero esta RN um pouco distante da área de estudo, porém, a diferença de altitude entre o ponto HV54, do levantamento que realizamos recentemente para a contida no relatório da aerotriangulação foi de 0,0532 metros, com esta diferença é possível utilizar desses pontos na aerotriangulação.

***Tempo de Rastreio de Cada Ponto***

<b>HV01</b>	09:11:10	10:11:00
<b>HV02</b>	10:32:40	11:34:40
<b>HV03</b>	13:12:10	14:12:00
<b>HV04</b>	09:50:40	11:22:10
<b>HV05</b>	11:53:40	13:28:00
<b>HV06</b>	13:58:10	14:59:00
<b>HV07</b>	15:27:40	16:54:30
<b>HV08</b>	07:42:40	08:58:00
<b>HV09</b>	09:31:10	11:03:30
<b>HV10</b>	11:42:10	13:11:40
<b>HV11</b>	13:39:40	15:09:00
<b>HV53</b>	11:53:10	12:53:50
<b>RNM6</b>	16:02:40	17:02:40



Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento



## ANEXO I – MOSAICO LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS

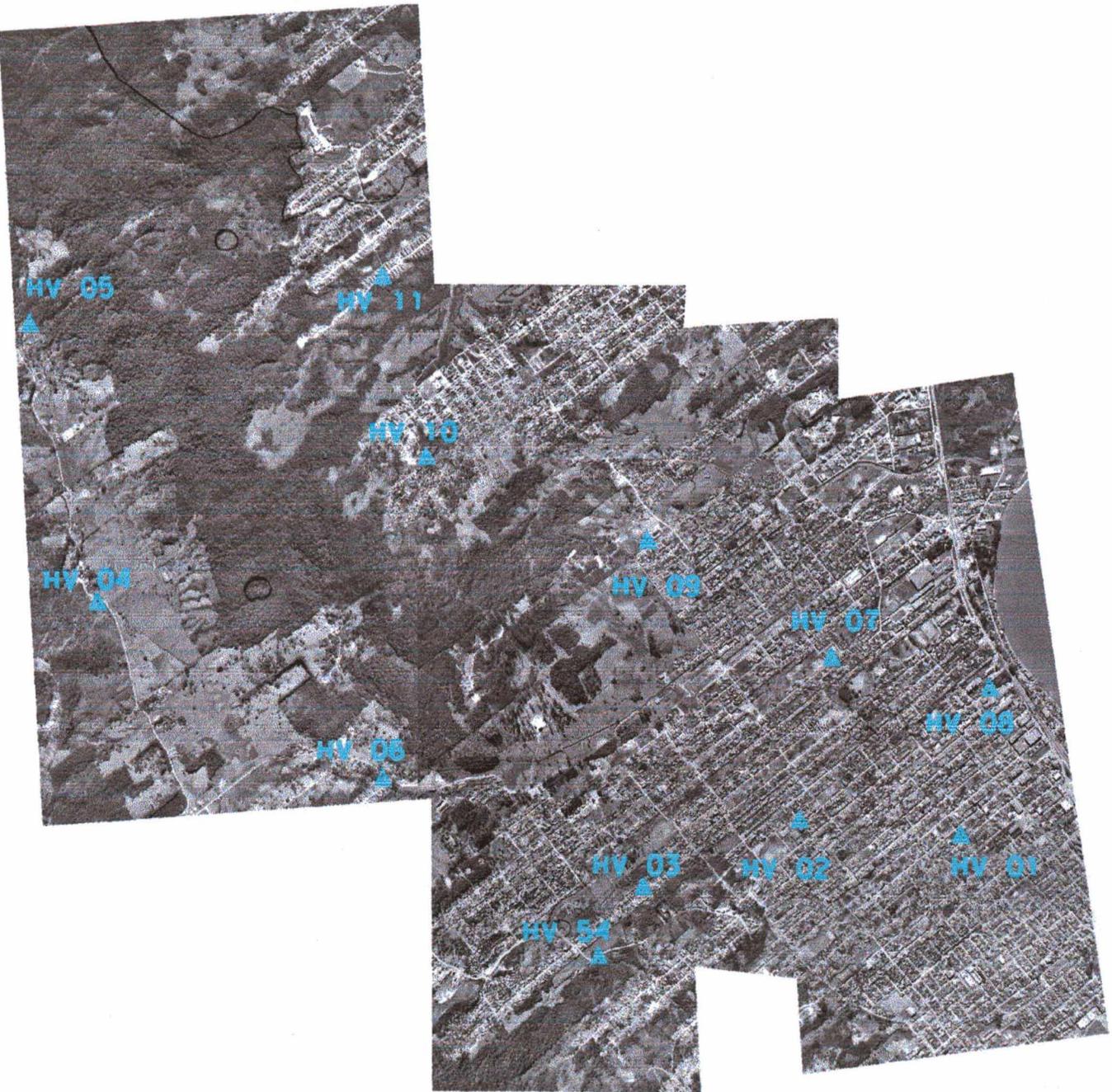


Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento



## Mosaico São José





Universidade Federal de Santa Catarina

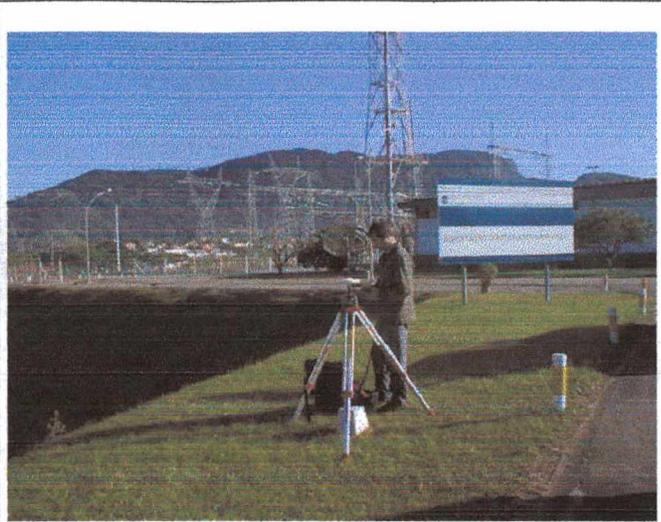
Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

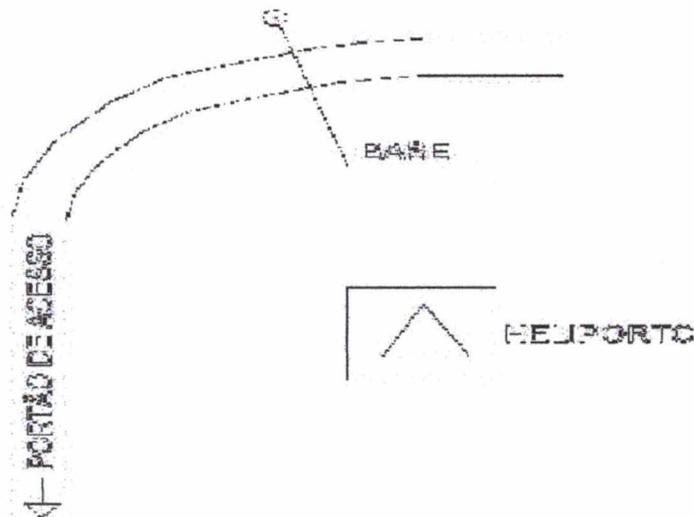
Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento

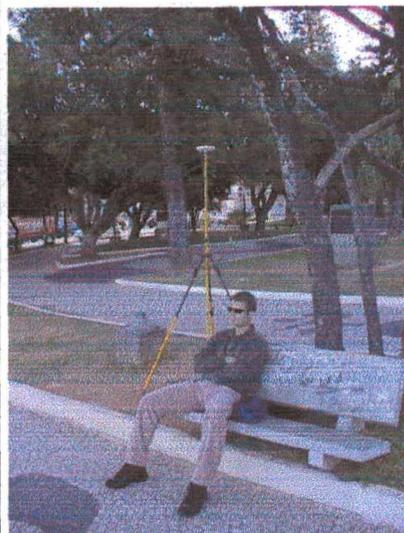


## ANEXO II – ITINERÁRIO APOIO TERRESTRE BÁSICO



<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> BASE	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD - 69	<b>Coordenadas UTM</b>
<b>Bairro:</b>	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 6944804,041
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 736134,116
<b>Descrição da Base:</b> Município de Palhoça-SC, ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.		
<b>Itinerário:</b> O ponto BASE está localizado na subestação de energia elétrica da empresa Eletrosul localizado no Município da Palhoça		





<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> RNM6	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
<b>Bairro:</b>	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 6943129,236
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 734192,326
<b>Descrição do RN:</b> Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.		
<b>Itinerário:</b> O ponto de apoio RNM está localizado na praça São José, próximo a Prefeitura Municipal.		

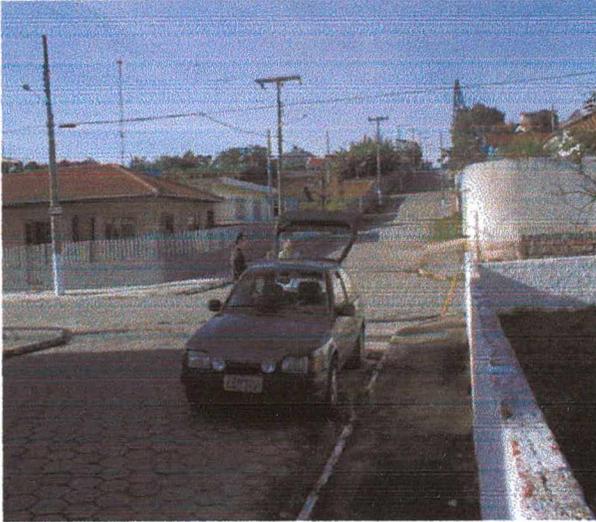


Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento



## **ANEXO III – ITENERÁRIO DE APOIO TER. SUPLEMENTAR**



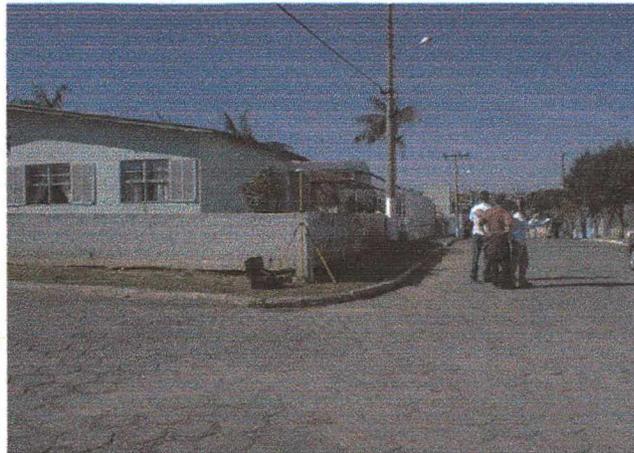
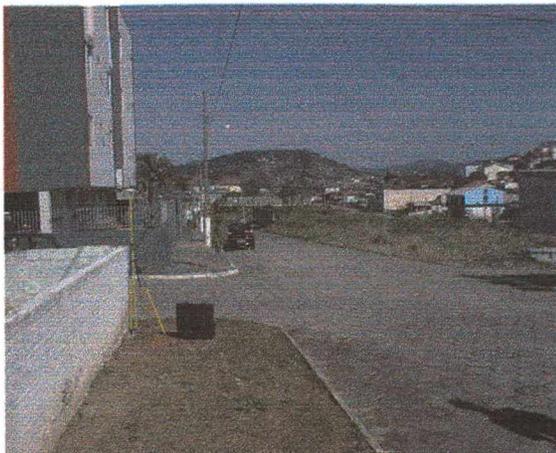
<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 01	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 735003,3080
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6948549,7940

**Descrição do HV:** Município de São José, ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto HV-01 está localizado na esquina da rua Maria Júlia da Luz.

**Croquis:**





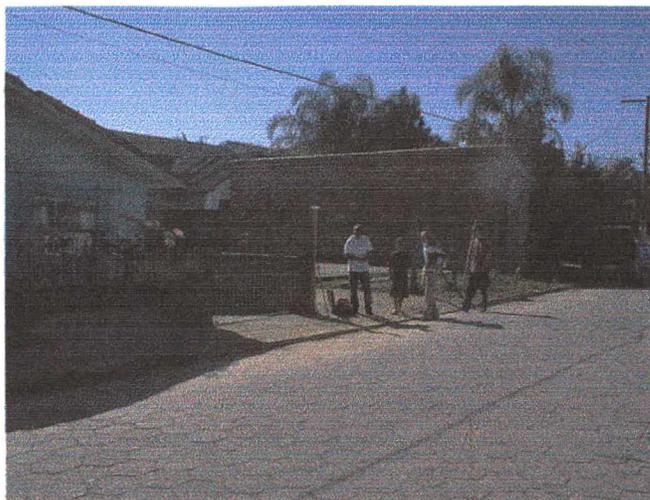
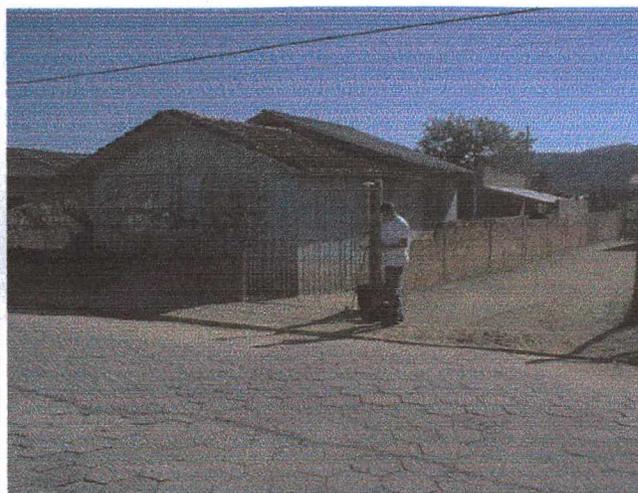
<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 02	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 734266,8600
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6948696,0940

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

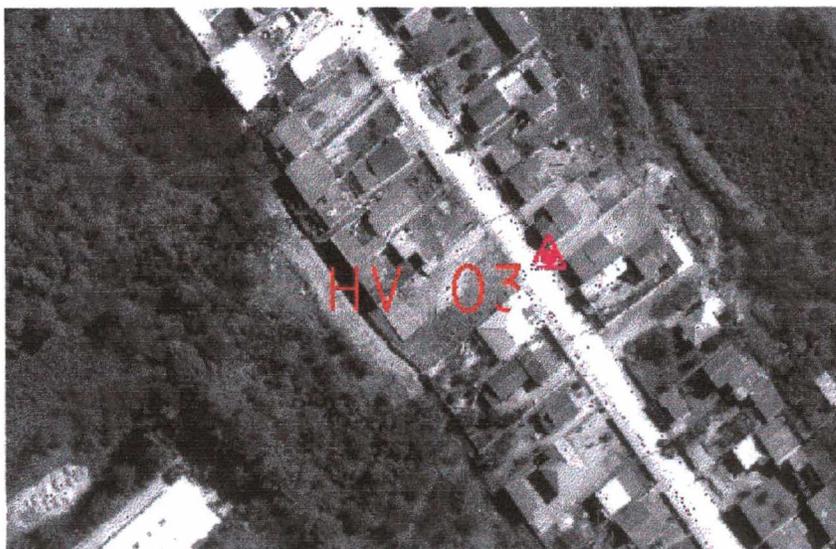
**Itinerário:** O ponto de apoio HV-02 está localizado à Rua Antônio Mariano de Souza.

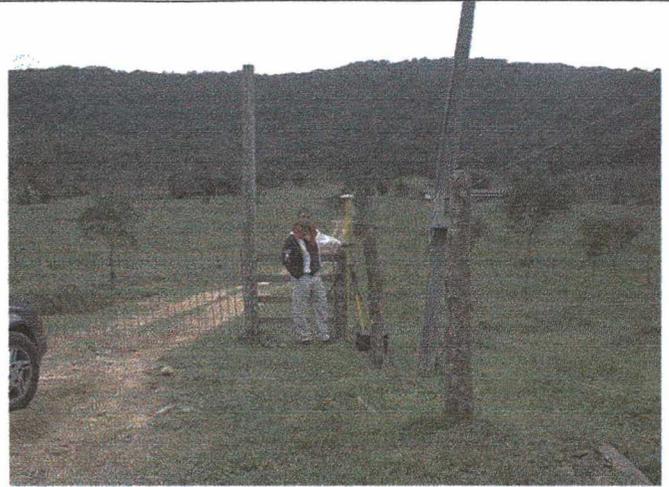
**Croquis:**



**Município:****Identif. Do Ponto:** HV 03**Sist. Coord:** Universal Transverso de Mercator

São José

**Datum:** SAD - 69**Coordenadas UTM****Meridiano Central:** 51° ( W GR )**N:** 733253,1220**Método:** Satélite / GPS**E:** 6948167,4880**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos**Itinerário:** O ponto HV-03 está localizado na Rua João Paulo.**Croquis:**



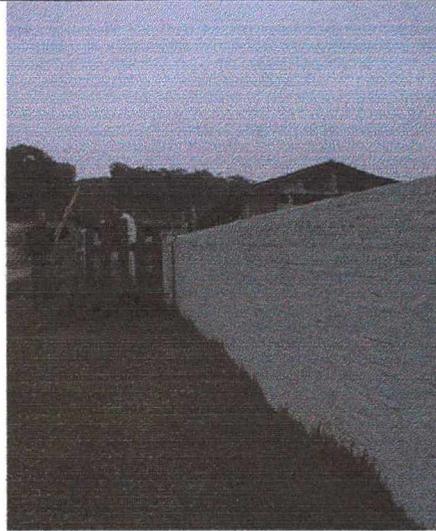
<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 04	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR.)	<b>N:</b> 731132,1710
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6949987,3950

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto de apoio HV-04 esta localizado à Estrada Geral de Potecas.

**Croquis:**





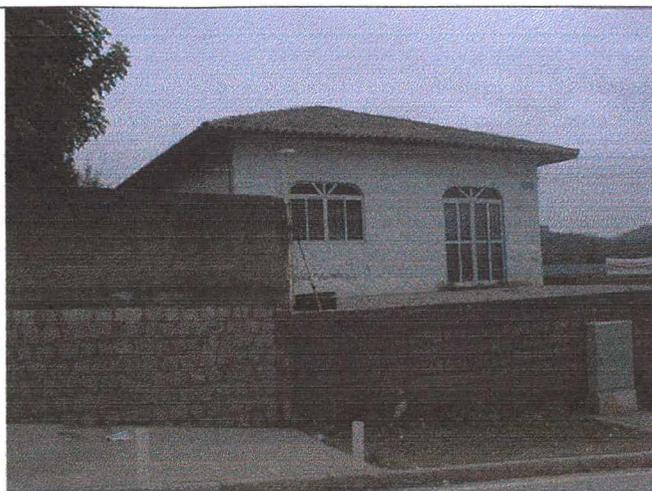
<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 05	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 730853,0880
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6951247,0640

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto HV-05 está localizado no sítio.

**Croquis:**





<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 06	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 732344,7540
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6949050,7020

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** Ponto HV-06 está localizado à Rua Tabelaão Q. Furtado (2º muro após a mercearia, ~15cm para dentro o terreno).

**Croquis:**





<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 07	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 734495,6410
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6949452,2350

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto de apoio HV-07 esta localizado à Rua Sebastiana Coutinho, nº 1105(canto direito do muro)

**Croquis:**





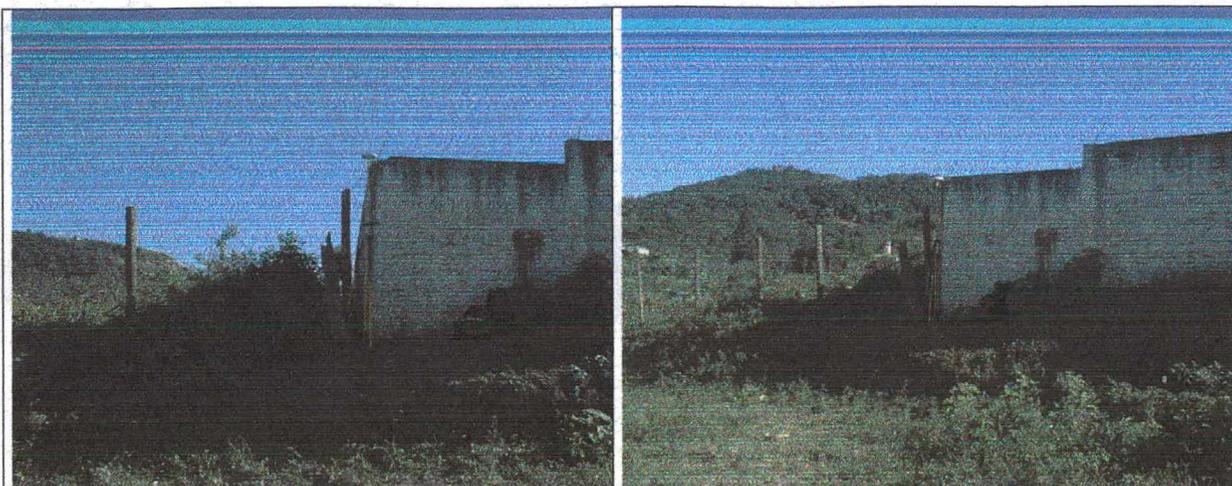
<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 08	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 735224,5900
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6949240,9990

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto de apoio HV-08 esta localizado à Rua Otto Júlio Malina, sobre o muro.

**Croquis:**



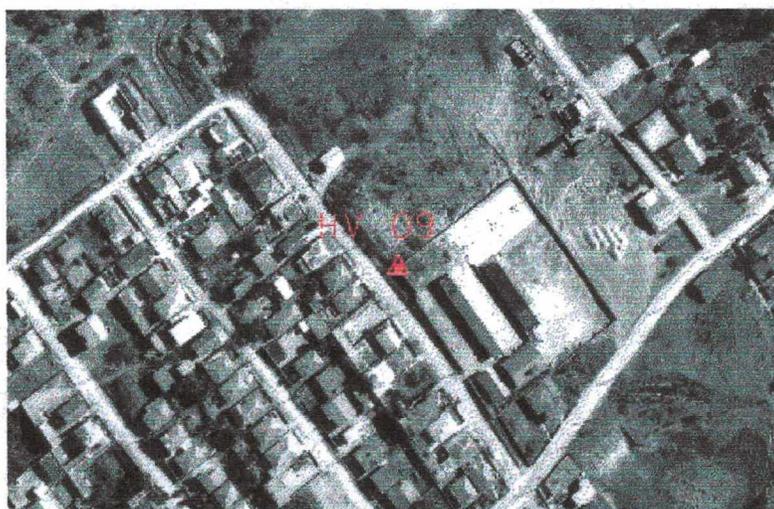


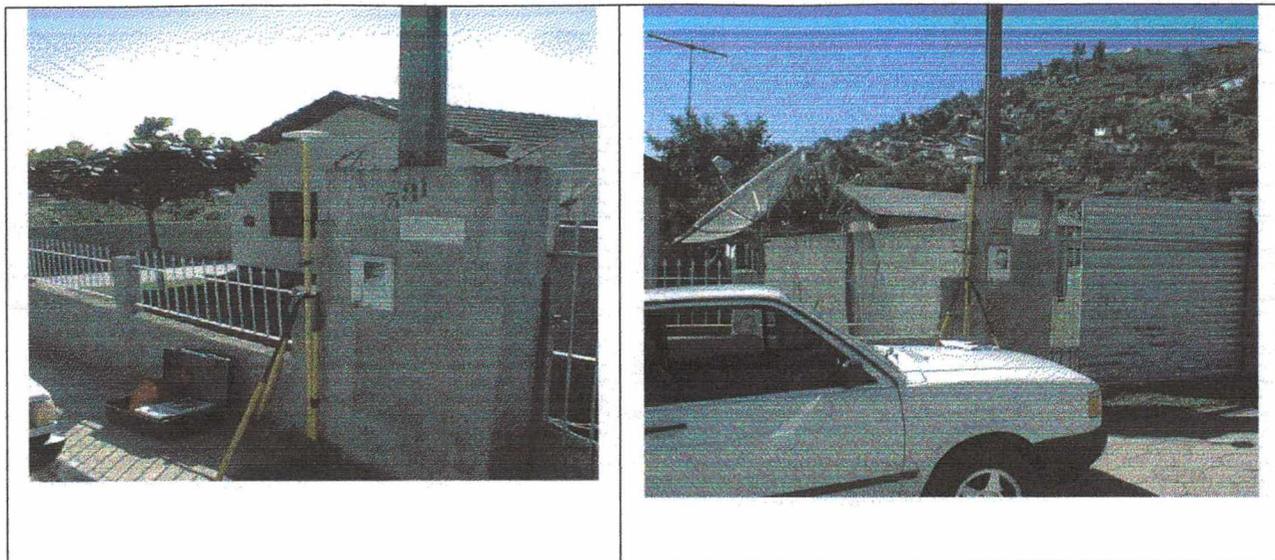
<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 09	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 733689,9480
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6950077,0600

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto de apoio HV-09 esta localizado à Rua Manoel Bandeira no canto direito do muro da escola.

**Croquis:**





<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 10	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD - 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 732666,0680
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6950566,3770

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto HV-10 está localizado à rua Sabiá (369/381).

**Croquis:**





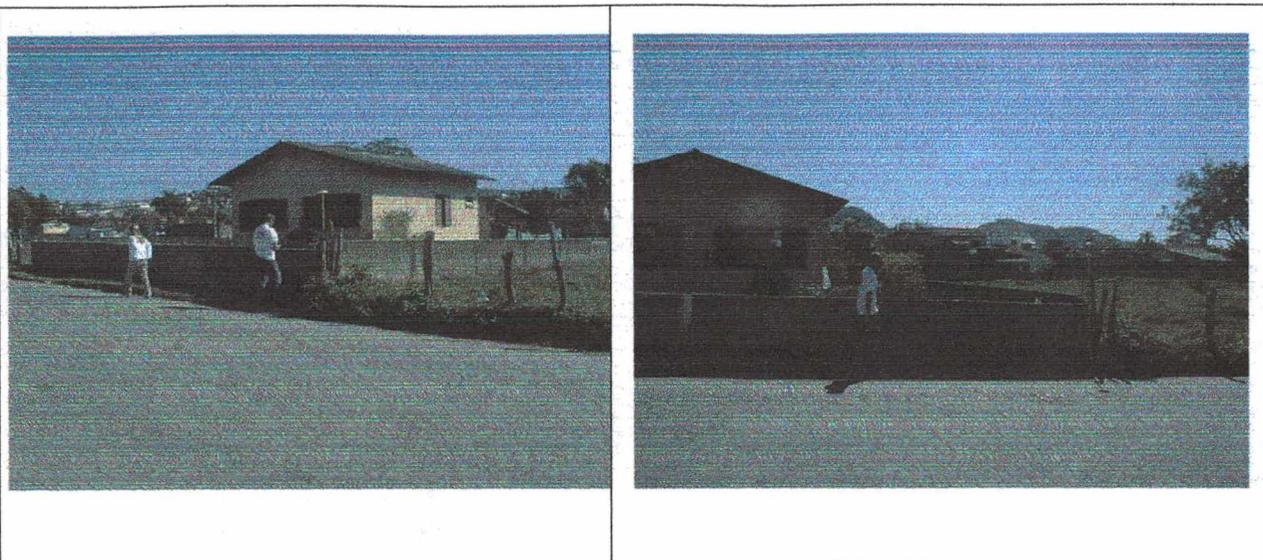
Município: São José	Identif. Do Ponto: HV 11	Sist. Coord: Universal Transverso de Mercator
	Datum: SAD - 69	Coordenadas UTM
	Meridiano Central: 51° ( W GR )	N: 732471,1560
	Método: Satélite / GPS	E: 6951381,4080

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto de apoio HV-11 está localizado à Rua Geral José Mota.

**Croqui:**





<b>Município:</b> São José	<b>Identif. Do Ponto:</b> HV 54	<b>Sist. Coord:</b> Universal Transverso de Mercator
	<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>Coordenadas UTM</b>
	<b>Meridiano Central:</b> 51° ( W GR )	<b>N:</b> 733253,1220
	<b>Método:</b> Satélite / GPS	<b>E:</b> 6948167,4880

**Descrição do HV:** Município de São José. Ponto foto identificado onde foi instalado os equipamentos.

**Itinerário:** O ponto HV-54 está localizado à Rua José Antônio Pereira.

**Croquis:**





Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento



## **ANEXO IV – FOTOS COM LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS**



Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Foto Fx 09 141





Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

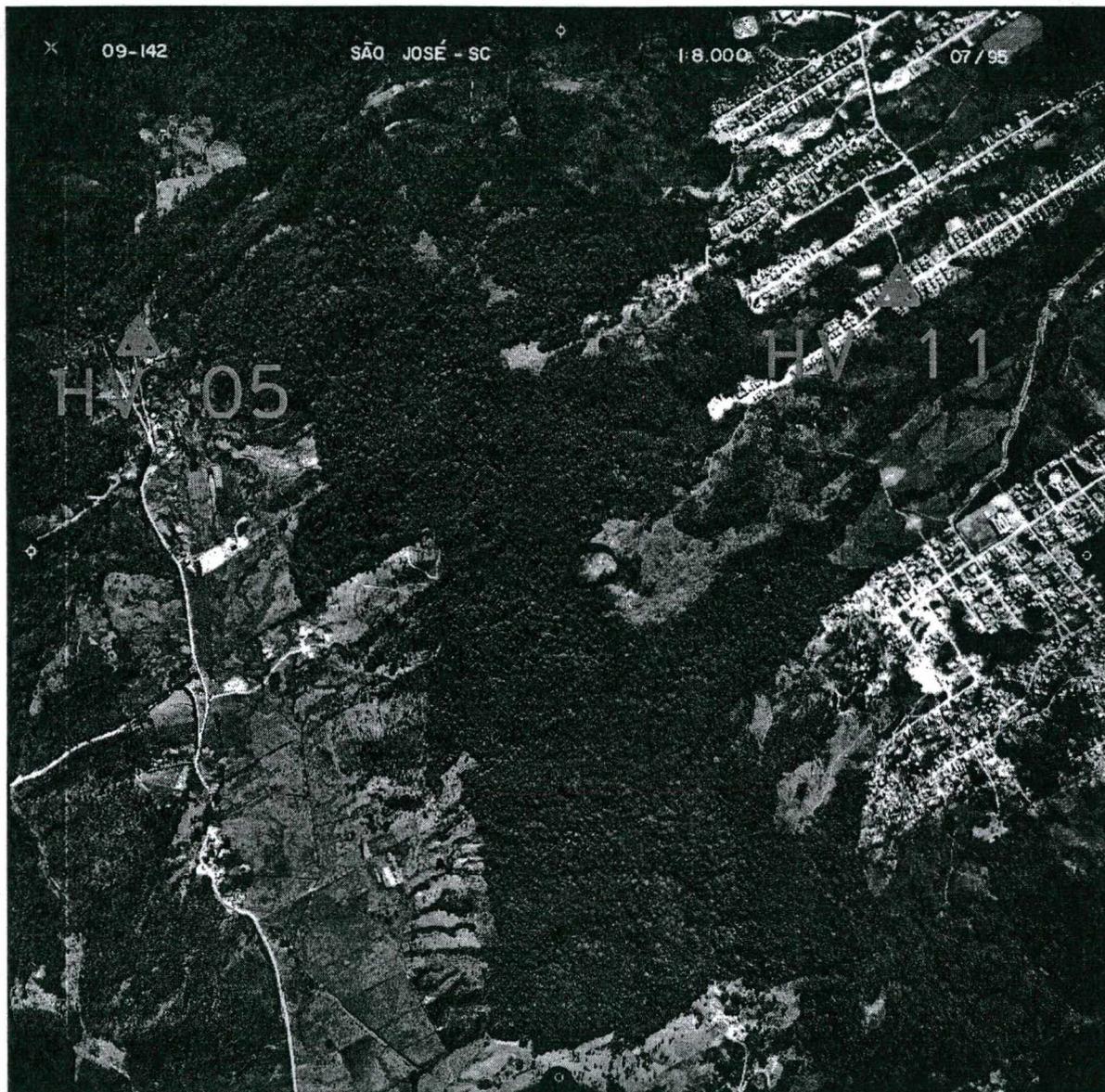
Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Laboratório de Fotogrametria,  
Sensoriamento Remoto e  
Geoprocessamento

Foto Fx 09 142





Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Laboratório de Fotogrametria,  
Sensoriamento Remoto e  
Geoprocessamento

Foto Fx 09 143





Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Foto Fx 10 165





Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Foto Fx 10 166





Foto Fx 10 167





Foto Fx 10 168

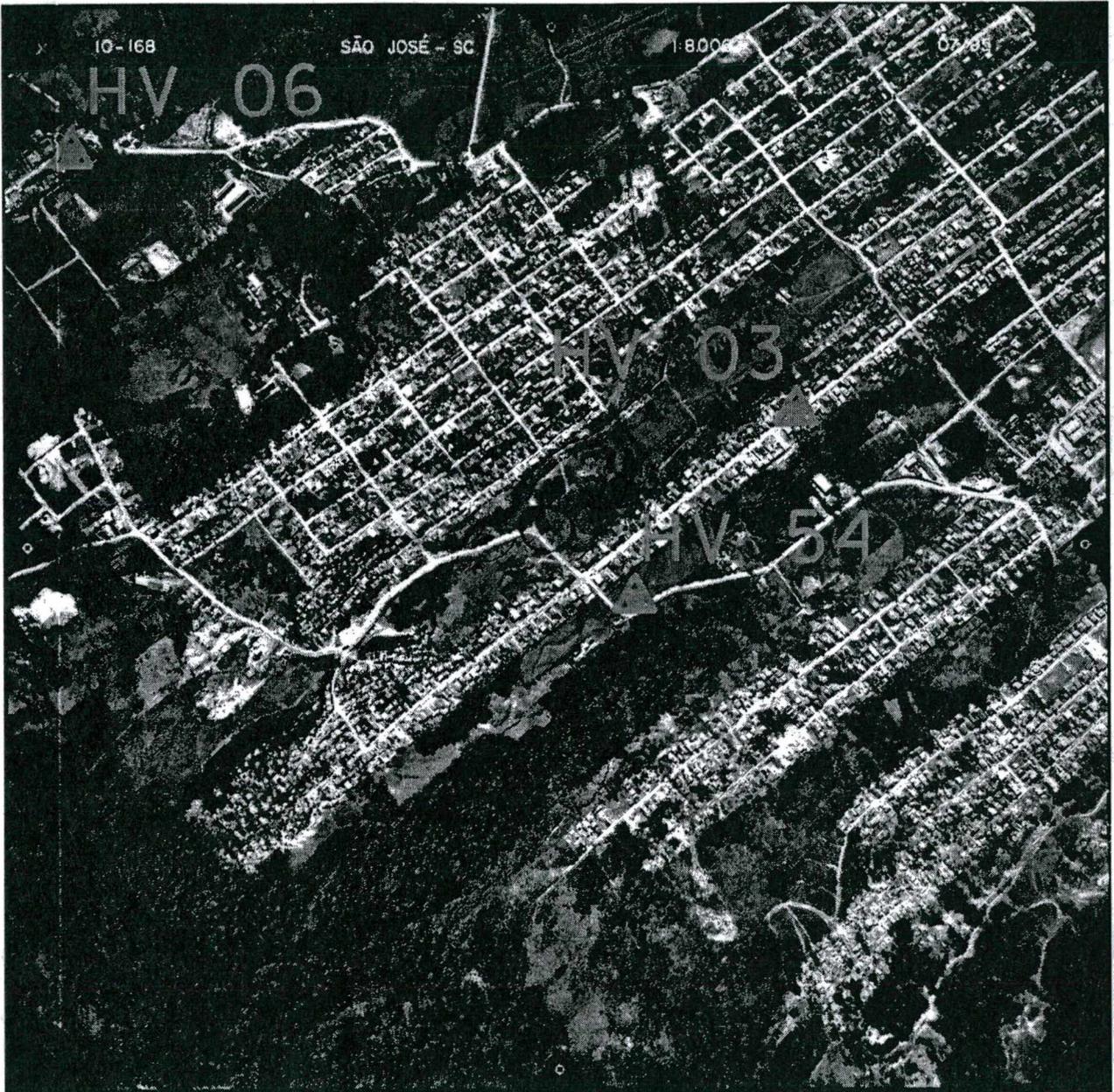




Foto Fx 11 184





Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Laboratório de Fotogrametria,  
Sensoriamento Remoto e  
Geoprocessamento

Foto Fx 11 185





Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Laboratório de Fotogrametria,  
Sensoriamento Remoto e  
Geoprocessamento

Foto Fx11 186





Foto Fx 11 187





Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Laboratório de Fotogrametria,  
Sensoriamento Remoto e  
Geoprocessamento

Foto Fx 12 203





Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Foto Fx 12 204





Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Civil

*Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento*



Laboratório de Fotogrametria,  
Sensoriamento Remoto e  
Geoprocessamento

Foto Fx 12 205

