

Projeto FTG_ELETROBRAS_2010
contrato nº ECE-DAC-619/2010

**Relatório de execução dos serviços de
levantamento de campo e ortorretificação de
imagens orbitais de alta resolução
trecho Candiota / Aceguá**

FOTOGEO LTDA - EPP
CNPJ: 05.302.992/0001-25

Fevereiro / 2011

INDÍCE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETO DO CONTRATO	1
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
4. EQUIPE TÉCNICA	2
4.1. Profissionais de Geoprocessamento	2
4.2. Profissionais para levantamento de campo	2
4.3. Profissionais para processamento em gabinete	2
5. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	2
6. METODOLOGIA E PLANO DE TRABALHO	3
6.1. Descrição das imagens	3
6.1.1. Resolução espacial:	3
6.1.2. relação de cenas e datas de captura:	3
6.2. Escopo dos Trabalhos	3
6.2.1. Produto Final	3
6.2.2. Serviços Executados	4
6.2.2.1. Planejamento dos trabalhos de levantamento de campo pontos de controle e de verificação – Fase 1	4
6.2.2.2. Execução dos trabalhos de levantamento de campo – pontos de apoio - Fase 2	6
6.2.2.3. Processamento digital das imagens – Fase 3	8
6.2.2.3.1. Fusão das Imagens	8
6.2.2.3.2. Ortorectificação das Imagens	9
6.2.2.3.3. Relatórios das aerotriangulações	11
6.2.2.3.4. Condições técnicas e controle de qualidade sobre o processamento digital das imagens	17
ANEXO I	24
ANEXO II	30

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a metodologia utilizada para execução de Processamento Digital de Imagens de Alta Resolução Espacial, bem como as atividades de coleta de coordenadas em campo utilizando-se de equipamentos GPS.

2. OBJETO DO CONTRATO

Processamento digital das imagens de alta resolução espacial, dos sensores orbitais QuickBird e WorldView2, na área de empreendimento localizada nos municípios de **Aceguá - RS, Hulha Negra- RS e Candiota - RS.**

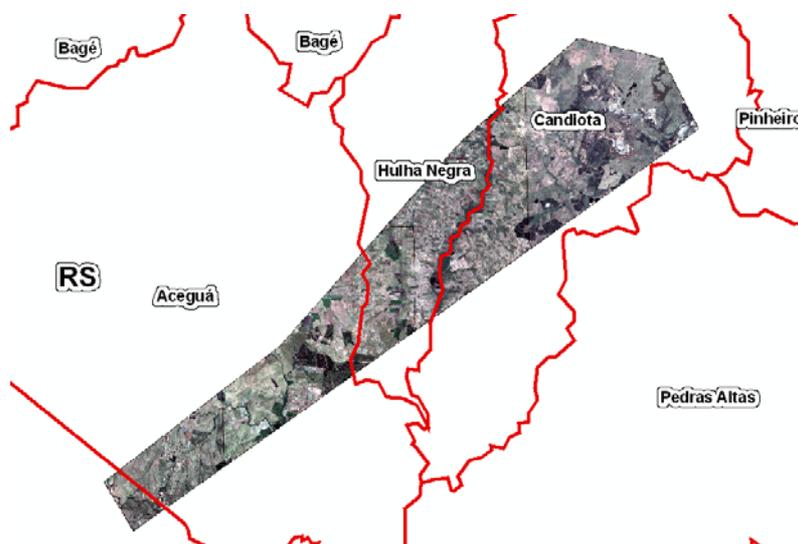


Figura 1 Localização da área.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Encaminhamos a seguir um resumo da metodologia que foi aplicada durante a execução deste projeto.

4. EQUIPE TÉCNICA

4.1. Profissionais de Geoprocessamento

Contamos com uma equipe altamente qualificada e com grande experiência no segmento de Geoprocessamento, contamos com Engenheiro Cartógrafo, Engenheiro Aerofotogeodesta, Arquiteto Urbanista, Geógrafo, e Técnicos em Cartografia.

4.2. Profissionais para levantamento de campo

- 02 Engenheiros
- 01 Condutor para carro

4.3. Profissionais para processamento em gabinete

- 01 Engenheiro
- 01 Geógrafo
- 01 Técnico em cartografia

5. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- 01 carro para locomoção em campo
- 01 receptor GPS Trimble Pathfinder Pro XR, precisão submétrica
- 01 receptor GPS GARMIN ETREX de navegação para localização em campo de pontos planejados
- 01 notebook
- 02 computadores desktop
- 01 impressora laser colorida
- 03 celulares para comunicação (02 em campo e 01 com o coordenador do projeto);
- 01 câmera fotográfica para registro dos pontos

6. METODOLOGIA E PLANO DE TRABALHO

Para este projeto foi designado um Coordenador do Projeto o qual foi responsável pela equipe de execução do projeto (escritório e campo), e principalmente garantir o bom andamento da comunicação com a empresa contratante a fim de garantir o sucesso de todas as etapas desenvolvidas durante o projeto.

6.1. Descrição das imagens

As imagens georreferenciadas e posteriormente ortoretificadas, foram adquiridas em dezembro de 2010, abrangem uma área de aproximadamente 559 Km², e são originárias dos sensores QuickBird e Worldview 2 conforme especificações da DigitalGlobe apresentam:

6.1.1. Resolução espacial:

QuickBird

- Pancromática (*nadir*) 0,61 m,
- Multiespectral (*nadir*) 2,44 m

WorldView2

- Pancromática (*nadir*) 0,61 m,
- Multiespectral (*nadir*) 2,00m,

6.1.2. relação de cenas e datas de captura:

Sensor	Cenas	Data de Coleta da Imagem	ID
WV2	10dec22135128-p2as_052446922010_01_p001	22/12/2010	1030010006440400
Wv2	10dec16140833-p2as-052446922010_01_p002	16/12/2010	1030010008CD4F00
QB2	10dec21133005-p2as_052446922010_01_p004	21/12/2010	101001000CBEC100
QB2	10dec16132508-m2as-052446922010_01_p003	16/12/2010	101001000CB8F400

6.2. Escopo dos Trabalhos

Os trabalhos realizados pela Contratada seguiram os itens descritos no termo de referência apresentado pela Contratante e que serão transcritos a seguir:

6.2.1. Produto Final

O produto final entregue pela CONTRATADA apresenta precisão e acurácia compatíveis com a escala 1:5000. A qualidade final do produto se enquadra na Classe A, de acordo com o Decreto

nº. 89.817/84 (Anexo II), o qual estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica para a Cartografia Brasileira.

6.2.2. Serviços Executados

O trabalho de ortorretificação das imagens é basicamente dividido em três fases:

- Fase 1 envolve o planejamento dos trabalhos de levantamento de campo dos pontos de controle para a correção geométrica das imagens.
- Fase 2 envolve a execução dos trabalhos de levantamento de campo conforme o planejamento.
- Fase 3 é o Processamento Digital das Imagens (PDI), na qual é executada a fusão e a ortorretificação das imagens.

Para executar o serviço seguimos o fluxograma lógico de trabalho apresentado na figura abaixo.

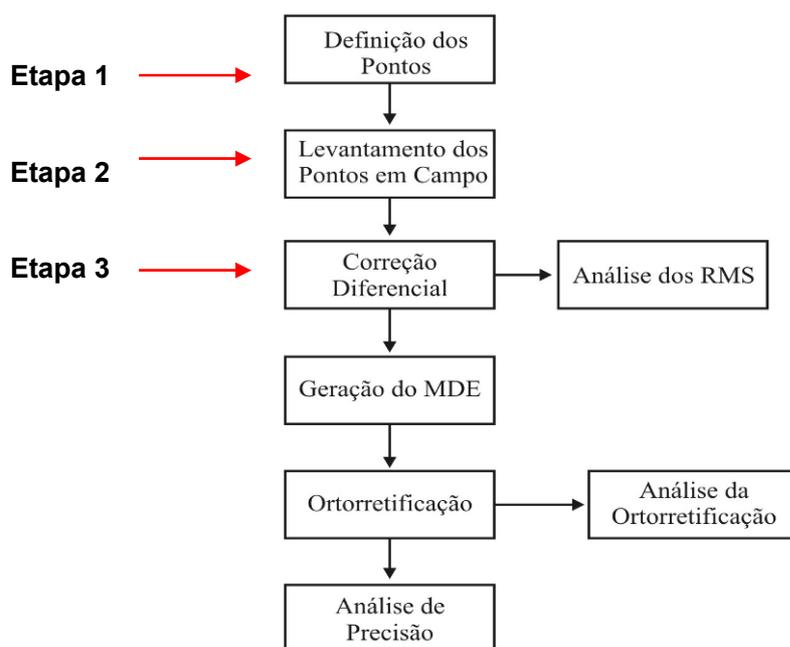


Figura 2 Fluxograma de trabalho.

6.2.2.1. Planejamento dos trabalhos de levantamento de campo pontos de controle e de verificação – Fase 1

O planejamento do levantamento de campo foi executado pela Contratada sobre as imagens QuickBird e WorldView2. O planejamento dos pontos selecionou preferencialmente locais de cruzamento de vias e extremos de construções, os quais tenham geometria bem definida na imagem como no terreno, e facilmente identificável nas imagens orbitais de alta resolução.

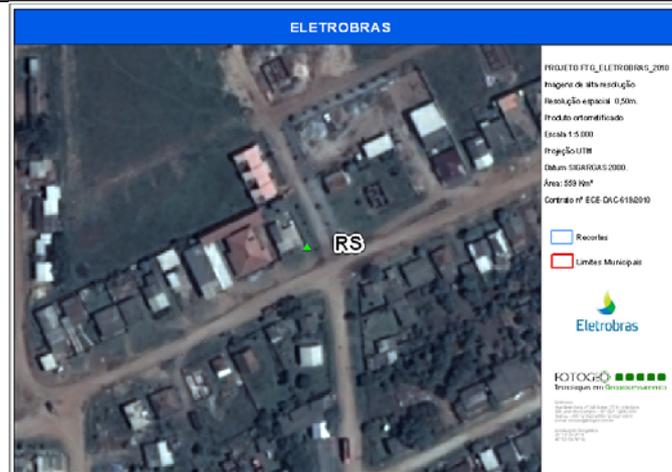


Figura 3 - Exemplo de pontos planejados área urbana e rural

A distribuição dos pontos foi planejada objetivando a varredura de toda a cena, além disso, as regiões de bordas serão tratadas como áreas críticas, necessitando a densificação de pontos, para que seja garantida a melhor articulação e continuidade possível.

Para a etapa de planejamento de campo foram utilizadas e visualizadas todas as imagens disponibilizadas no software ArcGis o qual permite fácil visualização e geração de shapefile de planejamento. Além do shapefile foram disponibilizadas para a equipe de campo plotagens com as imagens de fundo sobrepostas com o shapefile tendo a finalidade de facilitar a visualização da distribuição dos pontos em campo. Abaixo segue exemplo de uma área planejada conforme descrito acima.

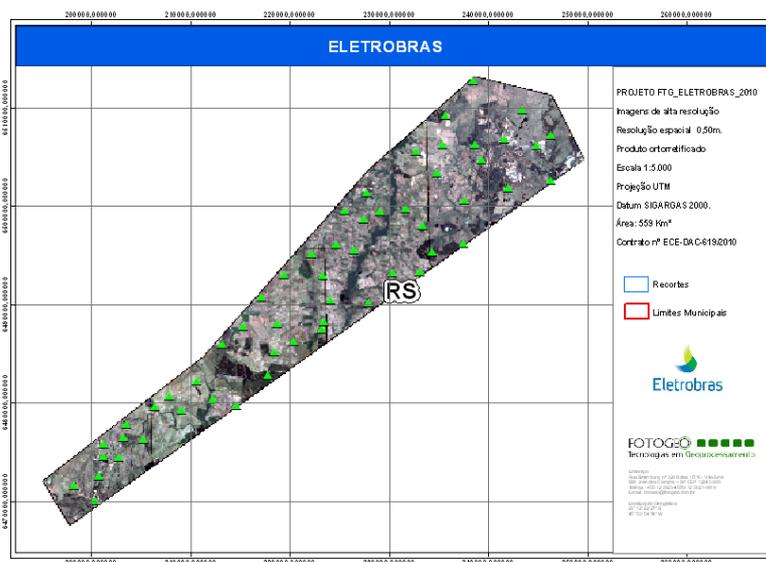


Figura 4 - Exemplo de cena planejada em sua totalidade

Os pontos levantados foram em número suficiente para a correção geométrica. Foi adotado o modelo matemático mais adequado na correção geométrica das imagens, para garantir a precisão e a escala exigidas para o produto final.

Foram estimados 57 pontos de apoio (GCP), tendo como fatores definitivos: os elementos cartográficos visíveis e possibilidades para acesso aos pontos previamente planejados. Cada ponto levantado foi nomeado com um identificador, o qual foi seqüencial do tipo “01; 02; ...; n-1; n”.. Sendo previamente analisada a viabilidade de execução do projeto.

6.2.2.2. Execução dos trabalhos de levantamento de campo – pontos de apoio - Fase 2

Durante a execução dos trabalhos de levantamento de campo, para a determinação das coordenadas dos pontos de controle e de verificação, foi obedecido ao máximo o planejamento prévio, evitando possíveis inutilizações dos pontos, quanto a deslocamento para feições não identificáveis nas imagens orbitais.

O levantamento em campo foi realizado a partir do Sistema de Posicionamento por Satélites, nesta etapa será utilizado o receptor - GPS Trimble Pathfinder Pro XR capaz de rastrear o código P. O número mínimo de satélites rastreados simultaneamente, durante o período de observação pelos equipamentos receptores, será 04 (quatro), sendo desejáveis 05 (cinco) ou mais. O horizonte de rastreamento mínimo será de 10° (ângulo de elevação) para o receptor móvel.

O receptor GPS Trimble Pathfinder Pro XR/S com coletor de TSDC1, é capaz de armazenar 1 Mb de memória, 12 canais paralelos rastreando portadora L1 e código C/A em tempo real e pós processado. Recebe correções diferenciais transmitidas via satélite (Banda L), tecnologia Everest, Precisão de 0,50 m instantaneamente com código C/A e 0,10m com observação de 20 minutos de portadora L1. Recebe correções RTCM.

Para atender às recomendações de acurácia e de precisão exigidas, serão seguidas as instruções determinadas pelos fabricantes do receptor utilizado. Abaixo segue ilustração do receptor que será utilizado na execução deste projeto.



Figura 5 - GPS Pro XR GPS Pathfinder

Vale ressaltar, que para execução deste projeto foi necessário utilizar a base de rastreamento permanente disponibilizada pela empresa Santiago & Cintra responsável pela manutenção desta, com a finalidade de realizar a correção aos pontos levantados pelo método diferencial, obtendo-se uma precisão submétrica para cada ponto levantado.

A base utilizada encontra-se homologada ao IBGE e localiza-se no município de Santa Maria-RS, vê anexo I

Foi utilizado para o processamento dos dados de GPS o Software de pós processamento Pathfinder Office, com capacidade de planejamento de missão, pós processamento de dados de código C/A, processamento de portadora L1, apresentação de coordenadas elipsoidais e planas no sistema do usuário, criação de dicionário de dados, exportação de dados ASCII e para softwares ARC/Info, AutoCAD, DXF e MicroStation.

O levantamento dos pontos de apoio GCP foi efetivado no Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000.

Para cada ponto levantado foram registradas, no mínimo, duas fotografias digitais, e registraram parte da paisagem e o equipamento estacionado no tripé. A seguir exemplos de pontos registrados por fotografias digitais durante levantamento GPS em campo.



Figura 6 - Exemplos de registro fotográfico dos pontos GPS

A nomenclatura das fotografias é composta pelo nome do ponto mais um sufixo que indique a ordem do registro fotográfico. Foi elaborado um croqui para registrar a localização do tripé de coleta do ponto e referenciais espaciais. O modelo do croqui está disponível no Anexo II.

6.2.2.3. Processamento digital das imagens – Fase 3

O processamento digital das imagens QuickBird e WorldView2.

6.2.2.3.1. Fusão das Imagens

As bandas multiespectrais das imagens orbitais foram fusionadas com a banda pancromática. As bandas das fusões resultantes possuem a mesma resolução espacial da banda pancromática. No processo de fusão das imagens, foi utilizado o método de Substituição das Componentes Principais (SCP).

A seguir seguem exemplos de imagens fusionadas, imagem pancromática de 0,6 metros, multiespectral de 2,4 metros, e suas composições em cores naturais com resolução espacial de 0,6 metros.

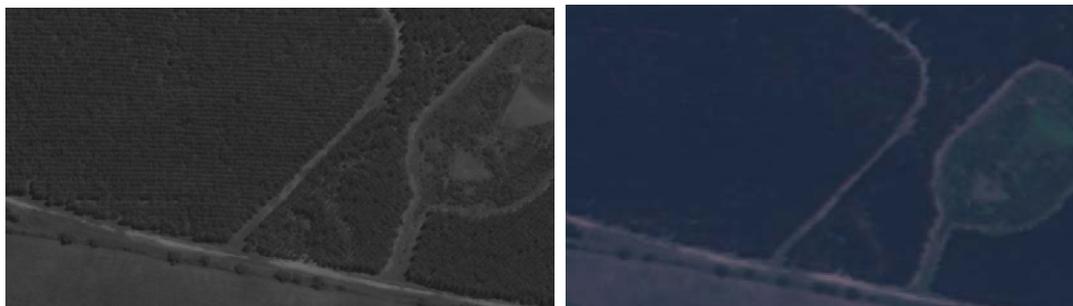




Figura 7. Fusão de imagens

6.2.2.3.2. Ortorretificação das Imagens

As imagens orbitais disponibilizadas como insumo fundamental deste projeto encontram-se georreferenciadas ao Sistema Geodésico de Referência WGS84, Projeção Cartográfica UTM, Fuso 22S, Meridiano Central – 51°, Datum WGS84. Desta maneira faz-se necessária que o processamento de ortorretificação das imagens realize a mudança para Sistema Geodésico SIRGAS2000, Projeção Cartográfica UTM, Fuso 22S, Meridiano Central –51°.

A base altimétrica está referenciada ao Sistema Geodésico SIRGAS, projetada em UTM, fuso 22S, Meridiano Central –51°. Portanto não será necessário qualquer processamento para mudança de Sistema de Referência. O Modelo Digital de Terreno (MDT) ou Modelo de Elevação Digital (DEM) a ser utilizado no processo de ortorretificação das imagens será gerado através da base altimétrica (SRTM), interpolado para 10m de resolução, utilizando o método de Kriging.

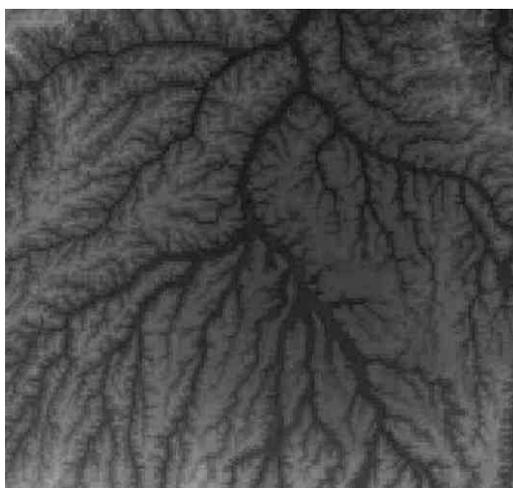


Figura 8. Modelo digital do terreno.

O DEM é uma imagem em tons de cinzas, onde cada nível de cinza representa a elevação do terreno, sendo os tons mais claros as altitudes maiores e os tons mais escuros as áreas mais baixas. O DEM atenua as deformações por deslocamentos dos elementos do terreno devido ao relevo.

Para determinar a posição das imagens em relação ao terreno foram utilizados os pontos de controle e os dados de calibração do sensor que acompanha as cenas (RPC), este processo é conhecido pelo nome de aerotriangulação

O processo de aerotriangulação consiste na determinação ou restabelecimento da posição das imagens no momento da exposição. Nesta etapa determina-se a posição plano-altimétrica de cada pixel referida ao sistema geodésico.

Para obter a posição da imagem referida ao sistema geodésico foi necessário introduzir no processo de aerotriangulação, os dados de calibração do sensor no formato RPC (Rational Polynomial Coeficientes), que leva em consideração as diferentes distorções existentes na plataforma do sensor, da Terra e da própria projeção cartográfica), e as coordenadas dos pontos de apoio determinados na etapa de levantamento de campo. O processo conhecido como orientação exterior.

Com ajuda de programa fotogramétrico adequado para este tipo de serviço, foi possível determinar a posição de cada pixel da imagem referido ao sistema geodésico brasileiro. As formulações matemáticas presente neste software nos permitem calcular a posição do sistema fotogramétrico da imagem referido ao sistema geodésico.

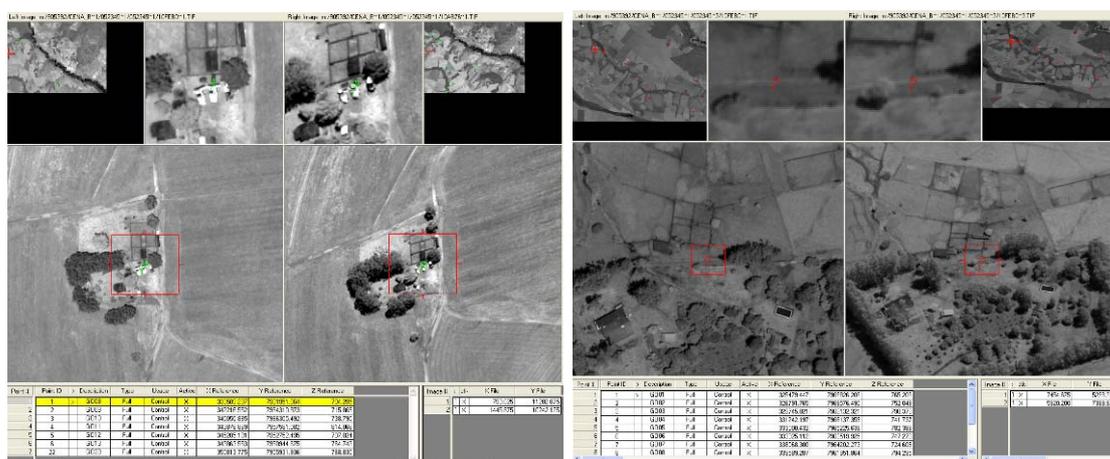


Figura 9 Processo de aerotriangulação. Identificação de pontos de apoio nas imagens.

Durante a orientação exterior foram identificados na imagem os pontos de apoio, utilizando os croquis de localização e fotografias obtidas em campo.

O software com as coordenadas de imagem de cada ponto de apoio, suas respectivas referencia de campo e os RPC, calculou a posição de cada pixel da imagem com um erro inferior a 0,5 pixels, tal como podemos conferir nos relatório inserido abaixo e conforme as exigências técnicas do projeto.

6.2.2.3.3. Relatórios das aerotriangulações

Relatório da aerotriangulação da cena: 10dec22135128-p2as 052446922010 01 p001

Adjustment Report

Output image units: pixels

Output ground units: meters

Output z units: meters

Image point residuals:

imgid	pid	residual_x	residual_y
1	39	0.0094	0.0714
1	25	-0.0030	-0.0372
1	44	-0.0703	-0.4784
1	42	-0.0001	-0.0189
1	36	-0.0693	-0.4504
1	35	0.1240	0.8293
1	34	0.0180	0.0719
1	33	-0.0088	0.0122

Ax=-0.0000 Ay=0.0000 Mx=0.0566 My=0.3761

Total unit weight RMSE = 0.0000

Image accuracy for control and check points for each scene:

image id 1:

pid	type	image_x	image_y	residual_x	residual_y
39	gcp	34335.5650	1291.7921	0.0094	0.0714
25	gcp	35577.6821	16706.5627	-0.0030	-0.0372
44	gcp	15343.0622	18638.2212	-0.0703	-0.4784
42	gcp	26659.9986	14952.1999	-0.0001	-0.0189
36	gcp	6431.9258	31594.5531	-0.0693	-0.4504
35	gcp	9706.6578	25806.7796	0.1240	0.8293
34	gcp	17613.5989	31190.9895	0.0180	0.0719
33	gcp	24120.1139	25421.5478	-0.0088	0.0122

RMS Errors for 8 GCPs: x: 0.0566

y: 0.3761

total: 0.3803

pid	GCP	USER
25	CAN22.cor	Control
33	CAN37.cor	Control

34	CAN39.cor	Control
35	CAN42.cor	Control
36	CAN44.cor	Control
39	CAN31.cor	Control
42	CAN34.cor	Control
44	CAN38.cor	Control

Relatório da aerotriangulação da cena: 10dec16140833-p2as-052446922010 01 p002

Adjustment Report

Output image units: pixels

Output ground units: meters

Output z units: meters

Image point residuals:

imgid	pid	residual_x	residual_y
1	50	-0.2376	-0.0848
1	51	0.3300	-0.2863
1	52	0.4849	0.4022
1	54	-0.0718	0.2148
1	53	-0.7014	-0.1079
1	47	0.1958	-0.1380

Ax=0.0000 Ay=0.0000 Mx=0.3949 My=0.2337

Total unit weight RMSE = 0.0000

Image accuracy for control and check points for each scene:

image id 2:

pid	type	image_x	image_y	residual_x	residual_y
50	gcp	10060.5493	21203.1039	-0.2376	-0.0848
51	gcp	6154.9327	17875.0796	0.3300	-0.2863
52	gcp	11081.9724	16209.3404	0.4849	0.4022
54	gcp	12464.4888	9743.7292	-0.0718	0.2148
53	gcp	12327.7443	12205.6006	-0.7014	-0.1079
47	gcp	23110.5114	2751.6435	0.1958	-0.1380

RMS Errors for 6 GCPs: x: 0.3949

y: 0.2337

total: 0.4589

pid	GCP	USER
47	CAN43M.cor	Control
50	CAN49.cor	Control
51	CAN50.cor	Control
52	CAN51M.cor	Control
53	CAN52M.cor	Control
54	CAN53M.cor	Control

Relatório da aerotriangulação da cena :10dec16132508-m2as-052446922010_01_p003

Adjustment Report

Output image units: pixels

Output ground units: meters

Output z units: meters

Image point residuals:

imgid	pid	residual_x	residual_y
1	28	0.1344	0.1239
1	29	0.0033	-0.0691
1	11	-0.1258	0.2283
1	9	-0.2183	-0.2048
1	5	0.1281	0.0055
1	6	0.1367	0.1432
1	16	-0.0680	0.0608
1	17	0.1057	0.0580
1	23	-0.0881	-0.1399
1	25	-0.0027	-0.0012
1	26	0.0243	0.0211
1	39	0.0730	-0.0792
1	30	-0.1028	-0.1466

Ax=-0.0000 Ay=0.0000 Mx=0.1098 My=0.1207

Total unit weight RMSE = 0.0000

Image accuracy for control and check points for each scene:

image id 2:

pid	type	image_x	image_y	residual_x	residual_y
28	gcp	10076.3809	23601.7427	0.1344	0.1239
29	gcp	14408.4205	17001.4793	0.0033	-0.0691
11	gcp	12090.7909	13910.8076	-0.1258	0.2283
9	gcp	12472.1773	32493.7299	-0.2183	-0.2048
5	gcp	23956.8410	10521.4165	0.1281	0.0055
6	gcp	23104.0419	23889.3689	0.1367	0.1432
16	gcp	21128.9852	27290.6636	-0.0680	0.0608
17	gcp	16471.4721	27459.9659	0.1057	0.0580
23	gcp	20423.2642	6795.9660	-0.0881	-0.1399
25	gcp	4617.7177	37029.5989	-0.0027	-0.0012
26	gcp	5029.1273	35632.6462	0.0243	0.0211
39	gcp	2872.4060	24264.0646	0.0730	-0.0792
30	gcp	21523.7195	19348.7926	-0.1028	-0.1466

RMS Errors for 13 GCPs: x: 0.1098

y: 0.1207

total: 0.1632

pid	GCP	USER
5	CAN 06.cor	Control
6	CAN 08.cor	Control
9	CAN 20.cor	Control
11	CAN 28.cor	Control
16	CAN 10.cor	Control
17	CAN 11.cor	Control
23	CAN 18.cor	Control
25	CAN 22.cor	Control
26	CAN 23.cor	Control
28	CAN 25.cor	Control
29	CAN 27.cor	Control
30	CAN 57.cor	Control
39	CAN31.cor	Control

Relatório da aerotriangulação da cena: 10dec21133005-p2as 052446922010 01 p004

Adjustment Report

Output image units: pixels

Output ground units: meters

Output z units: meters

Image point residuals:

imgid	pid	residual_x	residual_y
1	8	0.1630	0.1578
1	20	0.1584	0.1534
1	6	0.0246	0.0239
1	2	0.0799	0.0774
1	3	-0.1115	-0.1079
1	5	-0.1643	-0.1591
1	7	-0.0864	-0.0837
1	14	-0.1175	-0.1138
1	22	-0.1314	-0.1272
1	15	0.2811	0.2722
1	21	-0.0960	-0.0930

Ax=0.0000 Ay=-0.0000 Mx=0.1430 My=0.1385

Total unit weight RMSE = 0.0000

Image accuracy for control and check points for each scene:

image id 3:

pid	type	image_x	image_y	residual_x	residual_y
-----	------	---------	---------	------------	------------

8 gcp	16076.4547	5500.2767	0.1630	0.1578
20 gcp	3158.6483	6540.3706	0.1584	0.1534
6 gcp	927.7207	29636.0698	0.0246	0.0239
2 gcp	20949.7234	17550.7343	0.0799	0.0774
3 gcp	13637.9760	18751.6073	-0.1115	-0.1079
5 gcp	1777.6763	16283.6873	-0.1643	-0.1591
7 gcp	6268.0521	28196.6850	-0.0864	-0.0837
14 gcp	20888.1463	9832.0514	-0.1175	-0.1138
22 gcp	8073.6484	11464.2559	-0.1314	-0.1272
15 gcp	6412.6671	20850.0272	0.2811	0.2722
21 gcp	7833.3093	654.7670	-0.0960	-0.0930

RMS Errors for 11 GCPs: x: 0.1430

y: 0.1385

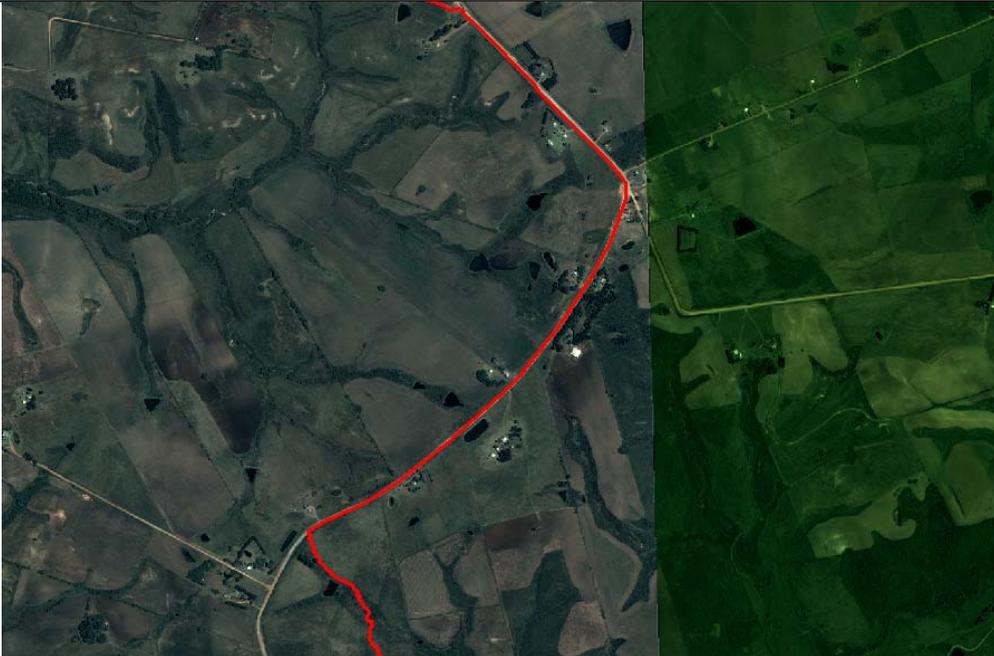
total: 0.1990

pid	GCP	USER
2	CAN03.cor	Control
3	CAN04.cor	Control
5	CAN06.cor	Control
6	CAN08.cor	Control
7	CAN09.cor	Control
8	CAN16.cor	Control
14	CAN02.cor	Control
15	CAN07.cor	Control
20	CAN14.cor	Control
21	CAN15.cor	Control
22	CAN17alt.cor	Control

O erro médio quadrático dos pontos utilizados para a correção geométrica são inferiores a 01 pixel.

Após a aerotriangulação procedeu-se o processo de ortorretificação de cada cena. Este é um procedimento matemático onde são geradas imagens ortogonais com propriedade cartográfica compatível a escala contratada 1:5.000.

Com as imagens ortorretificadas foi produzido o mosaico com as áreas de adjacência para garantir à continuidade e a identificação das feições nas imagens consecutivas, bem como o balanceamento das características de brilho e contraste, sempre processadas em relação às suas vizinhas. Neste processo foram geradas linhas de articulação entre cenas, garantindo uma continuidade entre elas.



Ortoimagens independente.



Mosaico de imagens

Figura 10 Processo de equalização e mosaicagem das imagens ortorretificadas.

6.2.2.3.4. Condições técnicas e controle de qualidade sobre o processamento digital das imagens

O controle de qualidade sobre as imagens foi executado seguindo os seguintes critérios:

Primeiramente foi validada a qualidade radiométrica dos recortes: Após do mosaico, este controle consiste na verificação de inconsistência quanto à qualidade da equalização, a existência de excesso de saturação das imagens e da descontinuidade do contraste e brilho entre cenas.

O segundo critério validado foi a projeção do produto: verificou-se se os recortes apresentaram a projeção contratada.

O terceiro critério: O recobrimento das imagens na área contratada conforme ao contrato, comparando o produto com o polígono vetorial fornecido pela contratante.

Quarto critério, validação da qualidade geométrica das imagens ortorretificadas: Após de finalizada a etapa de processamento de imagens, realizou-se a análise estatística da precisão de posicionamento do produto ortorretificado em relação aos pontos de controle, gerando-se uma tabela de CÁLCULO DO PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA.

Para realizar este controle utilizamos 23 pontos de controle predefinidos durante a aerotriangulação e excluídos do processo de correção geométrica (aerotriangulação). Estes pontos foram denominados pontos de checagem. Com esta seleção garantimos que não exista influência dos pontos de correção sobre os pontos de checagem.

A análise estatística seguiu a Legislação para os trabalhos cartográficos e de aerolevanteamento, conforme o decreto nº. 89.817 de 20 de junho de 1984, a classificação de produto cartográfica é feita segundo o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o Erro Padrão (EP).

O Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão do trabalho cartográfico (Decreto nº. 89.817, Capítulo II, seção 1, artigo 8º, § 1º). O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica (Decreto nº. 89.817, Capítulo II, seção 1, artigo 8º, § 3º).

Classe	PEC		EP	
	Planimétrico (mm)	Altimétrico	Planimétrico (mm)	Altimétrico
A	0,5 x EC	1/2 x EQ	0,3 x EC	1/3 x EQ
B	0,8 x EC	3/5 x EQ	0,5 x EC	2/5 x EQ
C	1,0 x EC	3/4 x EQ	0,6 x EC	1/2 x EQ

Onde: EC = escala da carta
EQ = equidistância das curvas de nível

Para produto Classe A conforme esperado neste contrato o PEC corresponde a 0.5 mm na escala da carta (2,5 m para a escala 1:5 000), e o erro-padrão associado deverá ser de até 0.3 mm na escala da carta (1,5 m para a escala 1:5 000).

Conforme legislação os produtos cartográfica devem ser avaliados em três aspectos:

- I - Análise Estatística - Padrão de Exatidão Cartográfica
- II - Análise de tendências (Distribuição de Student)
- III - Análise da Precisão.

I - Análise Estatística.

Foram comparadas as coordenadas extraídas nas imagens dos pontos coletadas com as coordenadas reais (campo) dos pontos levantados e no mesmo referencial – através de transformações de coordenadas e datum, foram analisadas as discrepâncias das estatísticas quanto à exatidão cartográfica das coordenadas.

A tabela a seguir, indica os elementos envolvidos na análise de tendência e precisão, sendo que, nas fórmulas, a variável X representa tanto as coordenadas planimétricas quanto as altimétricas, de acordo com a análise que se queira realizar.

A análise estatística baseia-se na análise das discrepâncias entre as coordenadas de referência X_i e as coordenadas observadas na carta X_i para cada ponto i por:

$$\Delta X_i = X_i^r - X_i$$

Um dos testes utiliza a média e o desvio padrão das discrepâncias amostrais:

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i$$

$$S_{\Delta X}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2$$

**CÁLCULO DO PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA QUICKBIRD/WORLDDVIEW 2
CANDIOTA/ACEGUÁ - RS - PROJETO ELETRORBRAS/ELETROSUL**

GCP	x(imagem)	y(imagem)	X(Campo)	Y(Campo)	ΔX	ΔY	DESL(E)- MX) ²	(DESL(E)- MY) ²	DESL= $\sqrt{(\text{DESL}(E))^2 +$ (DESL(N)) ²	(DESL-M_DESL) ²
can01.cor	241564,529	6506867,168	241563,665	6506869,312	0,864	-2,144	0,746	4,597	2,312	5,344
can05.cor	239277,799	6504707,915	239278,312	6504706,644	-0,513	1,271	0,263	1,614	1,370	1,877
can12.cor	235384,849	6506216,161	235385,789	6506215,125	-0,940	1,036	0,883	1,074	1,399	1,957
can13.cor	244810,011	6506149,692	244810,450	6506147,786	-0,439	1,906	0,193	3,634	1,956	3,827
can19.cor	231643,726	6499788,533	231643,677	6499789,817	0,049	-1,284	0,002	1,648	1,285	1,650
can21.cor	218447,571	6485198,015	218446,648	6485197,909	0,923	0,106	0,852	0,011	0,929	0,863
can24.cor	224099,068	6490460,401	224099,586	6490460,254	-0,518	0,147	0,268	0,021	0,538	0,290
can26.cor	227393,191	6498697,786	227391,938	6498699,077	1,253	-1,291	1,569	1,667	1,799	3,236
can29.cor	225519,446	6499516,127	225520,670	6499516,363	-1,224	-0,236	1,498	0,056	1,247	1,554
can30.cor	224700,437	6496083,500	224699,543	6496083,736	0,894	-0,236	0,799	0,056	0,925	0,855
can32.cor	223282,213	6492928,147	223283,529	6492928,180	-1,316	-0,033	1,731	0,001	1,316	1,732
can33.cor	219367,352	6493086,287	219368,624	6493085,599	-1,272	0,688	1,619	0,473	1,446	2,092
can35.cor	217135,666	6490714,190	217137,004	6490712,313	-1,338	1,877	1,791	3,524	2,305	5,315
can36.cor	220376,710	6486222,036	220376,855	6486221,167	-0,145	0,869	0,021	0,755	0,881	0,776
can40.cor	212254,181	6480456,344	212252,623	6480456,182	1,558	0,162	2,428	0,026	1,567	2,455
can41.cor	207853,501	6480666,286	207853,726	6480665,259	-0,225	1,027	0,051	1,055	1,052	1,106
can45.cor	197396,860	6472284,310	197397,397	6472284,737	-0,537	-0,427	0,288	0,182	0,686	0,471
can46.cor	203509,092	6477838,890	203508,224	6477839,825	0,868	-0,935	0,753	0,874	1,276	1,628
can47.cor	203191,350	6476499,776	203190,714	6476500,418	0,636	-0,642	0,404	0,412	0,904	0,817
can48.cor	201808,554	6472863,800	201808,732	6472863,572	-0,178	0,228	0,032	0,052	0,289	0,084
can54.cor	205277,513	6476311,391	205276,750	6476311,172	0,763	0,219	0,582	0,048	0,794	0,630
can55.cor	202755,958	6474523,561	202754,683	6474523,544	1,275	0,017	1,626	0,000	1,275	1,626
can56.cor	215273,133	6487779,739	215272,870	6487780,067	0,263	-0,328	0,069	0,108	0,420	0,177
					0,027	0,077	0,739	0,876	1,076	1,271
							0,860	0,936		

I-Padrão de Exatidão Cartografica	
Variância	1,614
Desvio Padrao	1,271
PEC	2,090
M - ERRO MEDIO QUADRATICO	1,076
MX - ERRO MEDIO QUADRATICO X	0,027
MY - ERRO MEDIO QUADRATICO Y	0,077
DESVIO PADRÃO X	0,860
DESVIO PADRÃO Y	0,936
INTERVALO DE CONFIABILIDADE	-1,014 3,166

VARIANCIA = SOMATÓRIO (DESL - M)² / N° PONTOS - 1
 ERRO PADRÃO = RAIZ QUADRADA DA VARIÂNCIA
 PEC = EP x 1,6449.

Nesta etapa da Análise do Padrão de Exatidão Cartográfica o produto é aceito, habilitando para a próxima etapa da avaliação – Análise de Tendência.

II - Análise de tendências (Distribuição de Student)

No teste de tendência podem ser analisadas as seguintes hipóteses:

$$H_o : \overline{\Delta X} = 0 \quad \text{contra} \quad H_1 : \overline{\Delta X} \neq 0$$

Para este teste, deve-se calcular a estatística amostral (tx),

$$t_x = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} x \sqrt{n}$$

e verificar se o valor de tx amostral está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula.

$$|t_x| < t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})}$$

onde: $t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})}$ é obtido da tabela t de Student, com nível de significância de α e n-1 graus de liberdade.

Uma vez que a desigualdade não seja satisfeita, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, a imagem não pode ser considerada como livre de tendências significativas na coordenada testada, para um determinado nível de significância. A existência de tendências em alguma direção significa a ocorrência de algum problema, cuja causa pode ser a mais variada possível.

Neste teste específico, foi calculada a estatística amostral t de Student, verificando-se em seguida se este valor se encontra fora da região crítica determinada na tabela estatística de Student para α de 10%, permitindo que a hipótese H0 seja aceita. O valor de t amostral de Student calculado para cada direção resultou em:

II - Análise de tendências (Distribuição de Student)		
$t(n-1, \alpha/2)=1,717$	$t(22,5\%)=1,717$	
tx	0,160	tx < t Aceite
ty	0,418	ty < t Aceite
$\Delta x = MX$ - ERRO MEDIO QUADRATICO X		FORMULAS $tx = \Delta X / S_{\Delta x} \cdot \sqrt{n}$ $ty = \Delta y / S_{\Delta y} \cdot \sqrt{n}$
$\Delta y = MY$ - ERRO MEDIO QUADRATICO Y		
$S_{\Delta x}$ = EP DESVIO PADRÃO X		
$S_{\Delta y}$ = EP DESVIO PADRÃO Y		
DESL = DESLOCAMENTO		

Componente analisada	Distribuição de t-Student		Análise
	Calculado - tx	Tabela - t(22,5%)	
X	0,160	1,717	Não Tendencioso
Y	0,418		Não Tendencioso

Analisando os resultados obtidos neste teste indica que o produto não possui tendência em qualquer uma das duas das componentes da coordenada (X, Y), habilitando assim o produto para a próxima etapa de avaliação - Análise de Precisão

III - Análise da Precisão

A precisão pode ser analisada com a comparação do desvio padrão das discrepâncias com o Erro Padrão (EP), para a classe que se deseja testar.

No teste de precisão podem ser analisadas as seguintes hipóteses:

$$H_0 : S_{\Delta x}^2 = \sigma_x^2 \quad \text{contra} \quad H_1 : S_{\Delta x}^2 > \sigma_x^2$$

O termo σ_x é o desvio padrão esperado pela coordenada X, ou seja, o Erro Padrão esperado para que a classe ser analisada.

É importante ressaltar que o EP para as classes é fixado para a componente, sendo que para os testes planimétricos, considera-se:

$$\sigma_x = \frac{EP}{2}$$

Se a análise for feita sobre as resultantes, a expressão acima fica:

$$\sigma_x = EP$$

Depois de calculada a variância da classe esperada, a seguinte estatística é calculada

$$\chi_x^2 = (n-1) \times \frac{S_{\Delta x}^2}{\sigma_x^2}$$

e verifica se o valor de χ está no intervalo de aceitação ou rejeição.

$$\chi_x^2 \leq \chi_{(n-1, \alpha)}^2$$

Onde: $\chi_{(n-1, \alpha)}^2$ é obtido da tabela Qui-Quadrado, com nível de significância de α e n-1 graus de liberdade.

Uma vez que a expressão anterior não é satisfeita, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, a imagem não atende a precisão correspondente a Classe analisada.

III- Análise da Precisão para a "Classe A"		
Fórmulas e tabela χ^2		
$\chi^2(n-1, \alpha) \rightarrow \chi^2(22, 10\%)$	30,813	
$\sigma_x = EP / \sqrt{2}$	1,061	1,5m, EP estabelecido
$\chi^2_x = (n-1) \cdot S^2_{\Delta x} / \sigma_x^2$	16,418	< 30,813 Aceite
$\chi^2_y = (n-1) \cdot S^2_{\Delta y} / \sigma_y^2$	19,458	< 30,813 Aceite

VARIANCIA = SOMATÓRIO (DESL - M)² / N° PONTOS - 1
 ERRO PADRÃO = RAIZ QUADRADA DA VARIÂNCIA
 PEC = EP x 1,6449

Classe Analisada	Componente Analisada	Distribuição de t-Student		
		Calculado	Tabela	Análise Aceito (sim/não)
A	E	16,418	30,813	Sim
	N	19,458		Sim

Pela análise realizada, conclui-se que a precisão da imagem ortorretificada em cores naturais fornecidas pela empresa FOTOGEO para o Projeto FTG_ELETROBRAS_2010 – contrato nº ECE-DAC-619/2010, constituem uma obra cartográfica com precisão compatível a carta 1:5000 Classe A, conforme decreto lei 89.817 que Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartográfica Nacional, capítulo II, artigos 8 e 9.

Portanto os pontos da imagem atendem a precisão de 2,5m, de acordo com o PEC, com significância de 10% ou com 90% de probabilidade.

A imagem ortorretificada fornecida é uma expressão fiel e atualizada das características do terreno, a qual oferece as informações geográficas necessárias para os trabalhos de estudos do meio geográfico.

Rodrigo Alexandre Da Costa Silva
Engenheiro Cartógrafo
Diretor Técnico
Crea – SP nº 5061175322
Registro Nacional nº 260549610-4
Fotogeo - Tecnologias em Geoprocessamento

ANEXO I


 Diretoria de Geociências
 Coordenação de Geodésia

 RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
 Relatório de Informação de Estação
 Estação Santa Maria - SMAR

0. Formulário

Preparado por - Equipe Técnica da RBMC - "Centro de Controle Eng^a. Kátia Duarte Pereira"
 Data - 20 – novembro – 2002
 Atualização - 01 – julho – 2010 / Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010).

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação - Santa Maria
 Ident. da Estação - SMAR
 Inscrição no Monumento - Chapa cravada na face sul onde consta o código internacional da estação
 Código Internacional - 92013
 Informações Adicionais - Esta estação pertence à Rede de Densificação do IGS

2. Informação sobre a localização

Cidade - Santa Maria
 Estado - Rio Grande do Sul
 Informações Adicionais - A estação consiste em um pilar de concreto dotado de um dispositivo de centragem forçada, localizada na laje do Prédio do Centro de Ciências Rurais - CCR, da Universidade Federal de Santa Maria.

3. Coordenadas oficiais

3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	29° 43' 08,1260" S	Sigma:	0,001 m
Longitude:	53° 42' 59,7353" W	Sigma:	0,001 m
Alt.Elíp.:	113,11 m	Sigma:	0,001 m
Alt.Orto.:	103,70 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2010
Coordenadas Cartesianas			
X	3.280.748,410 m	Sigma:	0,001 m
Y	-4.468.909,741 m	Sigma:	0,001 m
Z	-3.143.408,684 m	Sigma:	0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	6.709.269,527 m		
UTM (E):	237.205,247 m		
MC:	- 51		

4. Informações do equipamento GPS

4.1 Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NetRS
 Número de Série - 4644124493
 Versão do Firmware - 1.2-0
 Data de Instalação - 17 – maio – 2007
 Atualização do Firmware - 06 – março – 2008


 Diretoria de Geociências
 Coordenação de Geodésia

 RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
 Relatório de Informação de Estação
 Estação Santa Maria - SMAR

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NetRS
 Número de Série - 4644124493
 Versão do Firmware - 1.1-5
 Data de Instalação - 17 – maio – 2007
 Data de Alteração - 06 – março – 2008

4.1.3 Tipo do Receptor - TRIMBLE 4000SSI
 Número de Série - 15060
 Versão do Firmware - 7.29
 Data de Instalação - 09 – outubro – 2001
 Data da Remoção - 16 – maio – 2007

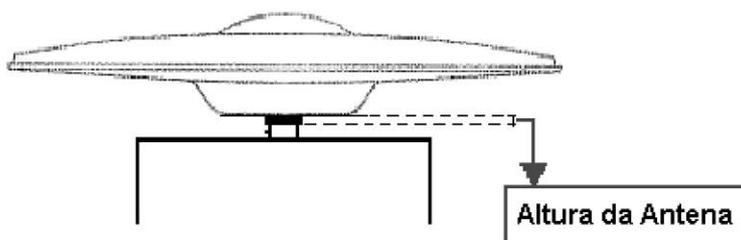
4.2 Antena

4.2.1 Tipo de Antena - ZEPHYR GEODETTIC (TRM 41249.00)
 Número de Série - 60177640
 Altura da Antena (m) - 0.0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena, conforme figura abaixo)
 Data de Instalação - 22 – agosto – 2007

4.2.2 Tipo de Antena - ZEPHYR GEODETTIC (TRM 41249.00)
 Número de Série - 60179296
 Altura da Antena (m) - 0.0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena, conforme figura abaixo)
 Data de Instalação - 17 – maio – 2007
 Data da Remoção - 09 – agosto – 2007

4.2.3 Tipo de Antena - DORNE MARGOLIN T
 Número de Série - 107991
 Altura da Antena (m) - 0.0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena, conforme figura abaixo)
 Data de Instalação - 09 – outubro – 2001
 Data da Remoção - 16 – maio – 2007

4.3 Esquema da Altura da Antena



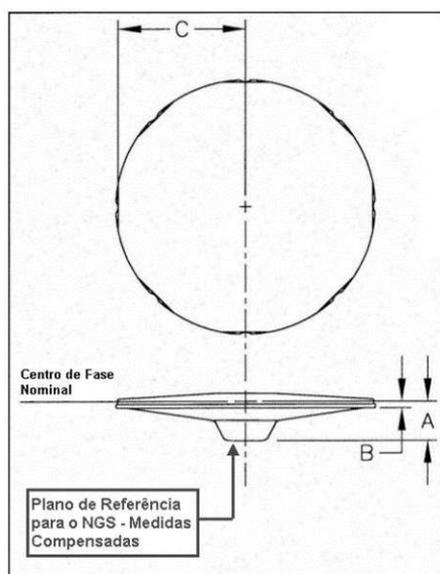

 Diretoria de Geociências
 Coordenação de Geodésia

 RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
 Relatório de Informação de Estação
 Estação Santa Maria - SMAR

4.4 Esquema da Antena

4.4.1 Esquema da Antena ZEPHYR GEODETTIC (TRM 41249.00)

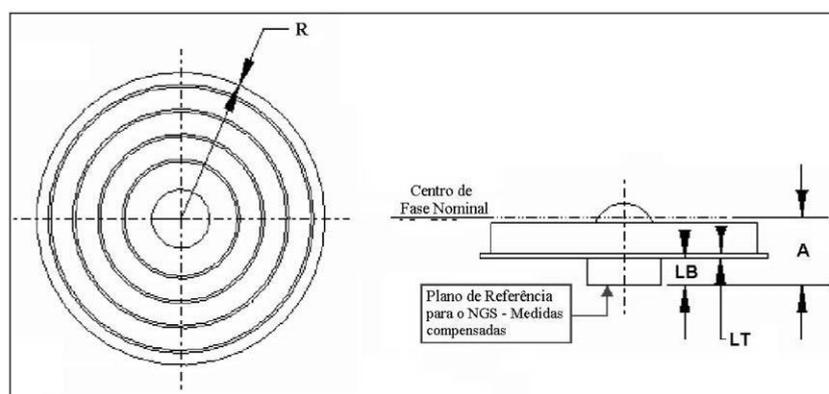
Diagrama do plano de referência da antena ZEPHYR™ GEODETTIC
 Identificação IGS: TRM 41249.00



Identificação	Dimensão (m)	Distância
A	0,0532	Distância da base da antena ao centro de fase nominal.
B	0,0089	Distância entre o centro de fase nominal e a marca do gancho.
C	0,1698	Distância do centro radial da antena a extremidade exterior do gancho.

4.4.2 Esquema da Antena DORNE MARGOLIN T (TRM 29659.00)

Diagrama do plano de referência da antena DORNE MARGOLIN T
 Identificação IGS: TRM 29659.00




 Diretoria de Geociências
 Coordenação de Geodésia

 RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
 Relatório de Informação de Estação
 Estação Santa Maria - SMAR

Identificação	Dimensão (m)	Distância
A	0,1100	Distância do plano de referência da antena ao centro de fase nominal da frequência L1
LB	0,0350	Distância do plano de referência da antena ao plano de referência Choke Ring
LT	0,0031	Espessura da antena
R	0,1905	Distância do centro radial da antena a extremidade exterior do prato.

Observação:

1. O centro de fase nominal é o plano de referência utilizado para corrigir a fase nas tabelas Trimble.
2. O fabricante informa que valor do centro de fase nominal não está relacionado com os valores de calibração relativa da antena estimado pelo NGS.
3. O NGS possui um projeto com o objetivo de fornecer um procedimento padrão e consistente na determinação dos valores do centro de fase e da variação do centro de fase (pvc)..
4. Calibrações de outras fontes não devem ser misturadas com os resultados do NGS.

5. Rede Local

Não estabelecida

6. Informações Complementares
6.1 - Para informações técnicas contatar:

Nome - IBGE/ DGC/ Coordenação de Geodésia
 Endereço - Av. Brasil, 15671, CEP 21241-051, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone - (21) 21 42 49 29
 Fax - (21) 21 42 48 59
 Home Page - www.ibge.gov.br
 Contato - rbmc@ibge.gov.br

6.2 - Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome - Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
 Endereço - Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
 Telefones - 0800 21 81 81
 Fax - (21) 21 42 49 33
 Contatos - ibge@ibge.gov.br

6.3 - Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

CEFET/ UNEDI - Centro Federal de Educação Tecnológica/ Imperatriz
 CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais
 CONDER - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
 DTCEA - Destacamento de Controle do Espaço Aéreo
 EAFI - Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes
 EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
 Exército Brasileiro - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército/ 4a. DL - Manaus
 FNMA - Fundo Nacional do Meio Ambiente
 IME - Instituto Militar de Engenharia
 INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
 INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Cuiabá e Euzébio
 Marinha do Brasil - Capitania dos Portos/ Bom Jesus da Lapa
 Pró Guaíba - Fundo Pró-Guaíba, Governo do estado do Rio Grande do Sul
 SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia
 UFPE - Universidade Federal de Pernambuco
 UFPR - Universidade Federal do Paraná
 UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Diretoria de Geociências
Coordenação de Geodésia

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
Estação Santa Maria - SMAR

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria
UFU - Universidade Federal de Uberlândia
UFV - Universidade Federal de Viçosa
UNESP - Universidade Estadual Paulista/ Campus de Presidente Prudente
UNIDERP - Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal
URCA - Fundação Universidade Regional do Cariri

ANEXO II

 RUA SERIMBURA, 320, Ed. COLUMBIA OFFICE SALA15, V. EMA, São Jose dos Campos, SP CEP: 12243-360 http://www.fotogeo.com.br	RASTREIO DE SATELITES GPS REGISTRO DE DADOS DE CAMPO
--	---

Contratante: Eletrobrás	Contrato n°: ECE-DAC-619/2010	Contrato n°	Folha N°:
Projeto: Interconexão Brasil - Uruguai	Obra n°:		
Estação: can01	Local: Rio Grande do Sul	Município: Candiota	UF: RS
	Data: 29/1/2011	Dia Juliano:	Operador: Marcelo / Rodrigo
RECEPTOR	Marca TRIMBLE	Modelo PRO-XR	N° de Serie
			Antena
		N° de Serie EXTERNA	Intervalos de registros: 5s

POSIÇÃO DA ESTAÇÃO				OBSERVAÇÕES
Coordenadas Geográficas	Latitude	Longitude	Altitude	
Inicial aproximada				
calculada	53° 43' 19,99" S	31° 32' 39,18" W	259,577	MC: 51° W
Coordenadas Planas	E	N	Z	
Inicial aproximada				Precisão: 0,6 m
calculada	241563,665	6506869,312	259,577	UTM / WGS-84 Fuso: 22S

CROQUIS LOCALIZAÇÃO

