



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL – SGM**

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

ÁREA TESTE NO PROJETO AEROGEOFÍSICO

SUDESTE DO MATO GROSSO

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

VOLUME I

TEXTO TÉCNICO, ANEXOS E MAPAS

**2012
LASA PROSPECÇÕES S.A.**



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Edison Lobão
Ministro

Márcio Pereira Zimmermann
Secretário Executivo

Cláudio Scliar
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor-Presidente

Roberto Ventura Santos
Diretor de Geologia e Recursos Minerais – DGM

Antonio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento – DRI

Thales de Queiros Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT

Eduardo Santa Helena da Silva
Diretor de Administração e Finanças – DAF

Reginaldo Alves dos Santos
Departamento de Geologia – DEGEO

Maria Laura Vereza de Azevedo
Divisão de Geofísica – DIGEOF

Ludwig Zellner
Assistente – DGM

João Batista Freitas de Andrade
Coordenador – DIGEOF

SUPERINTENDÊNCIA DE GOIÂNIA

Maria Abadia Camargo
Superintendente

Gilmar José Rizzoto
Gerência de Geologia e Recursos Minerais

FISCALIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE DADOS

Ludwig Zellner

REVISÃO E COMPATIBILIZAÇÃO GERAL DOS RESULTADOS OBTIDOS

Alexandre Lisboa Lago
Diogo Alves de Sordi
Marcus Chiarini

APRESENTAÇÃO

O conhecimento geológico/geofísico do território brasileiro é instrumento indispensável para o planejamento e a implementação das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável dos recursos minerais, petrolíferos e hídricos subterrâneos do país e, simultaneamente, fonte do imprescindível conhecimento do meio físico para execução de estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental do território nacional.

Este produto é mais uma ação do **Programa Geologia do Brasil – PGB**, que vem desenvolvendo trabalhos em todas as regiões geográficas do país e cujo objetivo é proporcionar o incremento do conhecimento geológico e hidrogeológico do território brasileiro, como parte do **Programa de Aceleração do Crescimento – PAC**.

É com esta premissa que a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, através da Divisão de Geofísica – DIGEOF do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral a **Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso**.

O desenvolvimento deste produto abrangeu uma área de 225 km² no Estado de Goiás. Os trabalhos nesta área foram realizados através do recobrimento de 1.053,75 km de perfis de alta resolução e foram realizados com os métodos gradiométrico-magnetométrico e gamaespectrométrico, com linhas de voo e controle espaçadas de 250 m e 2.500 m, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W.

ROBERTO VENTURA SANTOS
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O Governo Federal, através do Plano Plurianual 2004/2007 (PPA 2004-2007), definiu as políticas públicas setoriais dos seus diversos Ministérios por meio dos Programas e respectivas Ações, que foram mantidos e ampliados no PPA 2008-2011.

No âmbito do Ministério de Minas e Energia e sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM/MME), compete a CPRM – Serviço Geológico do Brasil o planejamento e a execução do *Programa Geologia do Brasil (PGB)*, tendo como uma de suas Ações a de Levantamentos Geofísicos.

Dentro do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2009/2010, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 19 de julho de 2011, celebrou com a LASA Prospecções S/A o contrato nº 032/PR/11 para executar o serviço de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos da *Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso*, o qual localiza-se na região centro-oeste do Brasil, na parte oeste do Estado de Goiás.

Para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a aeronave Cessna Caravan C-208B, prefixo PR-FAM, a qual realizou o projeto no período de 18/05/2012 a 21/05/2012, totalizando 1.053,75 km de perfis.

Como bases de operações para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a cidade de Aragarças (GO). Foram usados magnetômetros de bombeamento ótico de vapor de célio e gamaespectrômetros de 256 canais espectrais, bem como o sistema de navegação GPS com receptores de 12 canais com correção diferencial “*realtime*”.

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 4,43 horas de voo, que resultaram no levantamento efetivo de 1.053,75 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM - Serviço Geológico do Brasil em uma área de cerca de 225 km². O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de julho e agosto de 2012.

Os produtos finais da Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final, que consiste em volume único (Volume I – Texto Técnico, Anexos e Mapas), os quais incluem os seguintes temas apresentados sob a forma de mapas coloridos na escala de 1:50.000 em folha única:

- ❑ Escala 1:50.000 (Folha Única): Mapas de Pseudo-Iluminação do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Campo Total e Campo Total Realçado com o Gradiente Horizontal Total, Primeira Derivada Vertical e Primeira Derivada Vertical Realçado com o Gradiente Horizontal Total, Sinal Analítico Calculado e Medido), Mapas de Pseudo-Iluminação do Gradiente Horizontal (DX Medido, DY Medido e Total) e Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio, Tório, Razões eU/eTh, eU/K, eTh/K e Distribuição Ternária de Potássio, Urânio e Tório), mapas das razões eU/eTh, eU/K e eTh/K e Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno.

Complementando os produtos finais, estão sendo entregues os arquivos digitais referentes aos metadados, os arquivos de banco de dados GDB, os arquivos XYZ (perfis) e em malhas (*grids*), estes últimos no tamanho de 62,5 x 62,5m, ambos no formato *GEOSOFT*, como também os arquivos digitais de todos os mapas do projeto e o arquivo do texto, figuras e tabelas do Volume I do Relatório Final do Projeto no formato PDF, todos os arquivos estão gravados em CD-ROM.

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

ÁREA TESTE NO PROJETO AEROGEOFÍSICO

SUDESTE DO MATO GROSSO

VOLUME I - TEXTO TÉCNICO

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	AQUISIÇÃO DE DADOS	5
2.1	CARACTERÍSTICAS DO LEVANTAMENTO	5
2.2	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	5
2.2.1	Aeronave	6
2.2.2	Aeromagnetômetro	6
2.2.3	Aerogamaespectrômetro	7
2.2.4	Sistema de Vídeo	8
2.2.5	Altímetros (Radar Altímetro e Barômetro)	8
2.2.6	Sistema de Navegação e Posicionamento	8
2.2.7	Sistema de Aquisição	8
2.2.8	Magnetômetro Terrestre	10
2.3	PLANEJAMENTO E MOBILIZAÇÃO	10
2.3.1	Elaboração do Plano de Voo	10
2.3.2	Estatística das Operações	11
2.3.3	Mapa do Projeto de Voo	11
2.3.4	Testes dos Equipamentos	12
2.3.5	Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (<i>downward e upward</i>)	15
2.3.6	Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	16
2.3.7	Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i>	18
2.4	COMPILAÇÃO DE DADOS	19
2.5	EQUIPE TÉCNICA NA BASE DE OPERAÇÕES	19
3.	PROCESSAMENTO DE DADOS	20
3.1	FLUXO DE PROCESSAMENTO	20
3.1.1	Preparação do Banco de Dados do Levantamento	20
3.1.2	Processamento dos Dados Magnetométricos	20
3.1.2.1	Correção do Erro de Paralaxe	21
3.1.2.2	Remoção da Variação Magnética Diurna	22
3.1.2.3	Nivelamento dos Perfis	22

3.1.2.4	Micronivelamento dos Perfis-----	22
3.1.2.5	Remoção do IGRF-----	23
3.1.3	Processamento dos Dados Gradiométricos -----	23
3.1.3.1	Cálculo dos Gradientes-----	23
3.1.3.2	Normalização das Linhas por Direção-----	24
3.1.3.3	Ajuste de Nível dos Perfis Gradiométricos -----	24
3.1.3.4	Micronivelamento dos Perfis Gradiométricos-----	25
3.1.4	Processamento dos Dados Gamaespectrométricos -----	25
3.1.4.1	Correção do Tempo Morto-----	25
3.1.4.2	Aplicação de Filtragem-----	25
3.1.4.3	Correção do Erro de Paralaxe -----	25
3.1.4.4	Cálculo da Altura Efetiva (h_e) de Voo-----	25
3.1.4.5	Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico-----	26
3.1.4.6	Remoção do <i>Background</i> do Radônio-----	26
3.1.4.7	Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> (a_1 e a_2)-----	27
3.1.4.8	Correção do Efeito <i>Compton</i> -----	28
3.1.4.9	Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica) -----	28
3.1.4.10	Conversão para Concentração de Elementos -----	29
3.1.4.11	Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K -----	30
3.2	INTERPOLAÇÃO E CONTORNO -----	31
3.3	ARQUIVO FINAL DE DADOS -----	31
3.4	EQUIPE ENVOLVIDA NO PROCESSAMENTO DOS DADOS -----	32
4.	PRODUTOS FINAIS-----	35
4.1	MAPAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL E DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (REDUZIDOS DO IGRF) -----	37
4.2	MAPAS DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL E DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (REDUZIDOS DO IGRF) -----	39
4.3	MAPAS DO SINAL ANALÍTICO CALCULADO (FFT) E DO SINAL ANALÍTICO MEDIDO -----	41
4.4	MAPAS DOS GRADIENTES HORIZONTAIS DX MEDIDO, DY MEDIDO E TOTAL -----	43
4.5	MAPAS RADIOMÉTRICOS DOS CANAIS DE POTÁSSIO, URÂNIO, TÓRIO E CONTAGEM TOTAL -----	46
4.6	MAPA RADIOMÉTRICO TERNÁRIO-----	47
4.7	MAPAS DAS RAZÕES RADIOMÉTRICAS eU/eTh, eU/K e eTh/K-----	48
4.8	MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO -----	49
4.9	MAPA DE TRAÇO DE LINHAS DE VOO-----	49
4.10	RELATÓRIO FINAL -----	50
4.11	ARQUIVOS DIGITAIS FINAIS-----	50
4.12	PRODUTOS ORIGINAIS -----	54
5.	PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL -----	55
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	56

ANEXOS

ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO GAMAESPECTRÔMETRO

ANEXO I-a – Resultado dos Testes da Resolução dos Cristais Detectores (*Downward e Upward*)

ANEXO I-b – Resultado do Teste dos Coeficientes de Espalhamento *COMPTON*

ANEXO I-c – Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico

ANEXO I-d – Determinação das Constantes de Calibração do Radônio

ANEXO I-e – Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes

ANEXO I-f – Atenuação Atmosférica – Resultados dos Testes

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Altimetros

Anexo II-b – Compensação Magnética

Anexo II-c – Teste de Paralaxe

ANEXO III – QUADRO SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO

ANEXO IV – CONTEÚDO DOS CD-ROMs

ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO

ANEXO VI – LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS NO PROCESSAMENTO

ANEXO VII – MAPAS

ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO AEROGEOFÍSICO.	1
FIGURA 2 – VÉRTICES DO PROJETO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.	3
FIGURA 3 – AERONAVE CESSNA CARAVAN C208-B – PR-FAM.	4
FIGURA 4 – POSIÇÃO DOS SENSORES MAGNETOMÉTRICOS.	6
FIGURA 5 – GAMAESPECTRÔMETRO RADIATION SOLUTION RS-500.	7
FIGURA 6 – MAPA DAS LINHAS DE VOO.	11
FIGURA 7 – MOVIMENTOS DE <i>ROLL</i> , <i>PITCH</i> E <i>YAW</i>	12
FIGURA 8 – DISPOSIÇÃO DOS SENSORES MAGNETOMÉTRICOS.	24
FIGURA 9 – PARÂMETROS UTILIZADOS NO OASIS PARA DETERMINAÇÃO DAS RAZÕES.	31
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DE DADOS.	33
FIGURA 11 – FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DE DADOS GRADIOMÉTRICOS.	34
FIGURA 12 – MAPA PSEUDO-ILUMINADO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL E CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (AZIMUTE DA FONTE LUMINOSA: 45°; INCLINAÇÃO: 45°)	38
FIGURA 13 – MAPA DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL E DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (REDUZIDOS DO IGRF). (AZIMUTE DA FONTE LUMINOSA: 45°; INCLINAÇÃO: 45°)	40
FIGURA 14 – MAPA DO SINAL ANALÍTICO CALCULADO (FFT) E DO SINAL ANALÍTICO MEDIDO. (AZIMUTE DA FONTE LUMINOSA: 45°; INCLINAÇÃO: 45°)	42
FIGURA 15 – GRADIENTE HORIZONTAL DX MEDIDO.	43
FIGURA 16 – GRADIENTE HORIZONTAL DY MEDIDO.	44
FIGURA 17 – GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL.	45
FIGURA 18 – MAPA RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.	46
FIGURA 19 – MAPA RADIOMÉTRICO TERNÁRIO (K-U-Th) – (<i>CMY INVERTIDO</i>).	47
FIGURA 20 – MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.	48
FIGURA 21 – MAPA PSEUDO-ILUMINADO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO.	49

ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA 1 – COORDENADAS DO PROJETO (WGS84).	3
TABELA 2 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.	5
TABELA 3 – FAIXAS ENERGÉTICAS E OS CANAIS CORRESPONDENTES.	7
TABELA 4 – AMOSTRAGEM - GAMAESPECTROMETRIA.	7
TABELA 5 – RADAR ALTÍMETRO E BARÔMETROS EMPREGADOS.	8
TABELA 6 – VARIÁVEIS DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO.	9
TABELA 7 – TESTES DE MANOBRAS – AERONAVE PR-FAM.	13
TABELA 8 – TESTES DIÁRIOS COM AMOSTRAS RADIOATIVAS NO SOLO – AERONAVE PR-FAM.	14
TABELA 9 – TESTES DIÁRIOS DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA – PR-FAM.	15
TABELA 10 – CONCENTRAÇÃO DOS TANQUES DE CALIBRAÇÃO TRANSPORTÁVEIS.	16
TABELA 11 – COEFICIENTES DE ESPALHAMENTO <i>COMPTON</i>	17
TABELA 12 – <i>BACKGROUND</i> DA AERONAVE E <i>COSMIC STRIPPING RATIOS</i>	18
TABELA 13 – VALORES DA CORREÇÃO DE PARALAXE APLICADOS.	21
TABELA 14 – DISTÂNCIA ENTRE OS SENSORES.	23
TABELA 15 – CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO.	27
TABELA 16 – COEFICIENTES <i>SKYSHINE</i>	28
TABELA 17 – COEFICIENTES DE ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA.	29
TABELA 18 – COEFICIENTES DE SENSIBILIDADE.	30
TABELA 19 – VALORES MÍNIMOS PARA CÁLCULO DAS RAZÕES RADIOMÉTRICAS.	30
TABELA 20 – CARACTERÍSTICAS DA APRESENTAÇÃO DOS MAPAS AEROGEOFÍSICOS.	35
TABELA 21 – CARACTERÍSTICAS DOS INTERVALOS DE CONTORNO DOS MAPAS AEROGEOFÍSICOS.	36
TABELA 22 – BANCO DE DADOS <i>GEOSOFT</i> (GDB) – MAGNETOMETRIA.	51
TABELA 23 – BANCO DE DADOS <i>GEOSOFT</i> (GDB) – GAMAESPECTROMETRIA.	52
TABELA 24 – BANCO DE DADOS <i>GEOSOFT</i> (GDB) – GAMAESPECTROMETRIA 256 CANAIS.	53
TABELA 25 – ARQUIVO DE CRUZAMENTOS XYZ – MAGNETOMETRIA.	53

1. INTRODUÇÃO

A Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso, abrangeu uma pequena parte na mesoregião noroeste do estado de Goiás, microregião de Rio Vermelho, município de Faina, conforme mostram as Figura 1 e Figura 2.



Figura 1 – Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.

Este projeto foi um aditivo ao contrato 032/PR/11, Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso e consistiu de levantamento aerogeofísico magnetométrico gradimétrico e gamaespectrométrico com recobrimento de 1.053,75 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de voo e controle espaçadas de 250 m e 2.500 m, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada. A altura de voo foi fixada em 100 m sobre o terreno.

Uma equipe participou do levantamento, utilizando a aeronave Cessna Caravan C-208B prefixo PR-FAM.

O quadro abaixo mostra a quilometragem produzida pela aeronave.

AERONAVE	INÍCIO	FINAL	LINHAS DE VOO (km)	LINHAS DE CONTROLE (km)	TOTAL (km)
PR-FAM	18/Mai/12	21/Mai/12	945,50	108,25	1.053,75

A equipe utilizou como base de operações a cidade de Aragarças no estado de Goiás.

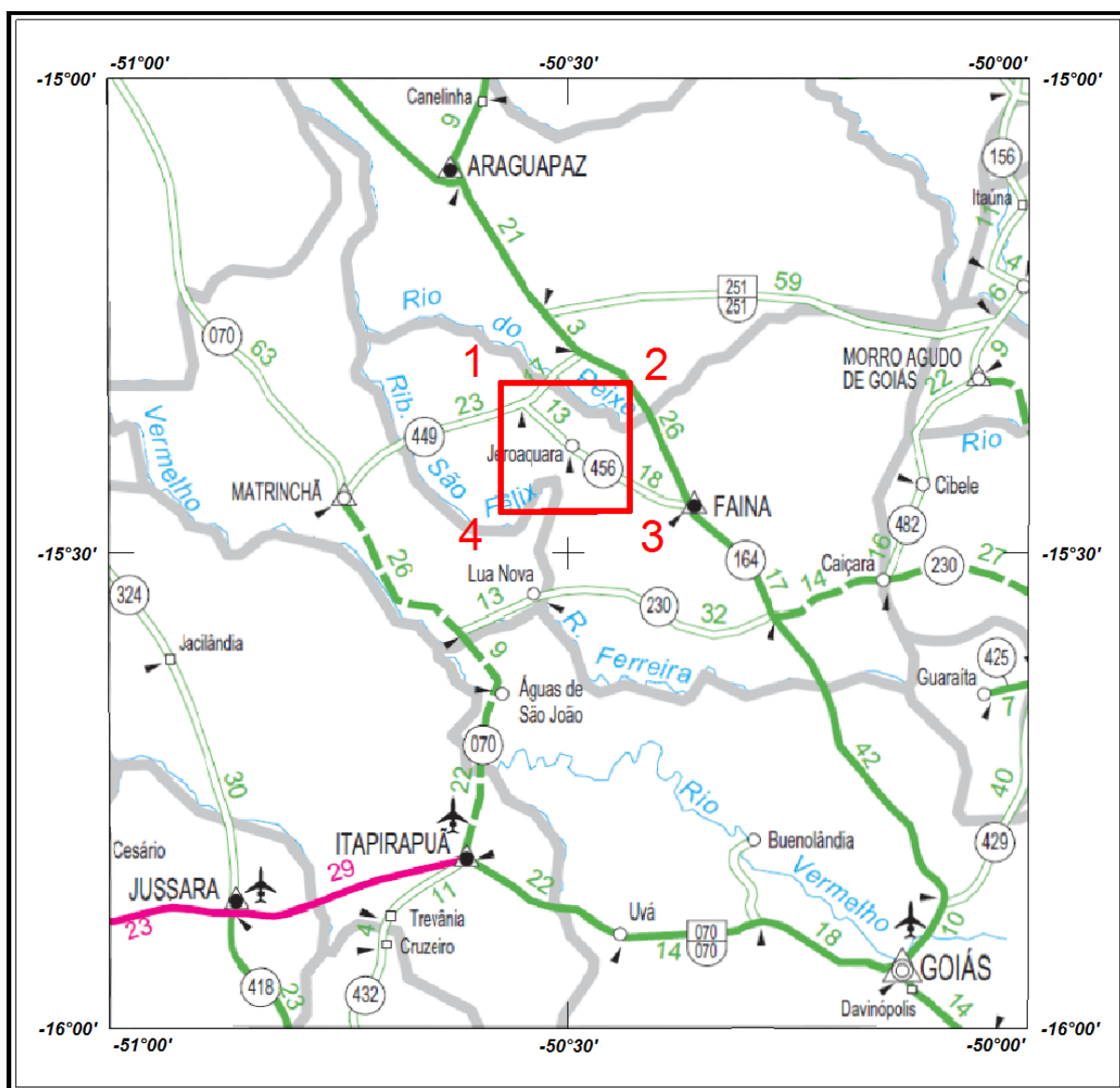


Figura 2 – Vértices do Projeto e Localização da Área.

Tabela 1 – Coordenadas do Projeto (WGS84).

Vértice	Este	Norte	Longitude	Latitude
	(UTM Zona 22 Sul)			
1	545744	8306170	-50°34'26"	-15°19'14"
2	560744	8306170	-50°26'03"	-15°19'13"
3	560744	8291170	-50°26'02"	-15°27'21"
4	545744	8291170	-50°34'25"	-15°27'22"

Foi utilizada a seguinte aeronave para a execução deste projeto: Cessna Caravan C208-B, prefixo PR-FAM. A Figura a seguir ilustra a aeronave utilizada no projeto.



Figura 3 – Aeronave Cessna Caravan C208-B – PR-FAM.

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita a seguir.

Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras do aeromagnetômetro por segundo e as leituras dos gamaespectrômetros corresponderam a uma amostragem por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélite GPS, de precisão melhor do que 5 m. Estações fixas para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foram instaladas na base de operações utilizada durante o levantamento na cidade de Aragarças (GO).

A calibração do sistema detector aerogamaespectrométrico foi realizada em duas etapas: a primeira, estática, com emprego de fontes padronizadas (tanques de calibração transportáveis ou *transportable calibration pads* para o *background*, potássio, urânio e tório), foi conduzida no aeroporto de Jacarepaguá, Rio de Janeiro (RJ). A calibração dinâmica foi executada na região de Maricá (RJ), sobre a pista de calibração dinâmica (*Dynamic Calibration Range - DCR*) que resultou de levantamento terrestre.

O processamento dos dados foi desenvolvido no escritório sede da LASA Prospecções S.A., no Rio de Janeiro, e envolveu a aplicação das rotinas do sistema Oasis Montaj, versão 7.5, utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas na escala 1:50.000, arquivos de banco de dados e *grids*.

2. AQUISIÇÃO DE DADOS

2.1 CARACTERÍSTICAS DO LEVANTAMENTO

Os parâmetros que definiram a execução do levantamento são descritos, resumidamente, a seguir:

- Direção das linhas de voo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de voo: 250 m
- Direção das linhas de controle: E-W
- Espaçamento entre as linhas de controle: 2.500 m
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,1 s (magnetômetro) e 1,0 s (gamaespectrômetro).
- Altura média de voo: 100 m
- Velocidade aproximada de voo e espaçamento entre amostras (1s):
 - PR-FAM: 240 km/h 67 m

2.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

A Tabela 2, a seguir, apresenta os equipamentos utilizados pela aeronave durante a execução da Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso.

Tabela 2 – Equipamentos Utilizados.

Prefixo da Aeronave	PR-FAM
Fabricante da Aeronave	Cessna
Modelo da Aeronave	Caravan 208B
Aeromagnetômetro	Scintrex CS-3
Gamaespectrômetro	Radiation Solution RS-500
Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio	2.048 pol ³ <i>down</i> e 512 pol ³ <i>up</i>
Sistema de Navegação	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”
Sistema de Aquisição GPS	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”
Câmera de Vídeo	Panasonic WV-CL302
Radar Altimetro	Collins ALT-50
Altimetro Barométrico	Fugro/Enviro
Magnetômetro Terrestre	GEM Systems GSM-19
Sistema de Aquisição	FASDAS

2.2.1 Aeronave

O levantamento foi efetuado pela aeronave Cessna modelo CARAVAN C-208B prefixo PR-FAM.

O Cessna, modelo 208 – Grand Caravan é uma aeronave turbo-hélice, monomotor, de asa alta e trem de pouso fixo, equipada com turbina Pratt & Whitney, PT6A-114, de 675 SHP. Opera a uma velocidade média de 240 km/h e possui autonomia de 6:30 h.

2.2.2 Aeromagnetômetro

Sistema aeromagnético gradiométrico acoplado a três sensores de vapor de césio montados nas extremidades das asas e na cauda (tipo *stinger*) da aeronave (Figura 4). O sinal é recebido através de pré-amplificadores, localizado na base do cone de cauda da aeronave e nas extremidades das asas. Os sinais são enviados ao sistema compensador e integrados aos outros dados pelo sistema de aquisição FASDAS:

Sensor:	Scintrex CS-3
Resolução:	0,001 nT
Faixa:	20.000 – 95.000 nT
Montagem:	<i>Stinger</i>

As leituras do magnetômetro são realizadas a cada 0,1 segundo o que equivale a uma amostragem linear de 6,7m:

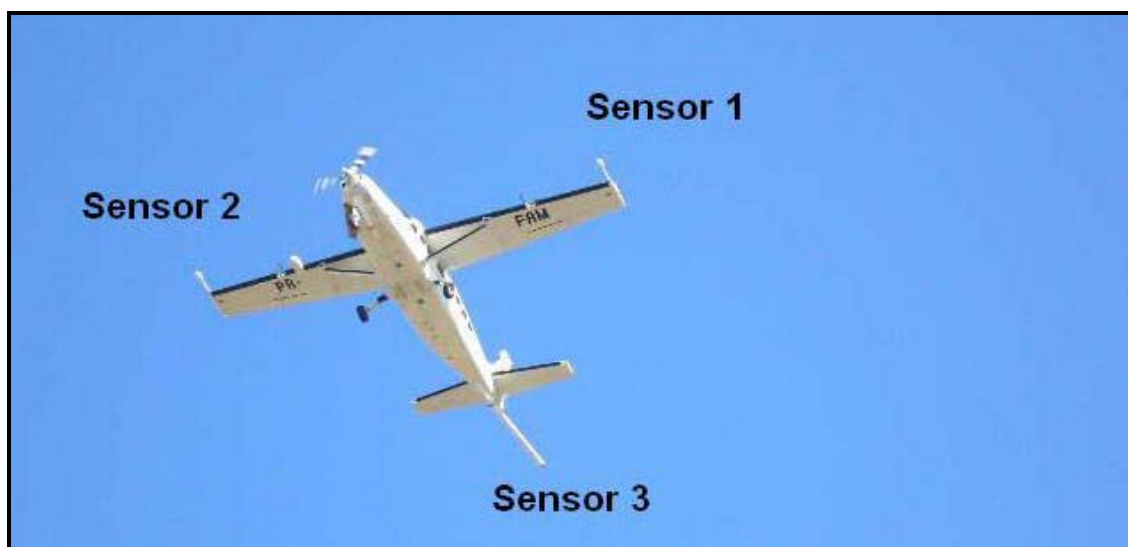


Figura 4 – Posição dos Sensores Magnetométricos.

2.2.3 Aerogamaespectrômetro

Foi utilizado o gamaespectrômetro Radiation Solution RS-500. O gamaespectrômetro possui 256 canais espectrais, onde o espectro de cada um dos cristais detectores é analisado individualmente para determinação precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. Uma correção linear é aplicada individualmente a cada cristal, mantendo o espectro permanentemente alinhado. As radiações gama detectadas são somadas e as leituras reduzidas a uma única saída de 256 canais espectrais.

A correspondência entre as janelas dos gamaespectrômetros e as respectivas faixas de energia é mostrada na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 – Faixas Energéticas e os Canais Correspondentes.

Canal Radiométrico	Faixa de Energia (MeV)		Canais Correspondentes	
Contagem Total	0,41	2,81	34	233
Potássio	1,37	1,57	115	131
Urânio	1,66	1,86	139	155
Tório	2,41	2,81	202	233
Cósmico	3,00	∞	256	-

As leituras dos gamaespectrômetros são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Amostragem - Gamaespectrometria.

Aeronave	Amostragem a cada:
PR-FAM	67 m



Figura 5 – Gamaespectrômetro Radiation Solution RS-500.

2.2.4 Sistema de Vídeo

A aeronave utiliza-se de sistema de vídeo constituído por câmera de alta definição acoplada a gravador. Um monitor está disponível na cabine para visualização em tempo real. A câmera é instalada em janela especialmente projetada no piso da aeronave para permitir completa visibilidade do terreno, através de lentes de grande angular. O sistema de aquisição de dados possibilita a gravação do número do voo, número da linha e valores das fiduciais nas imagens de vídeo coletadas.

2.2.5 Altímetros (Radar Altímetro e Barômetro)

A altura de voo da aeronave foi monitorada através do altímetro de radar e do barômetro de precisão incluídos no sistema aerogeofísico. Todos os equipamentos apresentam precisão de 5 pés e alcance de 2.500 pés. O barômetro é um transdutor de pressão que registra a altitude de voo em relação ao nível do mar. O barômetro utilizado apresenta precisão e alcance equivalente a do radar altímetro. A Tabela 5 a seguir apresenta os equipamentos utilizados pela aeronave.

Tabela 5 – Radar Altímetro e Barômetros Empregados.

Aeronave	Radar Altímetro	Barômetro
PR-FAM	Collins ALT-50	Fugro/Enviro

2.2.6 Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação da aeronave foi efetuada por sistema GPS de 12 canais, com correção em tempo real (“*Realtime*”).

As informações de posicionamento são processadas pelo respectivo sistema de aquisição de dados e enviada ao computador de navegação, ficando disponíveis ao piloto através de indicadores analógicos e da tela do computador.

As coordenadas GPS (latitude/longitude) são armazenadas nos sistemas de aquisição de dados da aeronave e transferida ao escritório de campo já corrigidas diferencialmente.

2.2.7 Sistema de Aquisição

O computador do sistema de aquisição de dados é a principal unidade dos sistemas instalados a bordo da aeronave. Todos os dados adquiridos são gerenciados e armazenados em disco rígido para posterior transferência para os computadores de processamento, bem como o *backup* dos dados.

O formato de gravação dos dados a bordo da aeronave comporta as seguintes informações (Tabela 6):

Tabela 6 – Variáveis do Sistema de Aquisição.

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	Fiducial	-
1	Número da Linha	-
10	Campo magnético compensado	nT
10	Campo magnético bruto	nT
10	Componente X <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Y <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Z <i>fluxgate</i>	mV
1	Radar altímetro	μV
1	Temperatura	μV
1	Barômetro	μV
1	Temperatura	°C
1	Altura de voo	ft
1	Altitude barométrica	ft
1	Horário UTC (GPS)	s
1	Latitude (GPS)	Graus decimais
1	Longitude (GPS)	Graus decimais
1	Qualidade da correção GPS	-
1	Número de satélites	-
1	<i>Horizontal Dilution of Precision</i>	-
1	Altitude (GPS)	m
1	Código de erro do gamaespectrômetro	-
1	Número de detectores <i>Down</i>	-
1	Número de detectores <i>Up</i>	-
1	<i>Sample Time</i>	ms
1	<i>Live Time</i>	ms
1	Radiação cósmica	cps
1	Resolução do sistema	-
1	Contagem Total	cps
1	Potássio	cps
1	Urânio	cps
1	Tório	cps
1	Urânio <i>Up</i>	cps
1	256 canais <i>Down</i>	cps
1	256 canais <i>Up</i>	cps

2.2.8 Magnetômetro Terrestre

Para controle diário das variações do campo magnético terrestre foi utilizado magnetômetro portátil GEM, modelo GSM-19 de resolução de 0,1 nT com envoltória de ruídos em nível equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a intervalos de 1 segundo e armazenadas na memória do próprio equipamento.

O magnetômetro foi instalado no aeroporto de Aragarças (GO) em local de gradiente magnético suave, livre de objetos móveis e de interferência cultural.

Ao término de cada jornada de produção, os arquivos contendo os dados da variação diurna foram transferidos para os computadores instalados nas bases de campo para uso no pré-processamento.

2.3 PLANEJAMENTO E MOBILIZAÇÃO

Nesta fase foram estabelecidas as diretrizes básicas para a execução de todas as etapas envolvidas na operação, quais sejam:

- Seleção da base de operações, instalada na cidade de Aragarças (GO);
- Obtenção da autorização do aerolevante junto ao Ministério da Defesa;
- Preparação do plano de voo e obtenção dos materiais necessários ao levantamento;
- Ajuste dos equipamentos às especificações contratuais;
- Realização dos testes pré-levantamento previstos contratualmente.

O levantamento recebeu do Ministério da Defesa a autorização de nº 138/2011/MD de 28/07/2011.

2.3.1 Elaboração do Plano de Voo

Para a cobertura completa da área teste relativa ao Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso, foram programadas 61 linhas de voo (945,50 km) e 7 linhas de controle (108,25 km), totalizando 1.053,75 km de perfis geofísicos planejados. A Figura 6 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

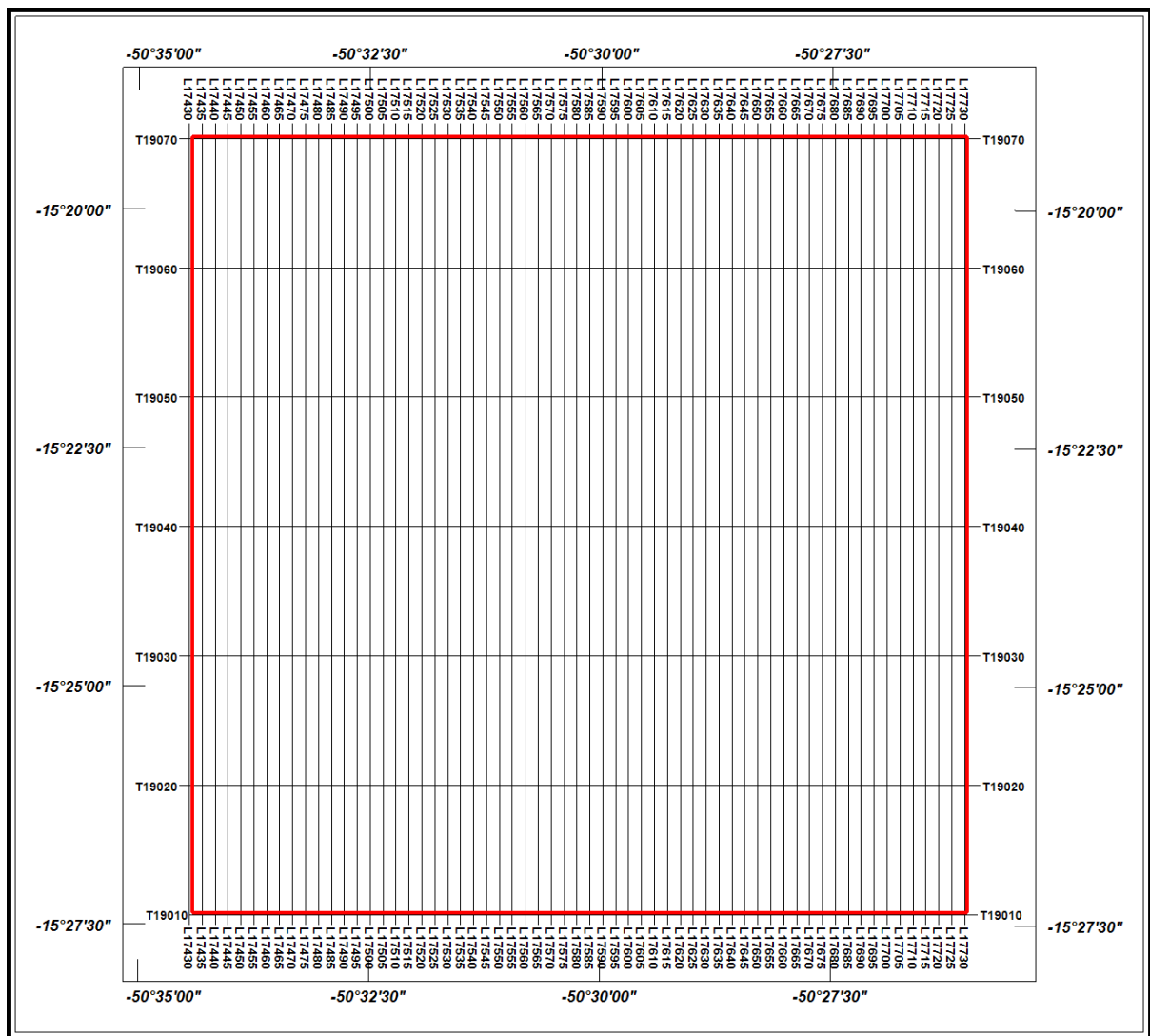


Figura 6 – Mapa das Linhas de Voo.

2.3.2 Estatística das Operações

A Área Teste do Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso foi executado entre 18/05/2012 e 21/05/2012, totalizando 5 dias corridos. Foram gastas cerca de 4,43 horas de voo produtivo para a aquisição dos dados e testes

2.3.3 Mapa do Projeto de Voo

O mapa do projeto de voo foi obtido analiticamente, sendo determinadas, por cálculo, as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de voo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 250 m para as linhas de voo e 2.500 m para as linhas de controle.

As coordenadas dos limites da área, assim como dos extremos dos perfis, foram projetados no sistema WGS-84.

2.3.4 Testes dos Equipamentos

a) Teste Altimétrico

Teste conduzido antes do início das operações para calibração do radar altímetro a bordo da aeronave. Neste teste a aeronave realiza passagens consecutivas sobre uma base de altitude conhecida, altitude 100 m voando em alturas entre 300 e 800 pés, tendo como referência as leituras fornecidas pelo barômetro nas passagens sobre a pista. Antes da decolagem o piloto ajusta a indicação da pressão barométrica na cabine da aeronave para aferição do barômetro. O resultado do teste encontram-se no Anexo II-a.

b) Compensação Magnética Dinâmica

A base da compensação é a eliminação do ruído induzido pelo movimento da aeronave nas medições do campo magnético terrestre realizadas a bordo. Este ruído é proveniente da complexa assinatura magnética tridimensional da plataforma que, com a mudança de atitude em relação ao vetor campo magnético terrestre, altera a intensidade deste. O ruído é proveniente das magnetizações permanentes, induzidas e dos efeitos da corrente de *Eddy* da plataforma, acrescidos dos efeitos de orientação do sensor propriamente.

O procedimento de compensação consiste na determinação de quatro conjuntos de coeficientes, cada qual determinado para uma das direções de voo no levantamento.

Os efeitos produzidos em cada uma das direções de voo são medidos pelos magnetômetros *fluxgate*, instalados no *stinger* de cada aeronave e usados para medir o acoplamento dos três eixos com o *background* do campo magnético na região. Os sensores *fluxgate* são muito sensíveis às mudanças de atitude sendo usados para monitorar acuradamente os efeitos decorrentes de tais mudanças. A resposta de frequência e amostragem do módulo utilizado para medir os sinais do *fluxgate* é equivalente ao do módulo de processamento do sensor de vapor de césio do magnetômetro da aeronave, havendo, portanto, perfeita sincronia dos eventos nos dois sistemas.

As séries de movimentos, envolvendo as manobras do tipo *Roll*, *Pitch* e *Yaw* (Figura 7) são conduzidas para cada uma das direções de voo do levantamento, com o objetivo de variar o acoplamento *fluxgate*/vetor campo, e acumular medições ao longo das diferentes manobras e direções. Estes dados são então processados com técnicas de regressão para determinar um conjunto de coeficientes de compensação do sistema.

Quando o algoritmo de compensação é inicializado com os novos coeficientes introduzidos, seja em tempo real ou via pós-processamento, resultam nos dados magnéticos compensados.

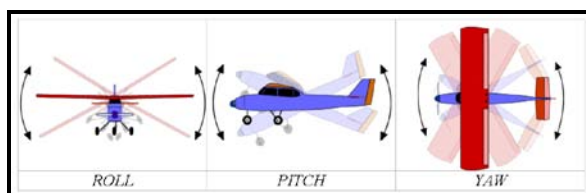


Figura 7 – Movimentos de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*.

O sistema de aquisição possui em sua programação *software* especialmente desenvolvido para efetuar os cálculos da compensação magnética *on line*, ou seja, os sistemas recebem os dados enviados pelo magnetômetro *fluxgate* durante as manobras de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*, armazenam a equação com a melhor solução de compensação aplicando estes coeficientes obtidos em X, Y e Z ao valor do campo magnético bruto produzindo, então, o campo magnético compensado, livre dos efeitos de “manobras” que venham a interferir na medida do campo magnético.

c) Determinação dos Coeficientes de Compensação Magnética

As manobras de compensação são conduzidas à altitude de 10.000 pés, em uma área de gradiente magnético suave. Os movimentos *Roll*, *Pitch* e *Yaw* regulam segundo ângulos de 10° a 12° e duração de 30 segundos cada. Cada conjunto de manobras obedece às diferentes direções dos perfis do projeto, assim como ângulos intermediários da ordem de 15 graus em torno daquela direção, de modo que sejam efetuados pelo menos três conjuntos de manobras para cada rumo.

Para avaliação da qualidade da compensação magnética da aeronave foram realizados os testes do tipo Manobras, antes do início das operações e após cada manutenção efetuada na parte elétrica da aeronave. O desempenho do sistema aeromagnético, determinado pela soma das amplitudes pico a pico dos doze registros, não poderá exceder a 2 nT após a correção da variação diurna. Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 7 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

Tabela 7 – Testes de Manobras – Aeronave PR-FAM.

SENSOR	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
SENSOR 1 ASA ESQUERDA	90°	0,04	0,07	0,04	0,15
	180°	0,06	0,05	0,06	0,17
	270°	0,07	0,11	0,06	0,24
	360°	0,06	0,05	0,04	0,15
Somatório					0,71
SENSOR	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
SENSOR 2 ASA DIREITA	90°	0,05	0,07	0,04	0,16
	180°	0,05	0,04	0,05	0,14
	270°	0,04	0,03	0,03	0,10
	360°	0,04	0,03	0,03	0,10
Somatório					0,50
SENSOR	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
SENSOR 3 CAUDA	90°	0,03	0,03	0,03	0,09
	180°	0,03	0,03	0,03	0,09
	270°	0,02	0,02	0,02	0,06
	360°	0,03	0,02	0,03	0,08
Somatório					0,32

d) Teste de Paralaxe

O processamento dos dados brutos do magnetômetro de césio pelo sistema de aquisição da aeronave introduz um retardamento de tempo nos dados magnéticos compensados. Uma linha especial de calibração é executada para gravar as informações necessárias para quantificar este intervalo de tempo para que os dados possam ser re-sincronizados.

O processo de calibração consiste em voar uma mesma linha em sentidos opostos cobrindo, idealmente, uma série de anomalias magnéticas bem características e distintas. Em consequência, o fator de defasagem é determinado pela análise da separação espacial. A componente que normalmente influencia no comportamento do erro paralaxe, é a posição da antena do receptor GPS.

Quando o erro paralaxe é introduzido pelo sistema de aquisição de dados, uma vez que alguns instrumentos necessitam de um tempo para armazenar os sinais na forma digital, ocorre então atrasos entre o tempo da amostragem e o tempo da gravação propriamente dito, resultando num valor do paralaxe com sinal oposto ao produzido pela diferença de posição entre a antena GPS e o sensor magnetométrico.

Os dados magnetométricos desta linha voada em sentidos inversos são representados em formas de perfis empilhados. O eixo horizontal dos perfis plotados refere-se às coordenadas geográficas mostrando, assim, a correlação das anomalias corrigidas independentemente do sentido voado. A calibração resultou em um fator de defasagem de 0,3 segundos para o sensor de cauda. Os testes são apresentados no Anexo II-c.

e) Teste com Amostras Radioativas no Solo

Com vistas a controlar o comportamento do desempenho do sistema gamaespectrométrico dos cristais voltados para baixo, testes com amostras de mão de urânio e tório são realizados antes do início e após os voos operacionais. As amostras são colocadas sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave estacionada no mesmo local. A Tabela 8 apresenta os resultados desse teste.

Tabela 8 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PR-FAM.

Base: Aragarças (GO)		Aeronave: PR-FAM		
DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
18-mai-12	INÍCIO	172	102,05	41,70
	FIM		105,15	41,05
19-mai-12	INÍCIO	173/174	101,91	51,42
	FIM		109,25	47,21
20-mai-12	INÍCIO	175/176	106,07	45,70
	FIM		108,49	48,51
21-mai-12	INÍCIO	177	104,24	45,25
	FIM		108,46	48,80

d) Teste de Repetibilidade Radioativa

Estes testes foram realizados diariamente com a finalidade de verificar a repetibilidade e a consistência das medições dos equipamentos geofísicos, tendo sido registrados na forma digital e analógica.

Consistem na perfilagem sobre um mesmo segmento de linha, no início e no fim de cada voo, com extensão mínima de 5 km, ao longo da pista de pouso do aeroporto utilizado para as operações, na altura do levantamento (100 m).

Para efeito de avaliação foram comparados os perfis magnetométricos e radiométricos entre os testes iniciais e finais de cada voo.

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico, estão relacionados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativa – PR-FAM.

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Aragarças (GO)		Aeronave: PR-FAM		
DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
18-mai-12	INÍCIO	172	-	-
	FIM		58,39	54,77
19-mai-12	INÍCIO	173	57,37	55,80
	FIM		55,64	57,87
19-mai-12	INÍCIO	174	-	-
	FIM		57,26	54,95
20-mai-12	INÍCIO	175	-	-
	FIM		56,30	64,13
20-mai-12	INÍCIO	176	-	-
	FIM		56,91	66,02
21-mai-12	INÍCIO	177	60,11	58,40
	FIM		58,46	62,09

2.3.5 Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (*downward e upward*)

A resolução é a medida da precisão da energia dos raios gama registrados pelo gamaespectrômetro, a qual é representada pelo cálculo matemático em relação a um elemento radioativo de referência.

Para os atuais gamaespectrômetros auto-estabilizados, costuma-se usar o espectro do tório (^{208}Tl) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para baixo” (*downward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol³) quanto para os “pacotes” ou “caixas” de 1024 pol³ cada, bem como o espectro do cério (^{137}Cs) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para cima” (*upward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol³) quanto para o “pacote” ou “caixa” de 512 pol³ no caso deste projeto.

O procedimento para medir a resolução consiste em determinar as amplitudes a partir do fotopico do tório ou do cézio, respectivamente. A largura do pico (medida como número de canais) na metade da amplitude máxima pode ser determinada. Esta largura é definida como *full width at half maximum* ou *FWHM*. A resolução é calculada (GRASTY & MINTY, 1995) como a seguir:

$$R(\%) = 100 \times FWHM \text{ (canais)} / \text{canal do fotopico}$$

A resolução também pode ser obtida a partir dos referidos elementos, porém utilizando o cálculo a partir das faixas de energia do espectro em vez do número de canais, conforme a equação a seguir (IAEA, 2003):

$$R(\%) = 100 \times FWHM \text{ (energia)} / \text{energia do fotopico}$$

A resolução calculada a partir do tório deve ser menor que 7% e a resolução a partir do cézio deve ser menor que 12%. O monitoramento da resolução do cristal e do tubo fotomultiplicador é o melhor procedimento para se manter o controle de qualidade e detectar qualquer tipo de deterioração do sistema gamaespectrométrico. Os valores de resolução obtidos para os pacotes de cristais detectores *downward looking* ficaram abaixo de 7% e para os cristais detectores *upward looking* ficaram abaixo de 12%, sendo, portanto estes testes aprovados. Os resultados dos testes de resolução encontram-se no Anexo I-a.

2.3.6 Calibração dos Detectores *Downward Looking*

Foram realizados testes gamaespectrométricos específicos objetivando a calibração dos sistemas detectores da aeronave. Essas calibrações obedeceram a duas etapas distintas:

- Calibração estática - Realizada no Aeroporto de Jacarepaguá (RJ). Após a determinação e aprovação dos cálculos da resolução dos cristais detectores *down* e *up* são realizados os testes que visam à determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton* do sistema detector. Para tal, 4 (quatro) tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio (^{40}K), urânio (^{238}U), tório (^{232}Th) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração transportáveis utilizados, de propriedade da LASA Prospeções S.A., estão indicadas na Tabela 10:

Tabela 10 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.

FONTE PADRÃO	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
<i>Background</i>	1,41 ± 0,01	0,97 ± 0,03	2,26 ± 0,10
Potássio	8,71 ± 0,09	0,32 ± 0,02	0,74 ± 0,10
Urânio	1,34 ± 0,02	52,9 ± 1,00	3,40 ± 0,14
Tório	1,34 ± 0,02	2,96 ± 0,06	136,0 ± 2,10

Para a determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton*, a aeronave foi estacionada sobre os tanques de calibração transportáveis que foram sequencialmente posicionados sob cada pacote detector, aí permanecendo por 10 minutos para acumulação de dados na seguinte ordem: *background*, Th, U, K e *background*. Os dados acumulados foram processados pelo programa PADWIN, fornecido pelo fabricante dos tanques calibradores (EXPLORANIUM), resultando nos valores dos coeficientes *Compton* para cada pacote de detectores e para o total de pacotes. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento *Compton* estão resumidos na Tabela 11. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta o resultado dessa calibração.

Tabela 11 – Coeficientes de Espalhamento *Compton*.

AERONAVE	DATA	α	β	γ	a	b	g
PR-FAM	03-Abr-12	0,2917	0,4090	0,7640	0,0389	0,0046	0,0045

- Calibração dinâmica - Realizada com vistas à determinação dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (*cosmic flight*), e identificação dos coeficientes de sensibilidade do detector, com o levantamento de um perfil situado em zona radiometricamente conhecida (*Dynamic Calibration Range - DCR*) na altura nominal do levantamento (100 m), bem como a várias alturas com vistas à correção altimétrica. Os referidos testes são comentados a seguir:

a) Voo Cósmico (*Cosmic Flight*)

A partir da fórmula da IAEA, 1991, tem-se:

$$N = a + bC, \text{ onde:}$$

N é a contagem (em cps) em determinada janela;

a é o *background* (em cps) da aeronave em determinada janela;

b é a razão entre a contagem em determinada janela e a contagem no canal cósmico;

C é a contagem na janela cósmica.

O voo cósmico envolveu o recobrimento de perfis sobre o mar, em área distante da costa cerca de 20 km, voando nas altitudes de 5000, 7000, 8000, 10000, 12000 e 13000 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 12, a seguir, resume os resultados obtido pela aeronave no voo cósmico. A apresentação dos resultados na forma de tabelas e gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

Tabela 12 – *Background da Aeronave e Cosmic Stripping Ratios.*

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAM
		04-Abr-12
Contagem Total	a (cps)	81.3933
	b	1.1051
Potássio	a (cps)	18.0625
	b	0.0631
Urânio	a (cps)	2.0052
	b	0.0513
Tório	a (cps)	0.0000
	b	0.0604
Urânio <i>upward</i>	a (cps)	0.6467
	b	0.0133

b) Pista de Calibração Dinâmica (*Dynamic Calibration Range - DCR*)

Este teste envolve uma série de passagens consecutivas sobre a pista de calibração dinâmica definida pela CPRM em Maricá (RJ), com passagens sucessivas nas alturas de 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés e duas passagens adicionais a 330 pés, correspondente à altura padrão do levantamento (100 m). Na sequência dos perfis também são realizadas passagens sobre o Oceano Atlântico na mesma altura de voo observada sobre a pista de calibração dinâmica, com vistas à determinação do *background*.

A calibração dinâmica tem por finalidade a correlação entre as medições feitas em terra (ao longo da linha de calibração, com emprego de gamaespectrômetro portátil), com as leituras registradas pelo sistema detector da aeronave na altura de 100 m (cerca de 330 pés), permitindo a conversão das contagens obtidas a bordo (em cps) para concentrações de potássio, urânio, tório e contagem total no solo. A sensibilidade do sistema gamaespectrométrico é definida como a razão entre a média dos valores aéreos, medidos na altura nominal do levantamento (100 m), em cps, para os canais de contagem total, K, U e Th, e a média dos valores das estações terrestres (em concentração) para os canais de contagem total, K, eU e eTh (Anexo I-e).

As passagens em várias alturas permitem ainda a determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) do sistema detector da aeronave, os quais são utilizados para a correção altimétrica (Anexo I-f).

2.3.7 Calibração dos Detectores *Upward Looking*

A calibração dos detectores aerogamaespectrométricos voltados para cima tem por finalidade estabelecer a relação entre as contagens observadas nos canais de contagem total, potássio, urânio e tório, medidas nos detectores normais da aeronave, com aquelas registradas pelo detector *upward*, resultantes da presença de radônio disperso no ar. Tal relação se expressa por um conjunto de coeficientes obtidos a partir de dados de voos realizados sobre a água, ou a altura elevada, onde não exista

qualquer influência de radiações provenientes do solo. Para tanto, foram utilizados os dados dos testes *high level*, ou *background*, onde são registrados perfis diários na altura de 2.500 pés (Anexo I-d).

Outro procedimento associado ao processo de calibração do detector *upward looking* envolve a determinação dos coeficientes *skyshine*. Como tal determinação não prevê a realização de testes específicos, o método utilizado está descrito apenas no Capítulo 3.

2.4 COMPILAÇÃO DE DADOS

Ao término de cada jornada de produção as informações coletadas eram submetidas ao processamento preliminar, consistindo no seguinte:

- a) Transferência das leituras do magnetômetro terrestre para o computador de campo para processamento da variação diurna de acordo com o gradiente fixado no contrato, qual seja: 15 nT / 5 min;
- b) Leitura dos arquivos do voo e transferência dos dados coletados para fins de verificação da qualidade da gravação e análise dos perfis, no que se refere a desvios na altura de voo, envoltória de ruídos e desvios de navegação, estabelecidos respectivamente, em: +/-15 m na altura, 0,2 nT no ruído e 50 m de desvio em relação à linha teórica;
- c) Geração das plotagens dos traços das linhas de voo e de controle, corrigidos diferencialmente, em superposição ao plano de voo para identificação dos possíveis trechos desviados em mais de 20% do espaçamento teórico (100 m) por mais de 1000 m.

2.5 EQUIPE TÉCNICA NA BASE DE OPERAÇÕES

Participaram da equipe na fase de aquisição de dados os seguintes técnicos:

Maria Filipa Perez da Gama	Supervisor
Júlio Cesar Gomes de Oliveira	Coordenador
Edson Rangel de Lima	Engenheiro Eletrônico
Almir Luiz de Moura	Operador
Ernani de Albuquerque Maranhão Neto	Piloto
Clayton do Prado Monteiro	Mecânico

3. PROCESSAMENTO DE DADOS

3.1 FLUXO DE PROCESSAMENTO

No processamento de dados da Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso foi empregado o *software* OASIS MONTAJ versão 7.5 do sistema *GEOSOFT*, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exportação do dado binário coletado em voo para os formatos GDB e ASCII XYZ *GEOSOFT*. A Figura 10 no final do capítulo, mostra o fluxo de processamento utilizado para o levantamento.

3.1.1 Preparação do Banco de Dados do Levantamento

Os dados brutos gravados em formato binário na aeronave são convertidos diretamente para bancos de dados no formato de GDB's compatíveis com o OASIS MONTAJ, onde estão agrupadas informações de posicionamento corrigidas e todos os demais canais de informação registrados a bordo da aeronave, quais sejam: intensidade total do campo magnético, valores dos canais radiométricos, altura e altitude de voo, temperatura, etc.

Preparado o banco de dados do tipo .XYZ, onde Z corresponde a cada uma das variáveis medidas a bordo da aeronave e XY, as coordenadas do ponto em que a medida foi tomada, o processamento é então iniciado com a correção dos dados magnetométricos e radiométricos propriamente.

3.1.2 Processamento dos Dados Magnetométricos

A Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso foi um aditivo ao Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso visando analisar o emprego de dados de gradiometria magnetométrica em mapeamentos aerogeofísicos regionais. Dentre as vantagens desta metodologia, destacam-se:

- a) Auxílio na interpretação de dados magnéticos;
- b) Cálculo do campo magnético total livre dos efeitos da variação diurna;
- c) Geração de gradientes horizontais (transversais, longitudinais e totais) com qualidade superior aos calculados por transformadas de Fourier;
- d) Aumento na resolução de imagens do campo magnético através de algoritmos que utilizam os gradientes no processo de interpolação.

Para se efetuar o processamento gradiométrico é necessário inicialmente submeter o dado do sensor de cauda ao fluxograma de processamento magnetométrico (Figura 10), uma vez que a variável final do campo magnético total micronivelada será utilizada no processamento gradiométrico. O item 3.1.3 descreve toda a metodologia do processamento gradiométrico.

3.1.2.1 Correção do Erro de Paralaxe

O processamento dos dados brutos do magnetômetro de Césio pelo sistema de aquisição da aeronave introduz um retardamento de tempo nos dados magnetométricos compensados, bem como a posição da antena receptora do GPS em relação à posição do sensor magnetométrico, causam uma defasagem entre o valor de posicionamento (X e Y) e o valor do campo que está sendo amostrado num mesmo intervalo de tempo, sendo assim, uma correção denominada Correção Paralaxe ou Correção de *Lag* deve ser aplicada. Uma linha especial de calibração foi voada para gravar as informações necessárias para quantificar este intervalo de tempo para que os dados pudessem ser re-sincronizados.

O erro de paralaxe corresponde à defasagem nos tempos de medição do magnetômetro e altímetros com o sistema de posicionamento. Assim, o erro de paralaxe é determinado a partir de uma linha voada em sentidos opostos sobre uma mesma feição magnética anômala reconhecida no terreno. A correção a ser aplicada corresponde ao valor deslocado do tempo de amostragem, de modo a que as duas feições se tornem coincidentes.

A equação utilizada é a seguinte:

$$F_{c(t_0)} = F_{c(t_0 \pm I_p)}, \text{ onde:}$$

Fc = Valor do Campo Magnético Total corrigido do erro paralaxe,

t0 = Tempo da Amostragem,

Ip = Valor do Intervalo de Tempo a ser deslocado no banco de dados.

Deve-se observar que não se adiciona nenhum valor ao Campo Magnético e sim desloca-se os valores em relação ao tempo em que foram amostrados os pontos, ou seja, o valor do Campo Magnético após a correção Paralaxe sofre apenas um reposicionamento temporal dentro do banco de dados.

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pela aeronave está especificada na Tabela 13 abaixo. Os resultados dos testes para determinação encontram-se no Anexo II-c, no final deste relatório.

Tabela 13 – Valores da Correção de Paralaxe Aplicados.

Sensor	Correção Paralaxe Aplicada (s)
Sensor 1 Asa Esquerda	-
Sensor 2 Asa Direita	-
Sensor 3 Cauda	0,3

3.1.2.2 Remoção da Variação Magnética Diurna

Os valores obtidos pelo magnetômetro monitor foram inicialmente subtraídos das leituras do campo magnético realizadas a bordo da aeronave, tendo como variável comum a hora de amostragem, fixada com precisão de décimos de segundo. As diferenças encontradas, positivas ou negativas, foram, então, somadas algebricamente ao nível base, definido em 23.328 nT para toda a área. Os valores resultantes correspondem à intensidade total do campo magnético corrigido da variação diurna.

3.1.2.3 Nivelamento dos Perfis

A aplicação do nivelamento através do *software* OASIS MONTAJ versão 7.5 do sistema *GEOSOFT* consiste, basicamente, no ajuste das linhas de controle com base na média das diferenças (ou diferença de 1ª ordem) com as linhas de voo. Este procedimento assume que tais diferenças estão distribuídas de forma aleatória, de forma que um *trend* de no máximo 1ª ordem define o desnível entre as linhas de voo e controle.

O procedimento compreende duas etapas distintas, conforme a seguir:

1º - As linhas de controle são niveladas por aplicação de valores que reduzam as diferenças com as linhas de voo a valores mínimos. Este procedimento assume que existem cruzamentos suficientes para modelar adequadamente as diferenças de nível entre as linhas de controle;

2º - Após o nivelamento das linhas de controle, todas as linhas de voo são ajustadas às linhas de controle, de forma que os valores do campo magnético encontrado nos seus cruzamentos sejam equivalentes.

Nesta fase é criada uma Tabela de Interseções que contém as diferenças entre as linhas de controle niveladas e as linhas de voo nos pontos de cruzamento. Tal procedimento é conduzido pelo procedimento XLEVEL GX. Estes valores são armazenados no banco de dados e utilizados no cálculo das correções a serem aplicadas às linhas de voo. Os cruzamentos onde o gradiente magnético excedeu a 2 nT/fiducial (0,025 nT/m) foram descartados pelo programa. Com base neste gradiente, o programa ainda analisou as interseções quanto à sua aplicabilidade, atribuindo peso mais baixo quanto mais alto fosse o gradiente. Deste modo, uma interseção situada em zona de forte gradiente magnético teve pouca ou nenhuma influência no nivelamento.

O OASIS MONTAJ permitiu ainda o exame visual da Tabela de Interseções, possibilitando sua edição manual quando necessário. Por exemplo, a linha nivelada pode ser comparada à sua versão obtida em diferentes estágios do processo.

3.1.2.4 Micronivelamento dos Perfis

Os dados do levantamento foram ainda micronivelados para eliminação de qualquer resíduo de “desnivelamento” que tenha permanecido nos dados. O processo envolveu a geração de dois *grids* auxiliares, resultantes da aplicação de filtros passa-alta tipo *Butterworth* (comprimento de onda da ordem de 4 vezes o espaçamento das linhas de

voo) e cosseno direcional atuando na direção das linhas de voo e perpendicularmente a elas, seguindo-se, então, a criação de um *grid* final decrugado, que resultará do somatório dos *grids* produzidos em etapas distintas. Este último, subtraído de um *grid* normal irá, por sua vez, expressar o erro de nivelamento a ser subtraído aos dados pré-nivelados conforme o procedimento inicial acima.

3.1.2.5 Remoção do IGRF

A remoção do Campo Geomagnético Internacional de Referência (IGRF) obedeceu à rotina incluída no Sistema OASIS MONTAJ que consiste, basicamente, na definição da superfície de tendência que expressa o comportamento do campo geomagnético internacional na área do projeto.

Esta superfície foi definida com base no valor do IGRF, tendo sido considerada a altitude de 500 m, referida ao ano de 2010 e atualizada para a data de 19/05/2012 (2012,385).

O campo magnético total corrigido para cada um dos pontos amostrados foi obtido pela subtração, ao campo total micronivelado, do valor do IGRF calculado para o ponto. Os valores resultantes são os valores anômalos do campo (campo magnético total reduzido do IGRF).

3.1.3 Processamento dos Dados Gradiométricos

O processamento dos dados gradiométricos baseia-se nas diferenças entre os valores obtidos por cada um dos sensores e também pela distância entre eles. Desta forma temos o gradiente horizontal decomposto em duas componentes horizontais: uma componente dx perpendicular ao eixo da aeronave (gradiente horizontal lateral) e uma componente dy paralela a mesma (gradiente horizontal longitudinal). O gradiente horizontal total é obtido através da expressão: $gh = \sqrt{dx^2 + dy^2}$

3.1.3.1 Cálculo dos Gradientes

Para o estabelecimento dos gradientes os valores coletados pelo sistema da aeronave (diferenças DX e DY) são divididos pelas distâncias entre sensores (Figura 8) que definem a dimensão dos eixos X e Y , conforme a Tabela 14 abaixo:

Tabela 14 – Distância Entre os Sensores.

Eixo	Distância (m)
X – Horizontal – Asa	15,75
Y – Longitudinal – Fuselagem	12,70

OBS: As variáveis $DX0$ e $DY0$ são obtidas através das seguintes equações:

$a = MAGCOM1 - MAGCOM2$ (Diferença Horizontal DX)

$b = (MAGCOM1 + MAGCOM2)/2 - MAGCOM3$ (Diferença Horizontal DY)

Quando estas variáveis são uma vez divididas pelas respectivas distâncias, passam então a expressar o valor dos gradientes (nT/m).

$$DX0 = a / 15.75 \text{ (Gradiente Horizontal Lateral } dx)$$

$$DY0 = b / 12.70 \text{ (Gradiente Horizontal Longitudinal } dy)$$

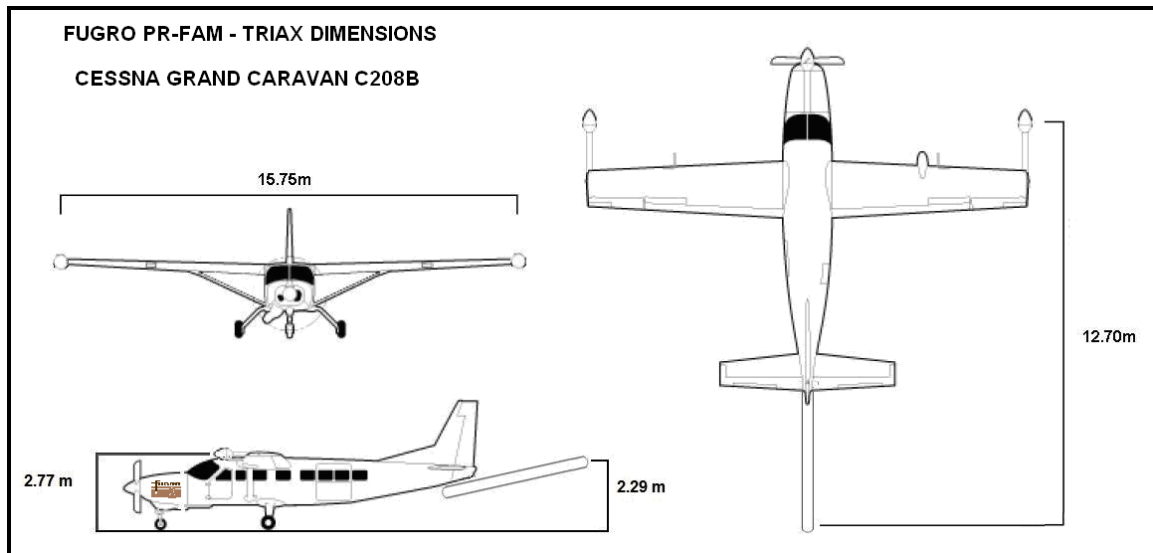


Figura 8 – Disposição dos Sensores Magnetométricos.

3.1.3.2 Normalização das Linhas por Direção

Para a normalização das diferenças horizontais, (diferença entre os sensores) as linhas são invertidas em função da direção de voo. Estabeleceu-se para as diferenças horizontais DX e DY a inversão do sinal das linhas nas direções sul e oeste, ou seja, os valores das diferenças dos perfis (vetores) para sul e oeste foram multiplicados por -1. A razão pela qual se estabelece este critério está no fato da mudança da posição relativa dos sensores em relação a direção do campo magnético terrestre. A escolha por estas direções (sul e oeste) foi no sentido de compatibilizar as diferenças medidas com os gradientes gerados pelas Transformadas de Fourier a partir do grid do Campo Magnético Total.

3.1.3.3 Ajuste de Nível dos Perfis Gradiométricos

Para este ajuste é utilizada rotina desenvolvida pela Fugro Airborne Surveys, onde são empregados os perfis do Campo Magnético Total micronivelados como polinômios de referência para ajuste dos valores de gradiente ao longo de cada perfil. As diferenças de nível observadas entre perfis laterais são adicionadas algebricamente aos valores gradiométricos, ajustando-os desta forma a um mesmo nível. Este processo atua de maneira similar a uma filtragem polinomial.

3.1.3.4 Micronivelamento dos Perfis Gradiométricos

Para a eliminação de resíduos desnivelados ao longo das linhas de voo foi aplicado micronivelamento da mesma maneira como descrito no item 3.1.2.4.

3.1.4 Processamento dos Dados Gamaespectrométricos

O processamento dos dados gamaespectrométricos obedeceu aos procedimentos recomendados na Seção 4 do Relatório Técnico, Número de Série 323, da Agência Internacional de Energia Atômica, intitulado *Airborne gamma ray spectrometer surveying*. Foi empregada a rotina contida no sistema de processamento radiométrico OASIS-RPS da *GEOSOFT*.

3.1.4.1 Correção do Tempo Morto

A correção do “tempo morto” consiste na divisão das contagens dos canais radiométricos pelo valor do *live time* registrado pelo aparelho, normalizando, assim, os valores brutos dos canais da contagem total, potássio, urânio, tório e urânio *upward* para contagens por segundo.

3.1.4.2 Aplicação de Filtragem

Este processo se aplica somente aos dados afetados por variações de alta frequência, quais sejam: dados do radar altímetro, do canal de radiação cósmica e do canal de urânio *up*, utilizado no cálculo da influência do radônio nas medições realizadas.

Dependendo do comportamento dos dados, são aplicados dois tipos de filtragem:

- Filtragem não linear permite a remoção de *spikes* nos dados e a compensação de variações abruptas do radar altímetro;
- Filtragem do tipo passa-baixa reduz o erro estatístico nos dados da radiação cósmica, suaviza o comportamento do radônio, opcionalmente, é aplicado aos demais canais radiométricos com objetivos específicos, como o cálculo das razões radiométricas.

3.1.4.3 Correção do Erro de Paralaxe

Não foram encontrados erro de paralaxe nos dados radiométricos coletados pela aeronave.

3.1.4.4 Cálculo da Altura Efetiva (h_e) de Voo

A altura de voo foi ajustada com base na temperatura e pressão ambientais utilizando-se da fórmula (IAEA, 2003):

$$h_e = h (273,15/T + 273,15) \times (P/1013,25), \text{ sendo:}$$

h - altura de voo medida pelo radar altímetro em metros,

T - temperatura do ar medida em °C,

P - pressão atmosférica em milibar.

A pressão atmosférica é obtida a partir da altitude medida pelo altímetro barométrico.

3.1.4.5 Remoção do *Background* da Aeronave e Cósmico

O *background* é obtido através do somatório das contribuições do *background* da aeronave e da radiação cósmica em cada uma das janelas do gamaespectrômetro.

O cálculo das contribuições da aeronave e da radiação cósmica é conduzido através da fórmula (IAEA, 1991):

$$N = a + bC, \text{ onde:}$$

N - somatório das duas contribuições (em cps),

a - *background* da aeronave em cada janela do gamaespectrômetro,

C - canal de radiação cósmica,

b - razão entre a contagem em determinada janela e a contagem no canal cósmico.

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 12 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo voo cósmico sobre o mar, em área distante da costa, cujos gráficos estão indicados no Anexo I-c.

3.1.4.6 Remoção do *Background* do Radônio

O efeito do *background* do radônio, por sua vez, é determinado a partir das medições realizadas na janela do urânio pelo detector *upward looking*. A expressão que define a parcela de radônio influenciando no canal do urânio é a seguinte (IAEA, 1991):

$$U_r = (u - a_1U - a_2Th) + (a_2b_t - b_u) / (a_u - a_1 - a_2a_t), \text{ onde:}$$

U_r - *background* do radônio medido no canal *downward* do urânio,

u - contagem medida no canal *upward* do urânio,

U - contagem medida no canal *downward* do urânio,

Th - contagem medida no canal *downward* do tório,

a₁, a₂, a_u, a_t, b_u, b_t - coeficientes de proporcionalidade, sendo que **b_u** e **b_t** são zerados e **a₁** e **a₂** os coeficientes *skyshine*.

As contagens relativas ao urânio, tório e urânio *up* devem ser corrigidas previamente dos efeitos dos *backgrounds* da aeronave e cósmico.

A relação entre as contagens atribuídas ao radônio observadas na janela do urânio, com as demais janelas de canais *downward*, detectadas nos cristais voltados para baixo, pode ser determinada através de regressão linear aplicada sobre um conjunto de dados que reflita as variações decorrentes da presença de radônio nos dados.

O procedimento de cálculo dos coeficientes que expressam a relação entre os detectores (*upward* e *downward*) utiliza as seguintes fórmulas (IAEA, 1991):

- $u_r = a_u U_r + b_u$,
- $K_r = a_k U_r + b_k$,
- $T_r = a_t U_r + b_t$,
- $TC_r = a_{tc} U_r + b_{tc}$, onde:

u_r é a componente do radônio no urânio *up*, U_r , K_r , T_r e TC_r são as contribuições do radônio nas demais janelas associadas ao detector *downward*. Se os componentes dos *backgrounds* da aeronave e cósmico são perfeitamente removidos, as constantes “b’s” (b_u , b_k , b_t e b_{tc}) devem ser zeradas (IAEA, 1991, p. 27).

No cálculo dos coeficientes a_{tc} , a_k , a_u e a_t (Tabela 15) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level* efetuados em todo o Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso, contribuindo assim com um universo estatístico mais efetivo para o cálculo das constantes. Os gráficos correspondentes a estes cálculos encontram-se no Anexo I-d.

Tabela 15 – Constantes de Calibração do Radônio.

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAM
Contagem Total	a_{tc}	16,9620
Potássio	a_k	0,9412
Urânio <i>up</i>	a_u	0,2285
Tório	a_t	0,2614

3.1.4.7 Estimativa dos Coeficientes *Skyshine* (a_1 e a_2)

Estes coeficientes relacionam a contribuição das radiações de urânio e tório provenientes do terreno que influenciam as contagens do urânio no detector *upward*. Admitindo-se que tais contribuições variem linearmente com as contagens destas mesmas radiações nas janelas de urânio e tório, nos detectores voltados para baixo, a estimativa destes coeficientes emprega a expressão geral:

$$u_g = a_1 U_g + a_2 T_g, \text{ onde:}$$

u_g - contribuição do solo na janela do urânio *up*;

U_g - contribuição do solo na janela do urânio *down*;

T_g - contribuição do solo na janela do tório *down*;

a_1 e a_2 - constantes de calibração requeridas.

A partir de uma série de valores de u_g , U_g e T_g os fatores de calibração a_1 e a_2 podem ser determinados pelo método dos mínimos quadrados. Isso pode ser feito resolvendo as duas equações simultâneas abaixo:

$$a_1 \sum (U_g)^2 + a_2 \sum U_g T_g = \sum u_g U_g$$

$$a_1 \sum U_g T_g + a_2 \sum (T_g)^2 = \sum u_g T_g$$

Esse processo foi efetuado automaticamente utilizando todos os dados do levantamento¹.

Os valores obtidos no levantamento em pauta estão demonstrados na Tabela 16 abaixo.

Tabela 16 – Coeficientes *Skyshine*.

COEFICIENTE	PR-FAM
a₁	0,043
a₂	0,027

3.1.4.8 Correção do Efeito *Compton*

É aplicada com objetivo principal de eliminar a influência das radiações atribuídas aos canais de mais alta energia que penetram nos canais de baixa energia, quais sejam: contribuições do tório no urânio e no potássio, assim como a contribuição do urânio no potássio. Nos sistemas de alta resolução, em uso atualmente, são também consideradas as influências de radiações de baixa energia nas janelas de energia mais alta, resultando, desta forma, nos seis coeficientes abaixo:

- α - radiações de tório no urânio,
- β - radiações de tório no potássio,
- γ - radiações de urânio no potássio,
- a - radiações de urânio no tório,
- b - radiações de potássio no tório,
- g - radiações de potássio no urânio.

Os valores adotados para correção do efeito *Compton* são os descritos na Tabela 11, apresentada no item 2.3.6. Maior detalhamento deste teste está presente no Anexo I-b.

3.1.4.9 Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)

A correção altimétrica tem por objetivo referenciar os valores radiométricos à altura nominal do aerolevantamento (100 m), eliminando falsas anomalias ocasionadas por elevações no terreno.

A atenuação das radiações gama em relação ao afastamento da fonte pode ser expressa matematicamente, de forma aproximada, pela fórmula (IAEA, 1991):

$$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (1), \text{ onde:}$$

N_H é a radiação à distância H da fonte,

N_0 é a radiação na superfície do terreno ($H=0$),

¹ Foram utilizados os dados obtido no Projeto Aerogeofísico Sudeste de Mato Grosso para obter maior coerência estatística.

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica.

Extraindo-se o logaritmo neperiano na relação acima, tem-se:

$$\ln(N_H) = -\mu H + \ln(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular $-\mu$ e coeficiente linear $\ln(N_0)$. Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 17 obtidos durante os testes realizados em Maricá (RJ). Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de voo encontram-se no Anexo I-f.

Tabela 17 – Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	PR-FAM (03/04/12)
Contagem Total	-0,0066
Potássio	-0,0085
Urânio	-0,0077
Tório	-0,0064

3.1.4.10 Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores da aeronave para as janelas do potássio, urânio e tório foram determinadas com base nas razões entre as medições efetuadas a bordo (N) e em terra (C), nos testes conduzidos na pista de calibração dinâmica, com a aplicação da expressão:

$$S = N/C, \text{ onde:}$$

S corresponde à sensibilidade para cada janela,

N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à altura do levantamento (100 m) e situada no trecho de interesse das estações terrestres utilizadas, C é a média das concentrações para cada canal das estações terrestres de interesse.

A Tabela 18 a seguir corresponde à sensibilidade dos detectores, tomando por base a altura de voo de 100 m sobre o terreno.

Tabela 18 – Coeficientes de Sensibilidade.

Canal Radiométrico	PR-FAM (03/04/12)
Contagem Total (cps / $\mu\text{R/h}$ CT)	182,67
Potássio (cps / % K)	52,31
Urânio (cps / ppm eU)	9,87
Tório (cps / ppm eTh)	3,72

Para calcular a “taxa de exposição” (*Exposure Rate*) do canal de contagem total (em $\mu\text{R/h}$) utiliza-se a fórmula abaixo (IAEA, 1991):

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh, \text{ onde:}$$

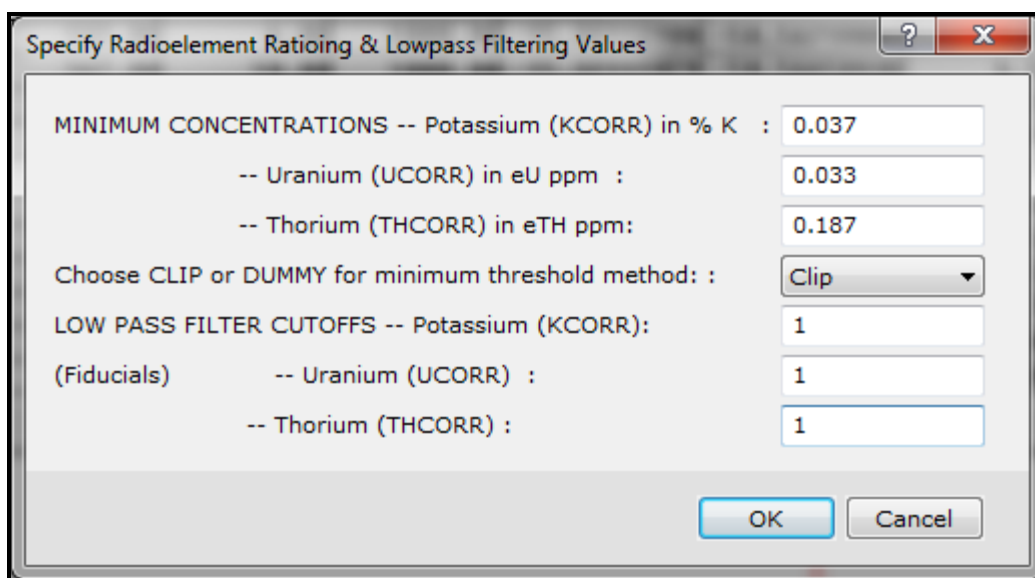
K, **eU** e **eTh** correspondem às concentrações aparentes destes elementos definidas em terra, quando do levantamento da pista de calibração dinâmica. O valor da concentração determinado para o canal de contagem total na pista de calibração foi de 13,13 $\mu\text{R/h}$. Os gráficos comparativos dos perfis após a conversão da amostragem para concentração aparente, acompanham o texto descritivo do procedimento de calibração apresentado no Anexo I-e.

3.1.4.11 Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K

As razões foram calculadas a partir dos valores radiométricos corrigidos, conforme descrito no item 3.1.3 deste capítulo. Para eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente baixos, foi convencionada a fixação dos valores mínimos de K, U e Th em 5% da média destes canais na área de levantamento e aplicado também um filtro passa-baixa de 1 amostra. A Tabela 19, a seguir, resume os valores utilizados, bem como a Figura 9.

Tabela 19 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

Canal Radiométrico	VALOR MÍNIMO
K (%)	0,037
eU (ppm)	0,033
eTh (ppm)	0,187



Specify Radioelement Ratioing & Lowpass Filtering Values

MINIMUM CONCENTRATIONS -- Potassium (KCORR) in % K : 0.037

-- Uranium (UCORR) in eU ppm : 0.033

-- Thorium (THCORR) in eTH ppm: 0.187

Choose CLIP or DUMMY for minimum threshold method: : Clip

LOW PASS FILTER CUTOFFS -- Potassium (KCORR): 1

(Fiducials) -- Uranium (UCORR) : 1

-- Thorium (THCORR) : 1

OK Cancel

Figura 9 – Parâmetros Utilizados no Oasis para Determinação das Razões.

3.2 INTERPOLAÇÃO E CONTORNO

Para a geração dos *grids* foram utilizadas as rotinas do Oasis Montaj de *minimum curvature* (*RANGRID*) e *bi-directional line gridding* (*BIGRID*). Nos dados radiométricos utilizou-se a mínima curvatura e nos magnetométricos a gridagem bidirecional. Os programas *BIGRID* e *RANGRID* interpolam dados em perfis paralelos com linhas orientadas, usando mínima curvatura (*RANGRID*) e *spline* bicúbico (*BIGRID*) para interpolação de amostras nos pontos do *grid*.

Os mapas de contorno foram elaborados a partir de *grids* regulares, interpolados em malha quadrada, com dimensões de 62,5 m x 62,5 m, o que equivale a um quarto do espaçamento entre as linhas de voo.

3.3 ARQUIVO FINAL DE DADOS

Os dados finais dos perfis do levantamento foram gravados em CD-ROM, em arquivos ASCII, no formato XYZ e em banco de dados no formato GDB (*GEOSOFT*), contendo as seguintes informações:

- Dados magnetométricos brutos e reduzidos da variação diurna,
- Dados magnetométricos nivelados, reduzidos do IGRF e micronivelados,
- Dados do gradiente horizontal calculado, ajustado e micronivelado,
- Dados radiométricos brutos e corrigidos e respectivas razões,
- Altura e Altitude do Voo,
- Posicionamento GPS: Coordenadas UTM, Latitude, Longitude e elevação GPS.

Todos os dados dos cruzamentos entre linhas de voo e linhas de controle, arquivos digitais em malha quadrada e de plotagem dos mapas apresentados, bem como o presente relatório em formato PDF (*Adobe Acrobat*) foram gravados em CD-ROM, descrito no item 5 deste relatório.

3.4 EQUIPE ENVOLVIDA NO PROCESSAMENTO DOS DADOS

Participaram dos trabalhos de processamento os seguintes técnicos:

- César Marinho Costa - Gerente de Processamento de Dados

A direção geral das operações na Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso esteve a cargo de Jorge Dagoberto Hildenbrand.

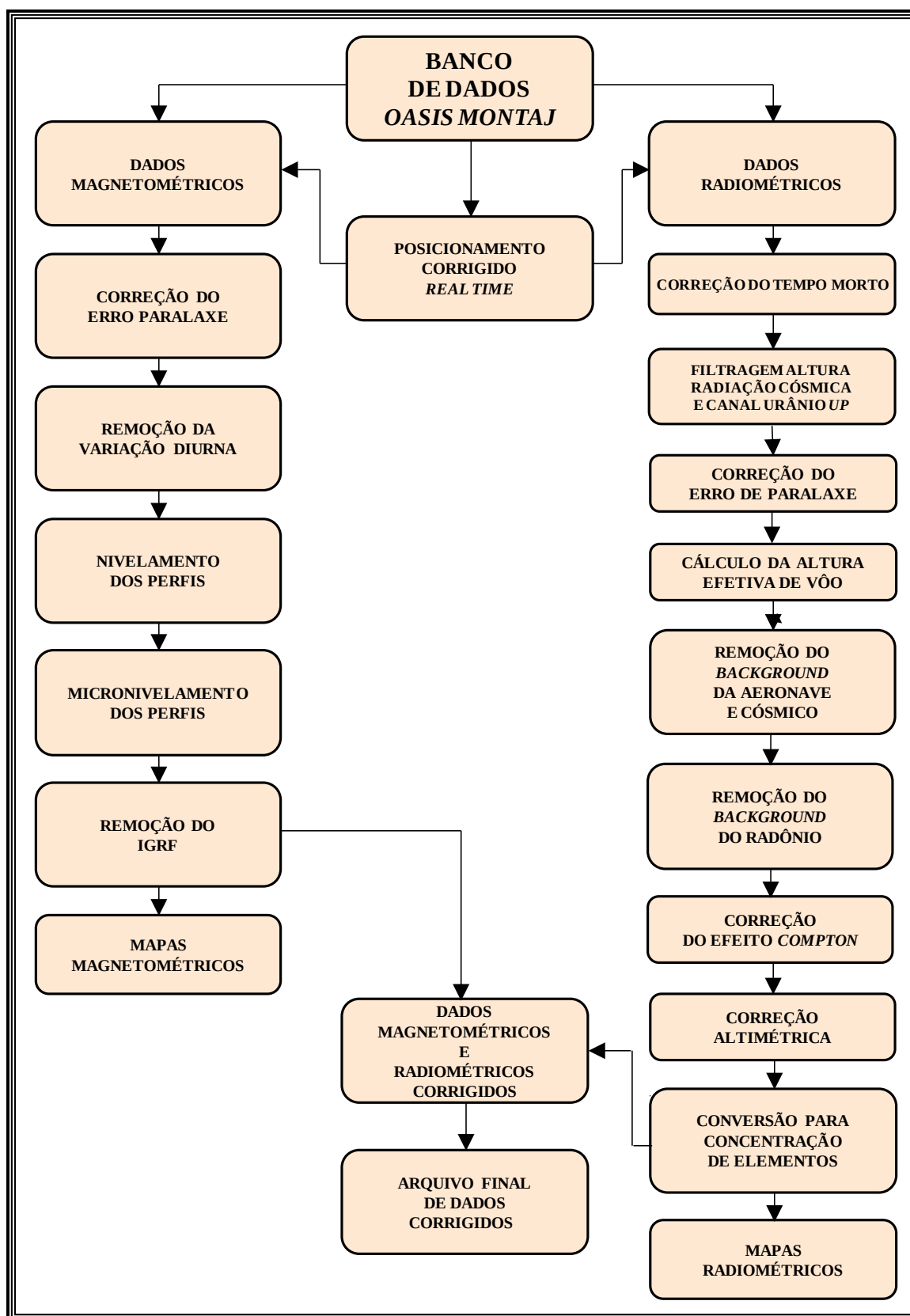


Figura 10 – Fluxograma do Processamento de Dados.

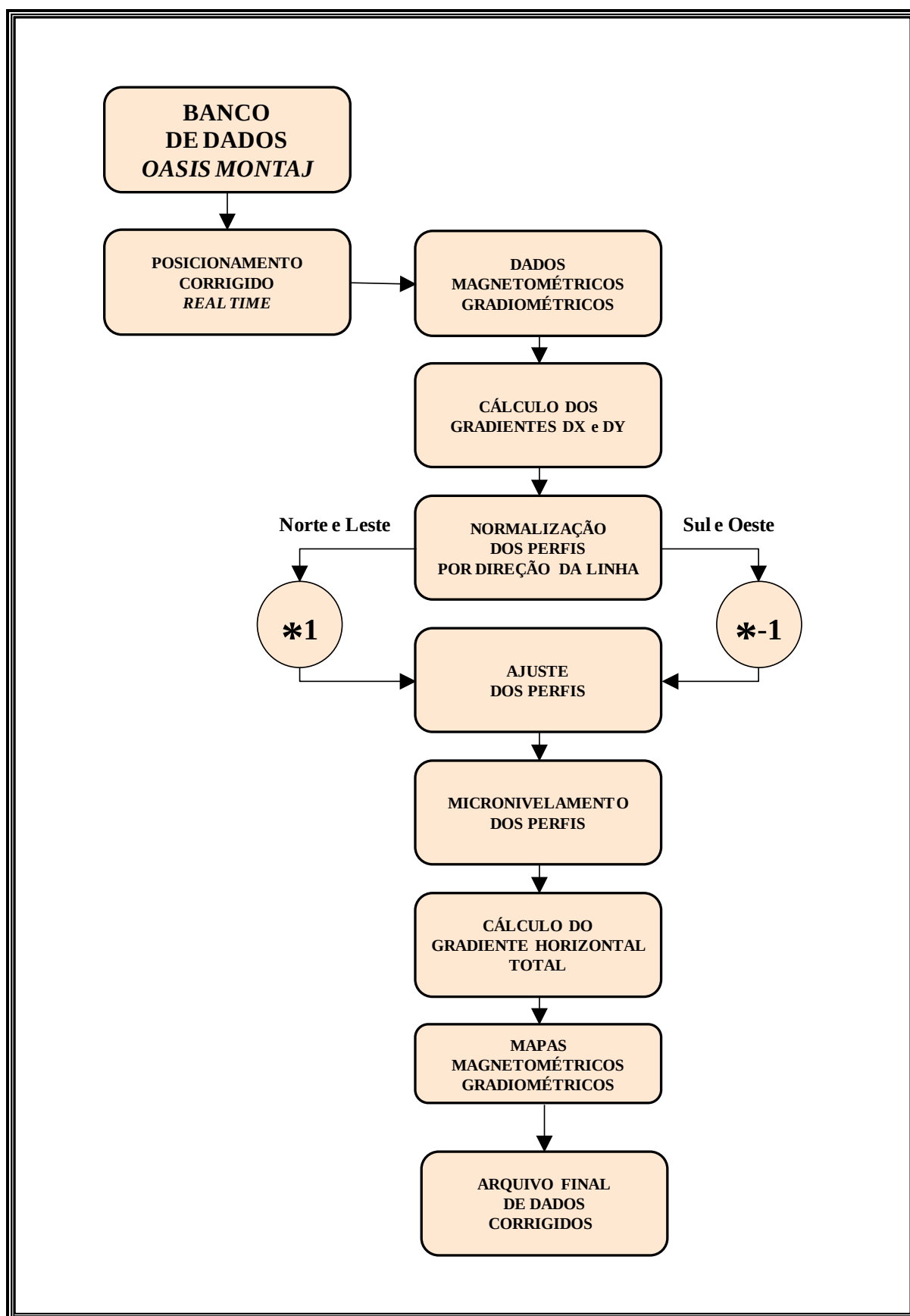


Figura 11 – Fluxograma do Processamento de Dados Gradiométricos.

4. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos a Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso estão sendo apresentados, na forma de mapas, na escala 1:50.000, que seguem em anexo ao presente relatório. Os resultados na forma de mapas são acompanhados dos arquivos digitais finais do levantamento, gravados em CD-ROM, no formato *GEOSOFT*.

Os mapas foram elaborados de acordo com as especificações do Manual Técnico do DNPM (1985). As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (4 km em 1:50.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 5' e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais da folha ao milionésimo SD.22 disponível no site do IBGE (www.ibge.gov.br).

Os produtos finais com informações cartesianas que compõe a Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso (Banco de Dados, Mapas e Grids) encontram-se referenciados ao Datum WGS-84 com as coordenadas métricas projetadas em UTM zona 22S (Meridiano Central 51° W).

A Tabela 20 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

Tabela 20 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.

Tema	FOLHA ÚNICA (1:50.000)
Campo magnético total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria
Campo magnético total realçado com o gradiente horizontal total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria
Primeira derivada vertical do campo magnético total (Reduzido do IGRF)	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Primeira derivada vertical do campo magnético total realçado com o gradiente horizontal total medido (Reduzido do IGRF)	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Sinal analítico calculado (FFT)	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Sinal analítico medido	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Gradiente horizontal DX medido	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Gradiente horizontal DY medido	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Gradiente horizontal total	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Taxa de exposição do canal de contagem total	Contorno, imagem e planimetria

Tema	FOLHA ÚNICA (1:50.000)
Concentração de potássio	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Concentração de urânio	Contorno, imagem e planimetria
Concentração de tório	Contorno, imagem e planimetria
Razão tório/potássio	Imagem e planimetria
Razão urânio/potássio	Imagem e planimetria
Razão urânio/tório	Imagem e planimetria
Composição ternária de potássio, urânio e tório	Imagem CMY Invertida e planimetria
Modelo digital do terreno	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Traço das linhas de voo	Traço de linhas de voo e planimetria

As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 21 a seguir:

Tabela 21 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.

TEMA	FOLHA ÚNICA (1:50.000)
Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	5 e 25 nT
1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,005 e 0,025 nT/m
Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,005 e 0,025 nT/m
Radiométrico de Contagem Total	1 e 5 μ R/h
Radiométrico de Potássio	0,2 e 1,0 %
Radiométrico de Urânio	0,5 e 2,0 ppm
Radiométrico de Tório	2 e 10 ppm

4.1 MAPAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL E DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (REDUZIDOS DO IGRF)

Ambos os mapas foram elaborados na forma de imagem colorida, com traços de contorno superpostos. O mapa com o realce do gradiente horizontal é obtido do grid realçado através de processo de interpolação em que a variável gradiente horizontal total realça a resolução de estruturas magnéticas na imagem do campo magnético.

Este realce está limitado a uma certa distância entre as linhas de voo, uma vez que um exagero na separação de linhas provoca o aparecimento de falsas feições. Neste projeto a influência do gradiente horizontal no processo de interpolação realçado demonstrou de pouca interferência, provavelmente devido escassez de estruturas magnéticas paralelas ou semi-paralelas as linhas de voo.

A título de ilustração, as imagens magnetométricas do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) e do Campo Magnético Total realçado com o Gradiente Horizontal Total (Reduzido do IGRF) estão sendo apresentados na Figura 12.

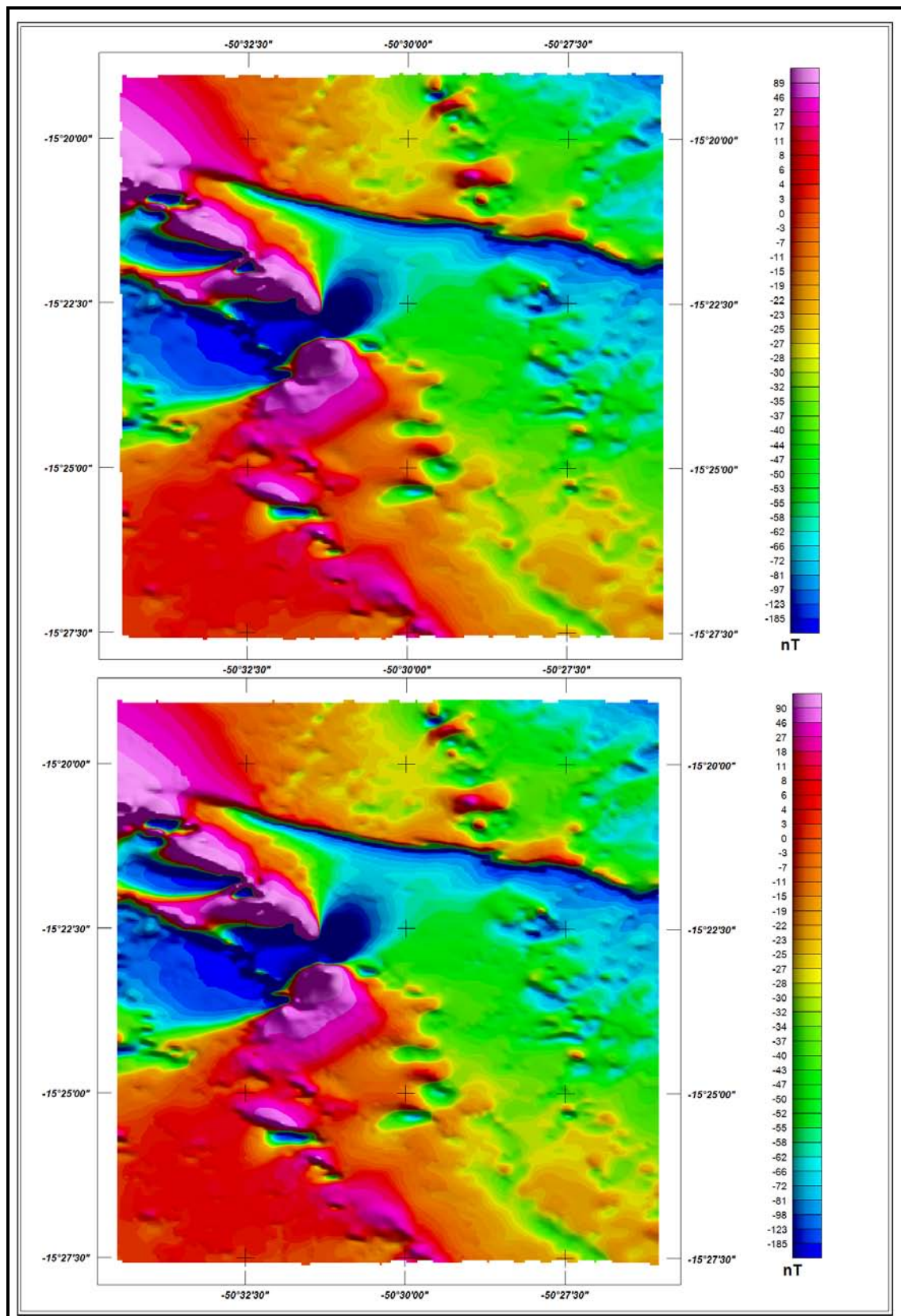


Figura 12 – Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total e Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal Total (Reduzido do IGRF) (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

4.2 MAPAS DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL E DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (REDUZIDOS DO IGRF)

A aplicação do filtro de 1ª derivada vertical no grid do campo magnético, permite mostrar pequenas variações no campo magnético então não perceptíveis. Este filtro enfatiza as componentes de pequeno comprimento de onda do campo magnético residual, evidenciando principalmente fontes magnéticas rasas. Foi feita a aplicação deste filtro nos dois grids do campo magnético total que ora estão sendo apresentados. A Figura 13 abaixo apresenta a imagem dos dois grids da 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total.

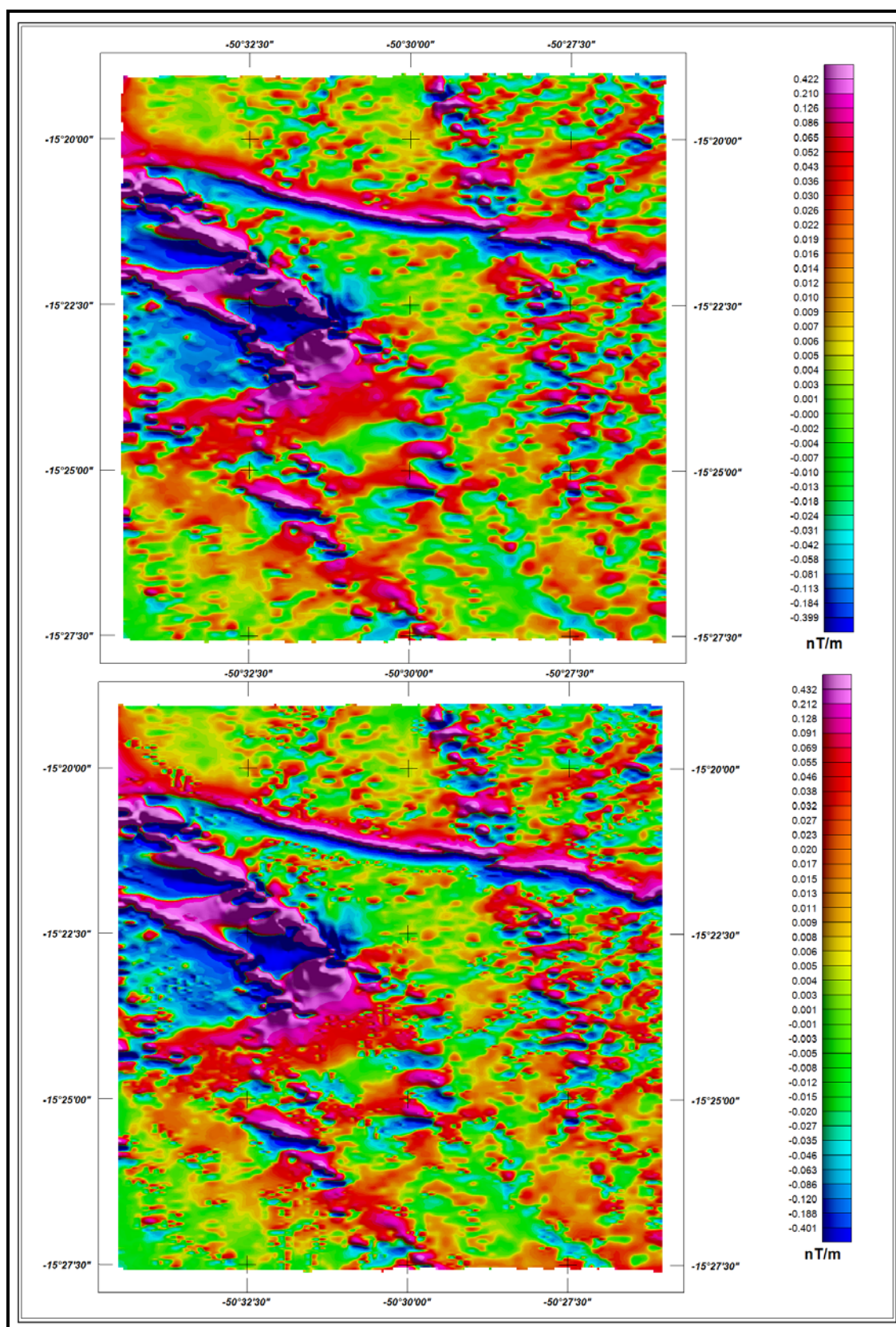


Figura 13 – Mapa da 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total e da 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal Total (reduzidos do IGRF). (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

4.3 MAPAS DO SINAL ANALÍTICO CALCULADO (FFT) E DO SINAL ANALÍTICO MEDIDO

Também conhecido como o Método do Gradiente Total, o Sinal Analítico é obtido a partir das três derivadas direcionais do campo magnético, dX , dY e dZ calculado pela expressão matemática $\sqrt{dX^2+dY^2+dZ^2}$. O resultado define um grid onde as perturbações do campo magnético são evidenciadas, acentuando os limites estruturais, bordas e cantos dos corpos magnéticos, tais como diques, intrusões, falhas e contatos geológicos. Nestes dois mapas o Sinal Analítico do Campo Magnético Total foi calculado de duas maneiras: a primeira utilizando as rotinas das transformadas de Fourier onde as derivadas dX , dY e dZ foram obtidas do *grid* do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) e a segunda utilizando os gradientes horizontais medidos dX e dY juntamente com a componente dZ obtida por transformada de Fourier do *grid* do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF). A Figura 14 apresenta respectivamente as imagens do Sinal Analítico calculado e medido.

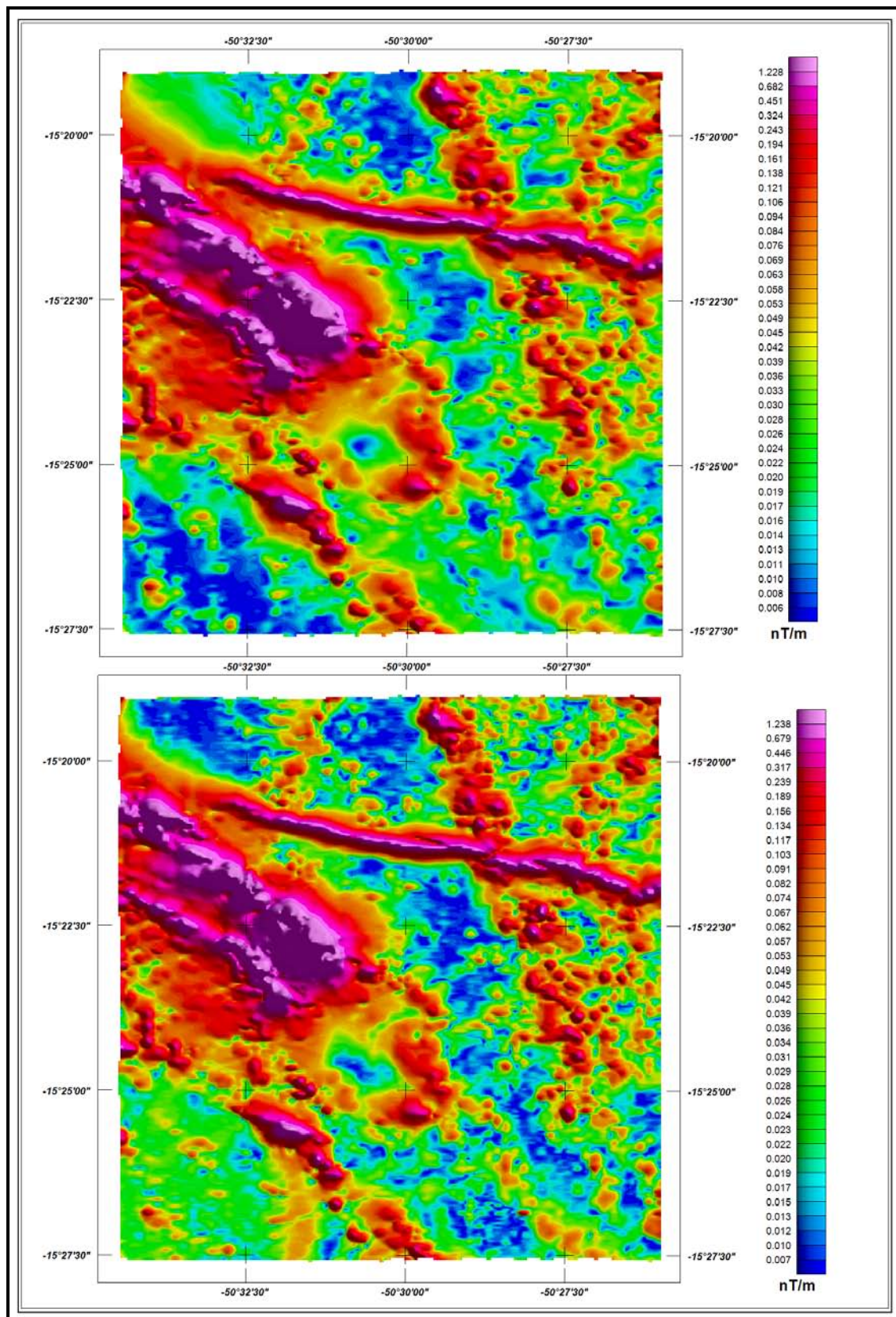


Figura 14 – Mapa do Sinal Analítico Calculado (FFT) e do Sinal Analítico Medido.
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

4.4 MAPAS DOS GRADIENTES HORIZONTAIS dX MEDIDO, dY MEDIDO E TOTAL

Uma das características dos levantamentos gradiométricos é a precisão do posicionamento das anomalias magnéticas em relação a aeromagnetometria tradicional. Os gradientes horizontais prestam um auxílio importante na interpretação de dados magnéticos bi-dimensionais. Assim sendo falhamentos, diques, fraturamentos são elementos estruturais que podem ser evidenciados no método.

O gradiente horizontal total é obtido na equação $\sqrt{dX^2 + dY^2}$ a partir das derivadas horizontais em X e Y. Os mapas dos gradientes horizontais também revelam-se eficazes na definição de contatos de estruturas verticais a semi-verticais. A Figura 15, a Figura 16 e a Figura 17 apresentam os gradientes horizontais.

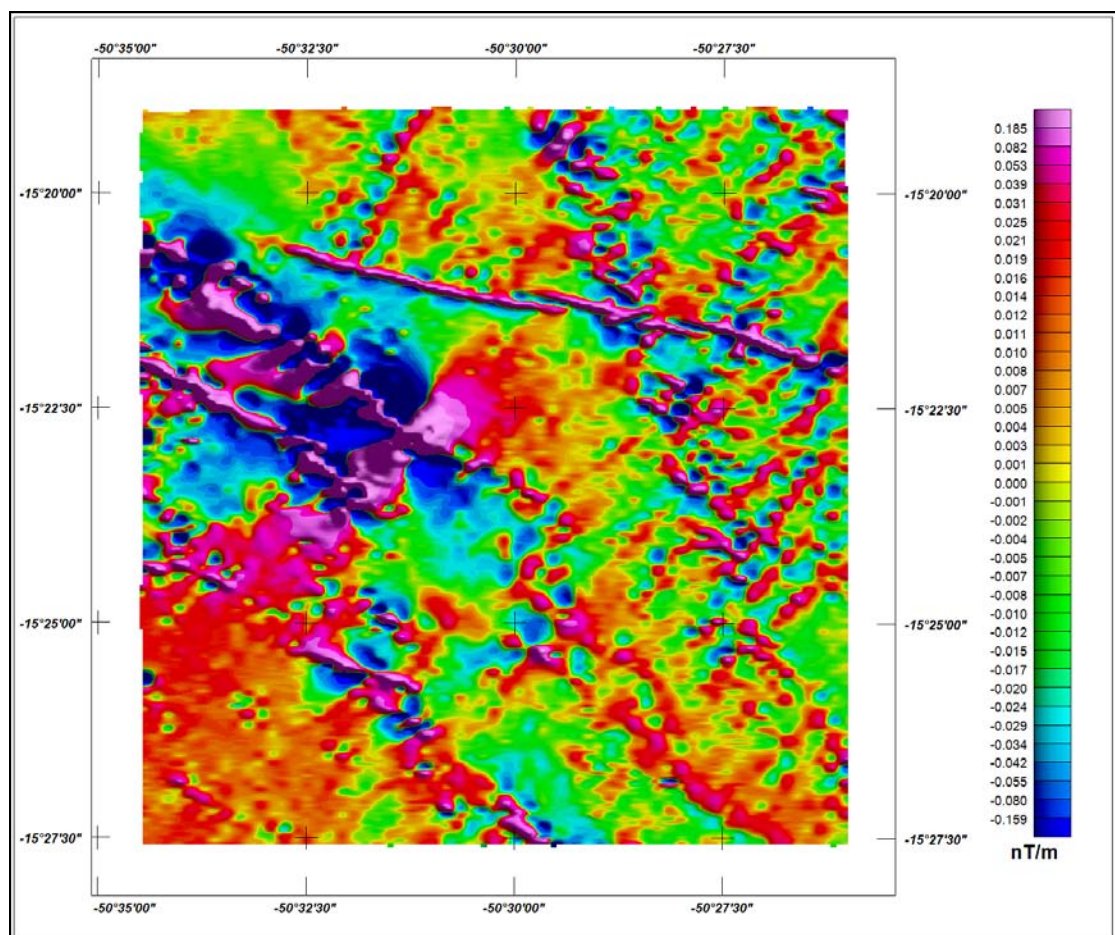


Figura 15 – Gradiente Horizontal DX medido.

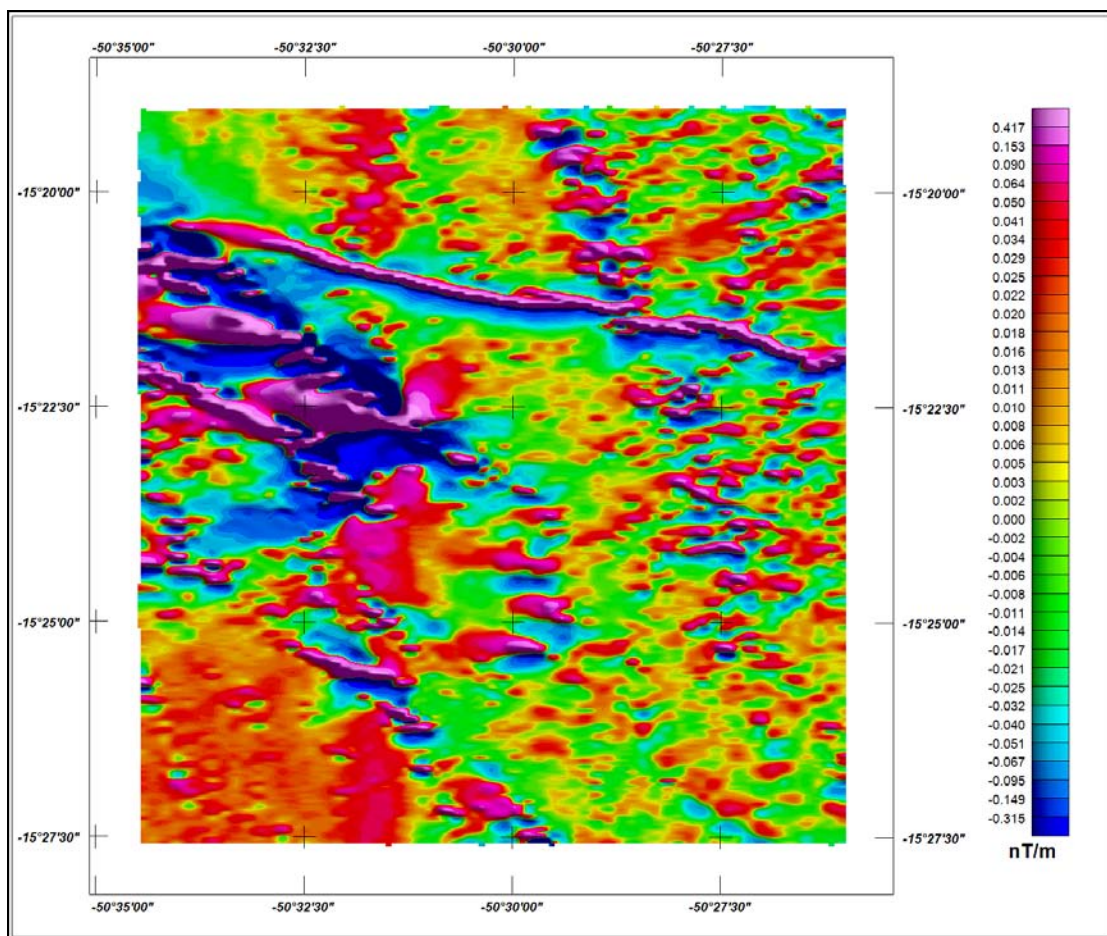


Figura 16 – Gradiente Horizontal DY medido.

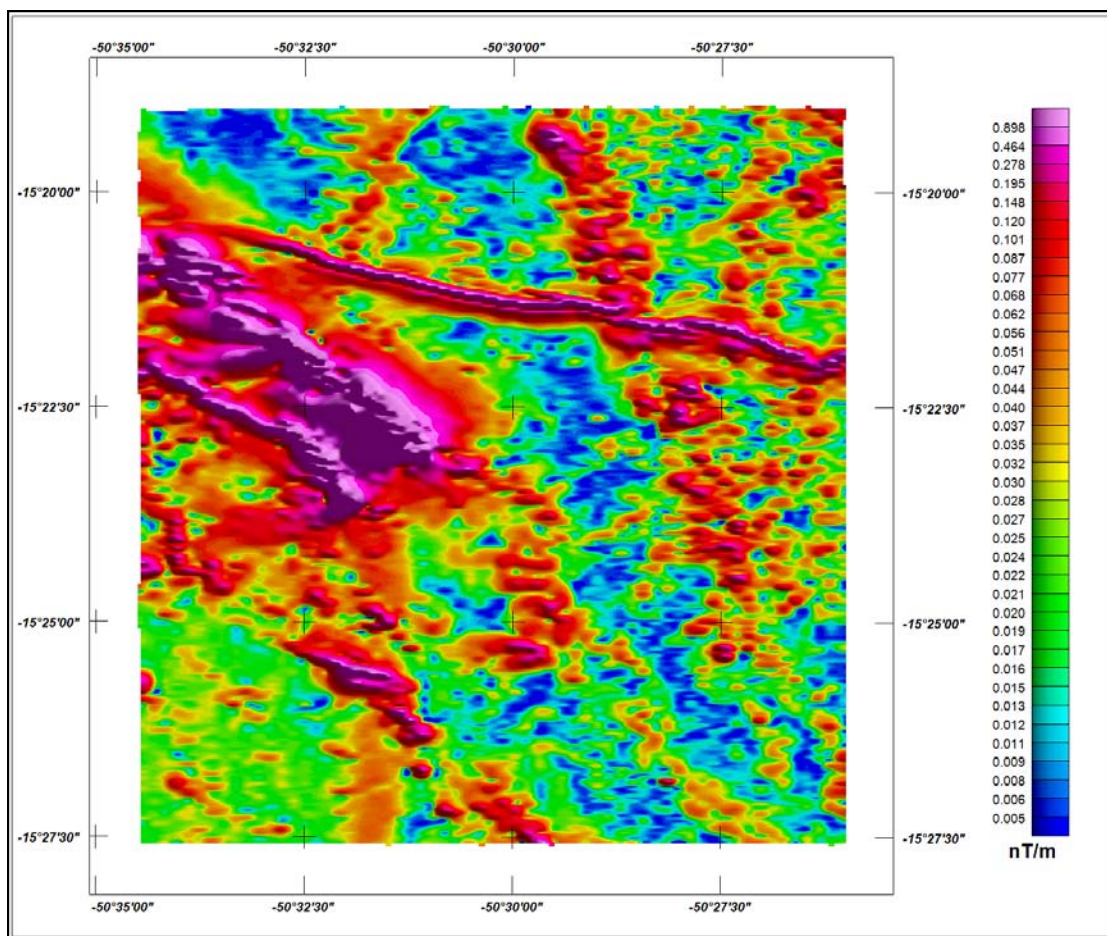


Figura 17 – Gradiente Horizontal Total.

4.5 MAPAS RADIOMÉTRICOS DOS CANAIS DE POTÁSSIO, URÂNIO, TÓRIO E CONTAGEM TOTAL

Os mapas radiométricos foram elaborados a partir das concentrações aparentes dos canais radiométricos de potássio, urânio, tório e contagem total. Nos mapas a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno. Nos mapas das razões as curvas de contorno não são apresentadas.

Os valores radiométricos foram convertidos de contagens por segundo (cps) para concentração de elementos (% para K, ppm para eU e eTh e $\mu\text{R/h}$ para o canal de Contagem Total), com base nos procedimentos especificados no Item 3.1 do Capítulo 3 deste relatório.

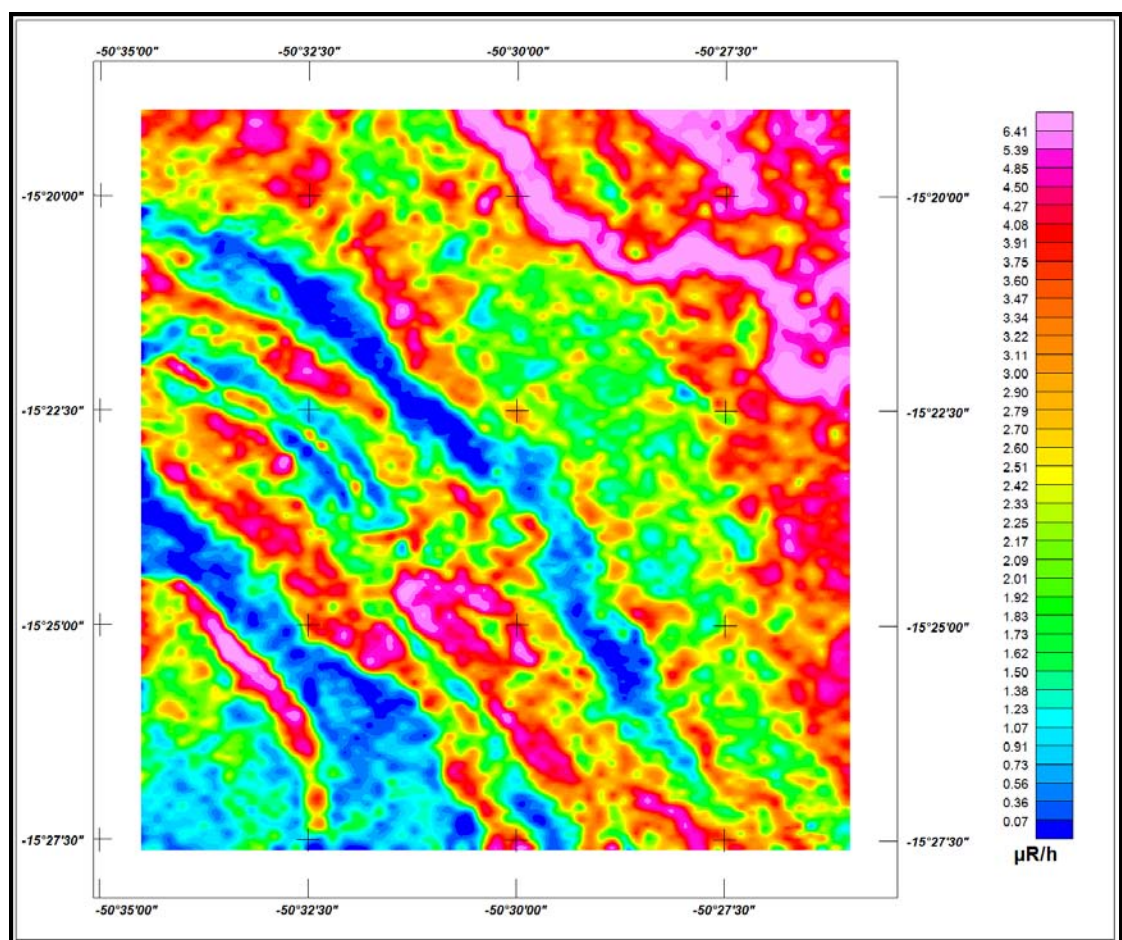


Figura 18 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total.

4.6 MAPA RADIOMÉTRICO TERNÁRIO

O Mapa Radiométrico Ternário, expressa a razão entre os três canais radiométricos (K, U e Th), cujas variações são indicadas por diferentes matizes de cores. As tonalidades variam entre o vermelho (100% K), azul (100% eU) e verde (100% eTh). A cor branca representa a presença dos três elementos (K, U e Th) e a cor preta ausência dos três citados elementos.

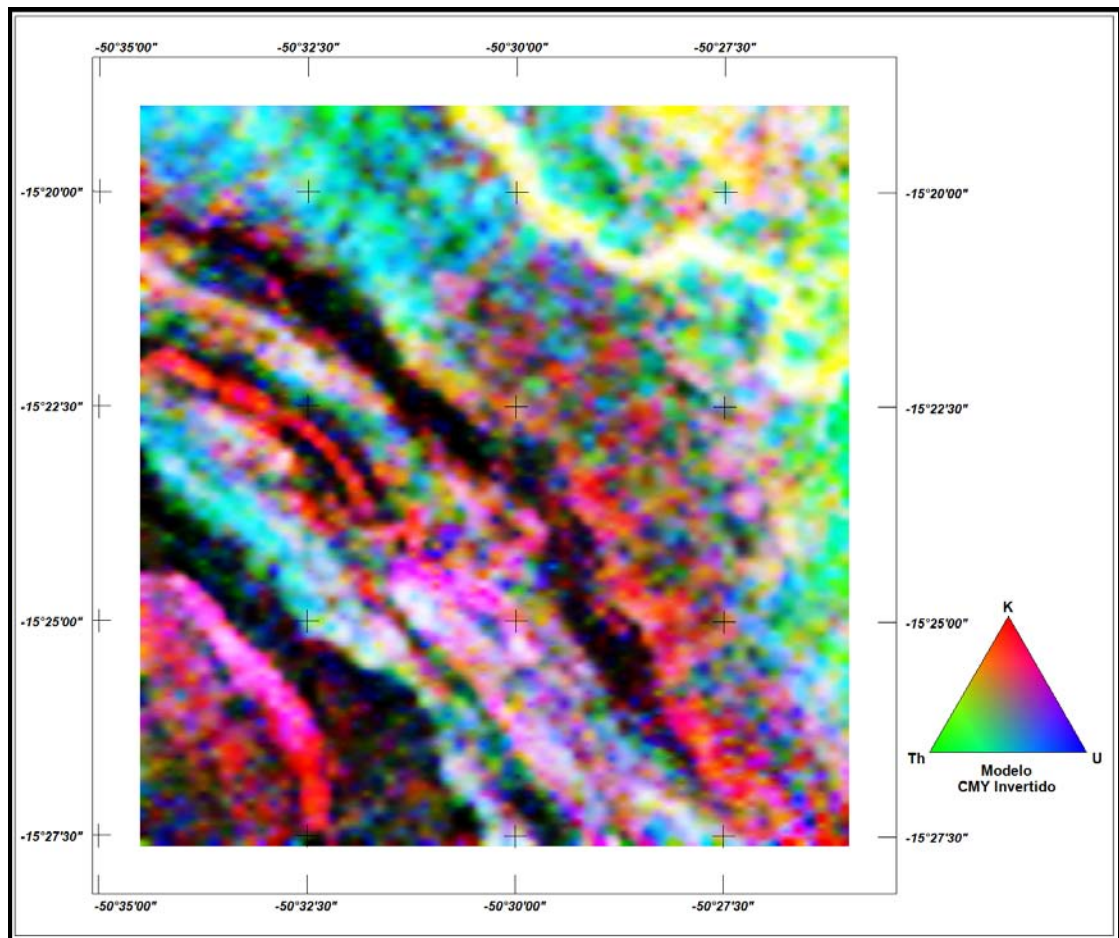


Figura 19 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY Invertido).

4.7 MAPAS DAS RAZÕES RADIOMÉTRICAS eU/eTh, eU/K E eTh/K

Os mapas das razões foram elaborados a partir das razões das concentrações dos canais radiométricos de potássio, urânio e tório.

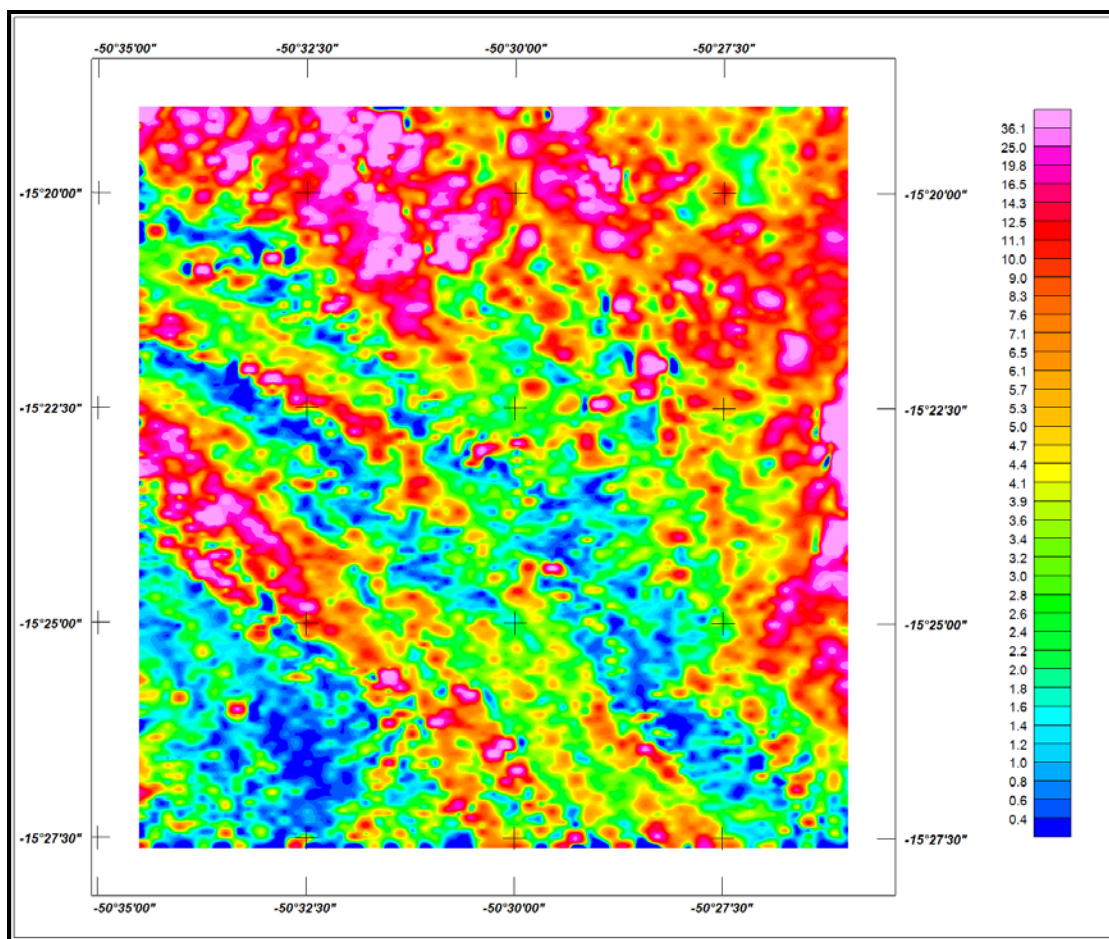


Figura 20 – Mapa Radiométrico da Razão Tório/Potássio.

4.8 MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO

Este mapa, obtido através da subtração dos canais de Altura GPS e Radar Altimetro, está sendo apresentado em cores e pseudo-iluminado, com inclinação da fonte de luz de 45° e direção da mesma em 45°, com a planimetria superposta.

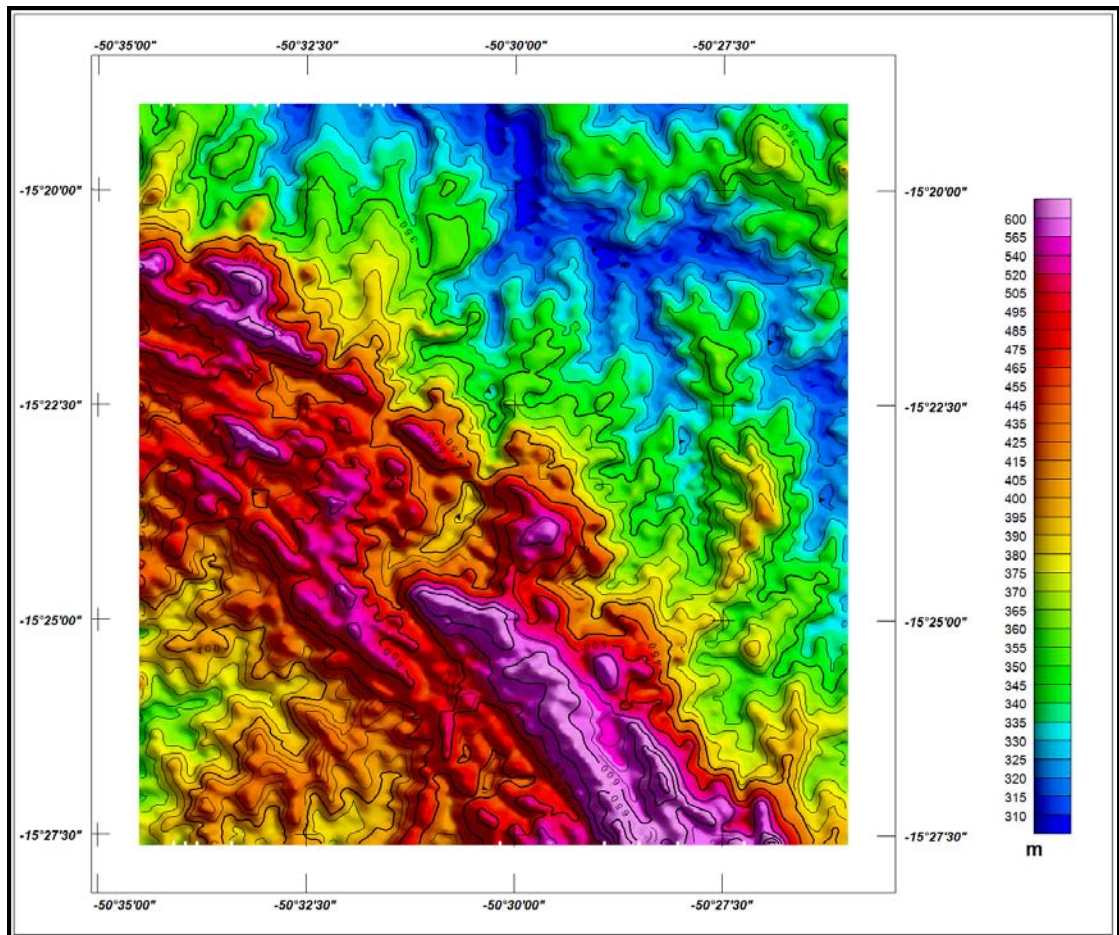


Figura 21 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno.
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

4.9 MAPA DE TRAÇO DE LINHAS DE VOO

Este mapa apresenta o caminho percorrido ao longo das linhas levantadas. A numeração das linhas é apresentada nas extremidades de cada linha e “ticks” a cada 10 fiduciais, sendo numerados a cada 100 fiduciais. O mapa de traço de linhas de voo é apresentado somente na forma digital, não sendo portanto apresentado impresso, não obstante o arquivo de plotagem acompanhar os produtos finais.

4.10 RELATÓRIO FINAL

O relatório final está sendo apresentado em volume único (Volume I - Texto Técnico, Anexos e Mapas), em 3 (três) vias, contendo a descrição das operações conduzidas na Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso e dos procedimentos utilizados no levantamento e no processamento dos dados correspondentes, até a elaboração dos mapas finais, conforme descrito anteriormente.

A título de ilustração foi incorporada ao presente relatório a Figura 21 (“Modelo Digital do Terreno”), a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtidos a partir dos dados de GPS e radar altímetro registrados pela aeronave.

O texto deste relatório foi elaborado por César Marinho Costa. A revisão e edição final estiveram a cargo de Luiz Paulo Pousa de Moura e do geólogo Alexandre Lisboa Lago da CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

4.11 ARQUIVOS DIGITAIS FINAIS

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 2 (dois) CD-ROMs em 3 (três) cópias. A descrição do conteúdo das informações gravadas nos CD-ROMs está sendo apresentada no Anexo IV. A descrição detalhada do formato dos arquivos XYZ e do padrão da CPRM (cruzamentos) é apresentada no Anexo V.

Os dados digitais dos bancos de dados magnetométrico e gamaespectrométrico da *GEOSOFT* (GDB) são apresentados, respectivamente, na Tabela 22, Tabela 23 e Tabela 24.

Os arquivos de malha (*grids*), os bancos de dados, bem como os arquivos XYZ e cruzamentos estão sendo apresentados com as coordenadas métricas referenciada a zona UTM 22S (meridiano central 51° WGr). Maiores informações estão expostas no arquivo *Leiamme.PDF* presente em cada mídia CD, bem como no Anexo IV.

Os mapas foram gravados em arquivos de plotagem do tipo HPGL (*Hewlett Packard Graphics Language*), *GEOSOFT* MAP e PDF Adobe Acrobat.

Os *grids* também são apresentados no formato *GEOSOFT*, interpolados em malha quadrada de 62,5 x 62,5 m. O método de interpolação utilizado para elaboração dos *grids* da magnetometria foi o *spline* bidirecional (*Bigrid*) e para os dados de gamaespectrometria e modelo digital do terreno, a mínima curvatura (*Rangrid*).

A listagem fornecida no Anexo VI apresenta a numeração das linhas de voo bem como das linhas de controle que foram aprovadas e utilizadas no processamento. As linhas estão organizadas por ordem crescente de numeração.

O arquivo Metadados, bem como todos os arquivos especificados no contrato, estão sendo apresentados em meio digital (a relação dos CD-ROMs está no Anexo IV).

O texto do presente Relatório Final foi gravado no formato PDF Adobe Acrobat, em CD-ROM separado.

Tabela 22 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Magnetometria.

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Este	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de Voo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
MAGBASE	Campo Magnético da Base Fixa	nT
MAGBRU1	Campo Magnético não Compensado Sensor Asa Esquerda	nT
MAGBRU2	Campo Magnético não Compensado Sensor Asa Direita	nT
MAGBRU3	Campo Magnético não Compensado Sensor de Cauda	nT
MAGCOM1	Campo Magnético Compensado Sensor Asa Esquerda	nT
MAGCOM2	Campo Magnético Compensado Sensor Asa Direita	nT
MAGCOM3	Campo Magnético Compensado Sensor de Cauda	nT
MAGCOR	Campo Magnético Corrigido da Variação Diurna	nT
MAGNIV	Campo Magnético Total Nivelado	nT
MAGMIC	Campo Magnético Total Micronivelado	nT
MAGIGRF	Campo Magnético Total Reduzido do IGRF	nT
IGRF	Campo Magnético de Referência (fonte NOAA)	nT
DX1	Gradiente Horizontal DX Calculado	nT/m
DY1	Gradiente Horizontal DY Calculado	nT/m
DX2	Gradiente Horizontal DX Ajustado	nT/m
DY2	Gradiente Horizontal DY Ajustado	nT/m
DX3	Gradiente Horizontal DX Micronivelado	nT/m
DY3	Gradiente Horizontal DY Micronivelado	nT/m
GH	Gradiente Horizontal Total	nT/m
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss.s

Tabela 23 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Gamaespectrometria.

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Este	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura do Voo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
CTB	Contagem Total Bruto	cps
KB	Potássio Bruto	cps
UB	Urânio Bruto	cps
THB	Tório Bruto	cps
UUP	Urânio <i>UP</i>	cps
LIVE_TIME	Tempo de Amostragem	ms
COSMICO	Radiação Cósmica	cps
TEMP	Temperatura	graus Celsius
CTCOR	Contagem Total Corrigido	cps
KCOR	Potássio Corrigido	cps
UCOR	Urânio Corrigido	cps
THCOR	Tório Corrigido	cps
CTEXP	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
KPERC	Potássio em porcentagem	%
eU	Urânio em ppm	ppm
eTH	Tório em ppm	ppm
THKRAZAO	Razão entre Tório e Potássio	-
UKRAZAO	Razão entre Urânio e Potássio	-
UTHRAZAO	Razão entre Urânio e Tório	-
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss

Tabela 24 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais.

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Este	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
SpectraD	Vetor Espectro 256 Canais Detector <i>Downward</i>	cps
SpectraU	Vetor Espectro 256 Canais Detector <i>Upward</i>	cps

Tabela 25 – Arquivo de Cruzamentos XYZ – Magnetometria.

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
ALTURA	Altura do Voo (Radar Altimetro)	m
MAGCOR	Campo Magnético Corrigido da Variação Diurna	nT
MAGNIV	Campo Magnético Total Nivelado	nT
RESIDUO	Diferença Aplicada no Cruzamento para Nivelamento	nT
VOO	Número do Voo	-

4.12 PRODUTOS ORIGINAIS

Os originais obtidos no levantamento, tais como fitas de vídeo e fitas originais, contendo dados brutos e os registros analógicos permanecerão sob a guarda e conservação da Lasa Prospecções S/A, conforme determina a Portaria Nº 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

5. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Os serviços de aquisição de dados do projeto foram supervisionados pela Equipe de Fiscalização da CPRM constituída pelos seguintes técnicos:

Ludwig Zellner	Assistente Especializado	DIGEOF/ERJ
----------------	--------------------------	------------

A revisão e compatibilização geral dos resultados obtidos apresentados no Relatório Final foi executada pelos geólogos Alexandre Lisboa Lago, Diogo Alves de Sordi e Marcus Chiarini, com supervisão da gerente do contrato, geóloga Maria Laura Vereza de Azevedo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DNPM – 1985:** Manual Técnico de Geologia, Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília, Brasil, 354 p.
- Henrique, E. - 2005** – Um exemplo de utilização de gradiente transversal medido no aumento da resolução de imagens aeromagnéticas em baixas latitude magnéticas. 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Salvador, Brasil.
- GEOSOFT - 2005** – Montaj Geophysics Levelling System: Tutorial and User Guide. www.geosoft.com. Toronto, Canada.
- GRASTY, R. L. & MINTY, B. R. S. - 1995** - A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. AGSO, Australia.
- IAEA. - 1991** - Airborne gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria.
- IAEA. - 2003** – Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria.

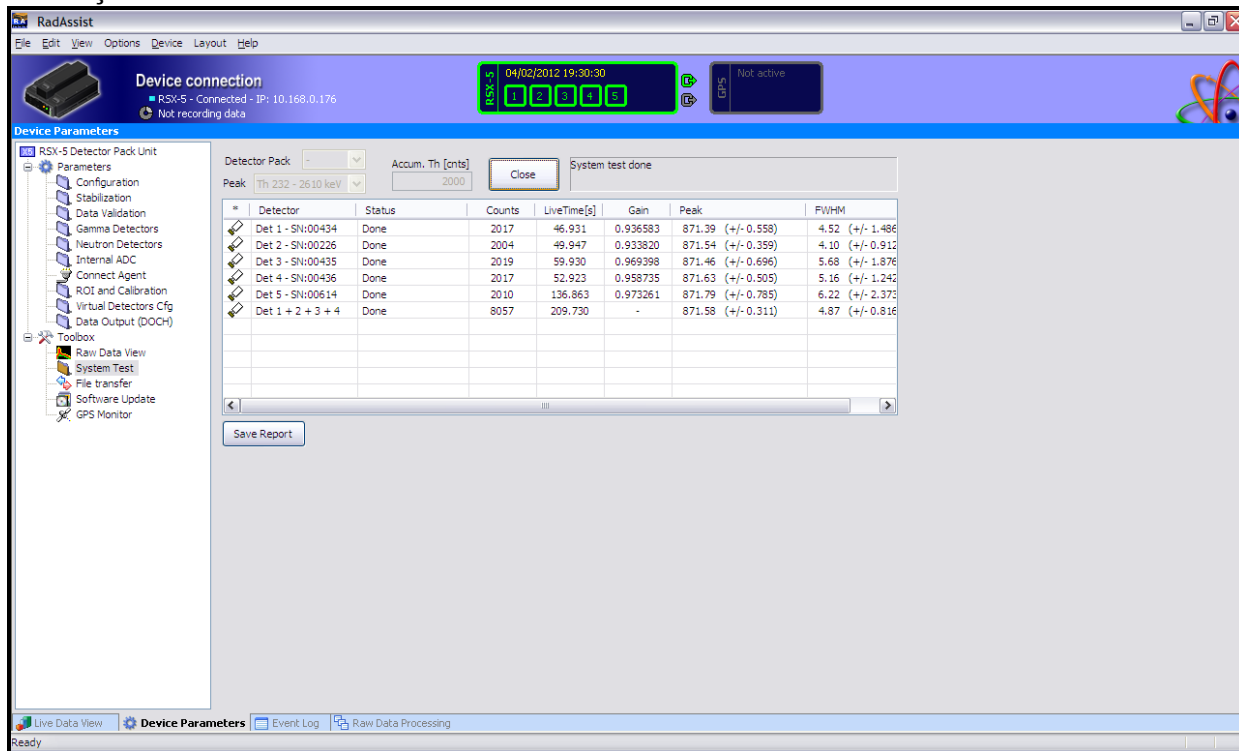
ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO GAMAESPECTRÔMETRO

ANEXO I-a – Resultado dos Testes da Resolução dos Cristais Detectores (*Downward e Upward*)

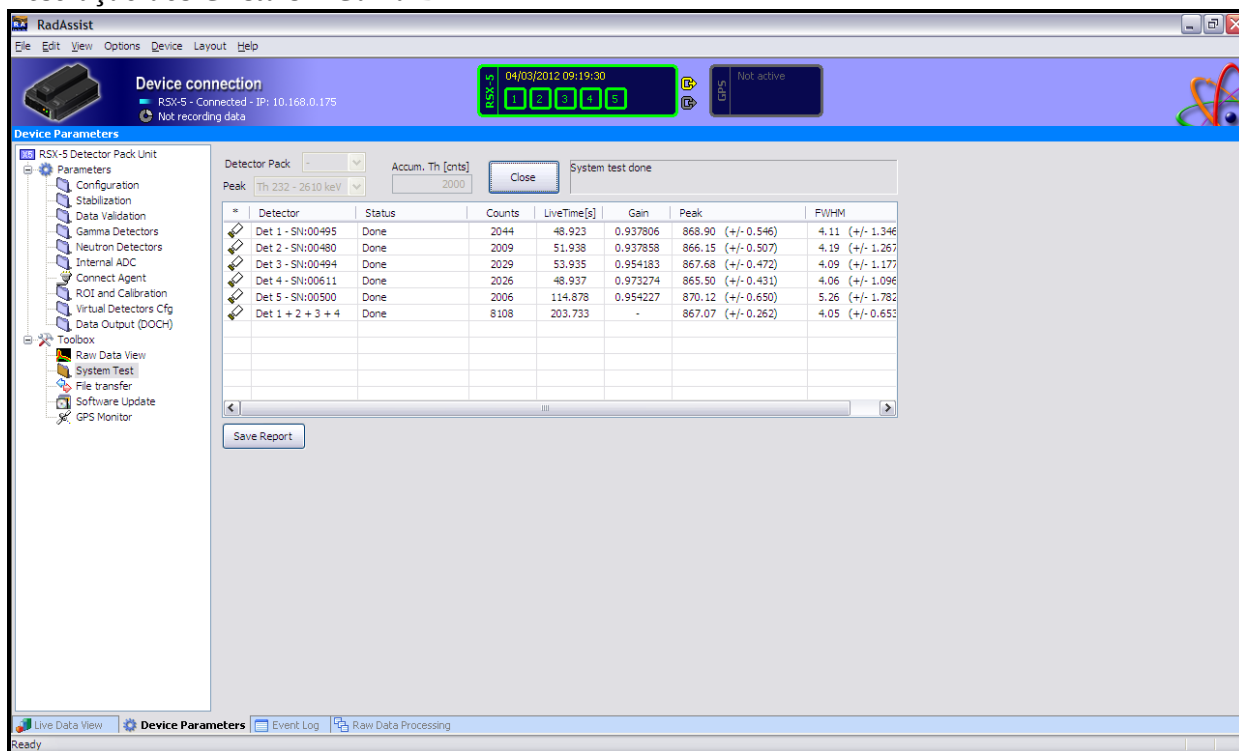
Aeronave: PR-FAM

Data da Calibração: 03/04/12

Resolução dos Cristais – Caixa A



Resolução dos Cristais – Caixa B



ANEXO I-b - Resultado do Teste dos Coeficientes de Espalhamento *COMPTON*

Aeronave: PR-FAM

Data da Calibração: 03/04/2012

**Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os Tanques de
Calibração Transportáveis**

Aeronave PR-FAM

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento					
Aeronave CESSNA 208B - Grand Caravan – PR-FAM					
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>					
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	300,353	72,761	129,644
TH1	Tório	600	347,270	107,283	233,297
U1	Urânio	600	356,259	146,927	132,567
K1	Potássio	600	420,405	72,273	128,980
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	310,848	61,834	108,142
TH2	Tório	600	359,538	100,242	232,982
U2	Urânio	600	379,918	154,178	113,612
K2	Potássio	600	460,918	60,710	107,380

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento				
Aeronave CESSNA 208B - Grand Caravan – PR-FAM				
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>				
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	180212	43656	77786
Tório	600	208362	64370	139978
Urânio	600	213755	88156	79540
Potássio	600	252243	43364	77388
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	186509	37100	64885
Tório	600	215723	60145	139789
Urânio	600	227951	92507	68167
Potássio	600	276551	36426	64428
Pacotes de cristais Ae B (2.048 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	366720	80756	142672
Tório	600	424085	124515	279767
Urânio	600	441706	180663	147707
Potássio	600	528794	79790	141816

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre os Tanques de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais A:

"" CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS ""

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

	PCT K	PPM EU	PPM TH
B Pad	1.410 (.010)	.97 (.03)	2.26 (.10)
K Pad	8.710 (.090)	.32 (.02)	.74 (.10)
U Pad	1.340 (.020)	52.90 (1.00)	3.40 (.14)
T Pad	1.340 (.020)	2.96 (.06)	136.00 (2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Aeronave PR-FAM Caixa A - 03/04/2012

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	180212.	43656.	77786.
K Pad	600.0	252243.	43364.	77388.
U Pad	600.0	213755.	88156.	79540.
T Pad	600.0	208362.	64370.	139978.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.661E+01 (2.561E-01)	1.091E+00 (3.003E-02)	3.433E-01 (9.800E-03)
1.094E-01 (6.876E-02)	1.423E+00 (2.982E-02)	2.370E-01 (5.567E-03)
7.390E-02 (9.232E-02)	3.939E-02 (1.302E-02)	7.745E-01 (1.347E-02)

INVERSE A-MATRIX:

6.055E-02 (9.542E-04)	-4.608E-02 (1.055E-03)	-1.273E-02 (6.378E-04)
-3.724E-03 (3.162E-03)	7.115E-01 (1.474E-02)	-2.161E-01 (5.946E-03)
-5.588E-03 (7.233E-03)	-3.179E-02 (1.037E-02)	1.303E+00 (2.230E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.661E+01 (2.561E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.423E+00 (2.982E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 7.745E-01 (1.347E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.944E+01 (2.997E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.665E+00 (3.489E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 9.216E-01 (1.603E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3060 (.0058)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4432 (.0111)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7669 (.0163)

U INTO TH (A = A32/A22): .0277 (.0091)

K INTO TH (B = A31/A11): .0044 (.0056)

K INTO U (G = A21/A11): .0066 (.0041)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.751E+02 (9.578E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 7.069E+01 (4.400E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.278E+02 (5.891E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais B:

"" CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS ""

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

	PCT K	PPM EU	PPM TH
B Pad	1.410 (.010)	.97 (.03)	2.26 (.10)
K Pad	8.710 (.090)	.32 (.02)	.74 (.10)
U Pad	1.340 (.020)	52.90 (1.00)	3.40 (.14)
T Pad	1.340 (.020)	2.96 (.06)	136.00 (2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Aeronave PR-FAM Caixa B - 03/04/2012

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	186509.	37100.	64885.
K Pad	600.0	276551.	36426.	64428.
U Pad	600.0	227951.	92507.	68167.
T Pad	600.0	215723.	60145.	139789.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.075E+01 (3.017E-01)	1.350E+00 (3.445E-02)	3.548E-01 (1.023E-02)
5.827E-02 (6.358E-02)	1.773E+00 (3.608E-02)	2.608E-01 (5.716E-03)
9.734E-02 (8.515E-02)	8.500E-02 (1.223E-02)	9.322E-01 (1.569E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.833E-02 (7.115E-04)	-3.642E-02 (7.451E-04)	-8.205E-03 (4.396E-04)
-8.575E-04 (1.858E-03)	5.725E-01 (1.155E-02)	-1.598E-01 (4.211E-03)
-4.968E-03 (4.456E-03)	-4.839E-02 (6.560E-03)	1.088E+00 (1.816E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.075E+01 (3.017E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.773E+00 (3.608E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 9.322E-01 (1.569E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.428E+01 (3.530E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.074E+00 (4.221E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.109E+00 (1.867E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2798 (.0046)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3806 (.0095)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7617 (.0136)

U INTO TH (A = A32/A22): .0480 (.0068)

K INTO TH (B = A31/A11): .0047 (.0041)

K INTO U (G = A21/A11): .0028 (.0031)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.795E+02 (1.009E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 5.944E+01 (4.092E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.058E+02 (5.439E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente aos pacotes de cristais A+B:

"" CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS ""

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

	PCT K	PPM EU	PPM TH
B Pad	1.410 (.010)	.97 (.03)	2.26 (.10)
K Pad	8.710 (.090)	.32 (.02)	.74 (.10)
U Pad	1.340 (.020)	52.90 (1.00)	3.40 (.14)
T Pad	1.340 (.020)	2.96 (.06)	136.00 (2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Aeronave PR-FAM Caixa A+B - 03/04/2012

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	366721.	80756.	142671.
K Pad	600.0	528794.	79790.	141816.
U Pad	600.0	441706.	180663.	147707.
T Pad	600.0	424085.	124515.	279767.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

3.737E+01 (5.129E-01)	2.442E+00 (5.757E-02)	6.981E-01 (1.676E-02)
1.677E-01 (9.466E-02)	3.196E+00 (6.377E-02)	4.979E-01 (9.793E-03)
1.712E-01 (1.278E-01)	1.244E-01 (1.838E-02)	1.707E+00 (2.801E-02)

INVERSE A-MATRIX:

2.688E-02 (3.724E-04)	-2.034E-02 (3.659E-04)	-5.061E-03 (2.023E-04)
-1.001E-03 (8.530E-04)	3.173E-01 (6.283E-03)	-9.214E-02 (2.238E-03)
-2.624E-03 (2.025E-03)	-2.108E-02 (2.985E-03)	5.931E-01 (9.679E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.737E+01 (5.129E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 3.196E+00 (6.377E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.707E+00 (2.801E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.372E+01 (6.001E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 3.739E+00 (7.461E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 2.031E+00 (3.334E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2917 (.0037)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4090 (.0077)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7640 (.0111)

U INTO TH (A = A32/A22): .0389 (.0057)

K INTO TH (B = A31/A11): .0046 (.0034)

K INTO U (G = A21/A11): .0045 (.0025)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 5.546E+02 (1.503E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.301E+02 (6.101E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.336E+02 (8.170E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Coefficientes de Espalhamento *Compton*

RESULTADO	
Coefficiente	Valor Obtido em 03/04/2012
α	0,2917 $\pm$ 0,0037
β	0,4090 $\pm$ 0,0077
γ	0,7640 $\pm$ 0,0111
a	0,0389 $\pm$ 0,0057
b	0,0046 $\pm$ 0,0034
g	0,0045 $\pm$ 0,0025

ANEXO I-c – Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico

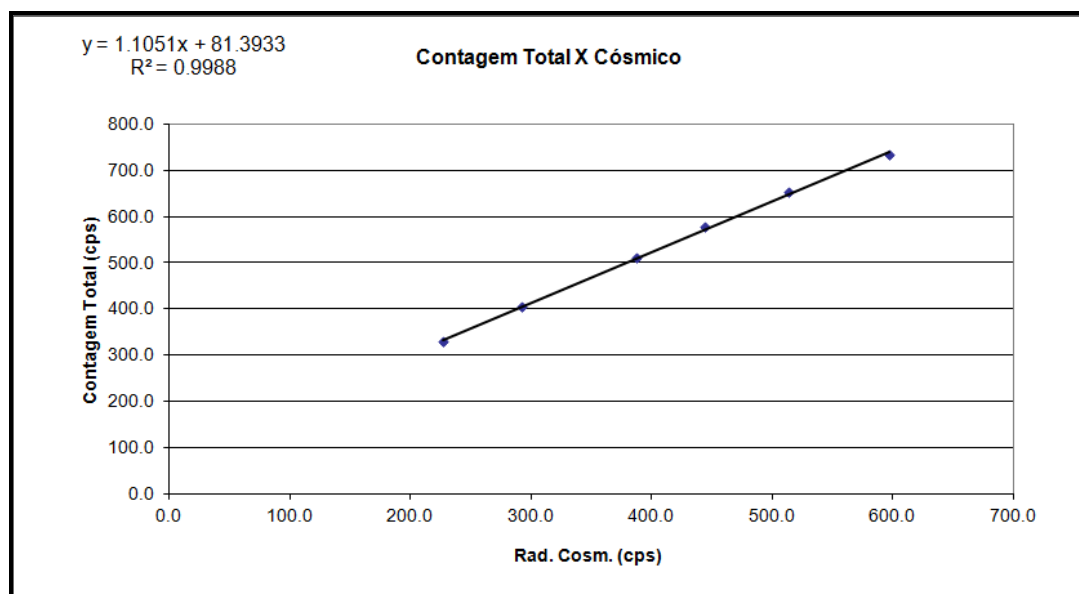
Aeronave: PR-FAM

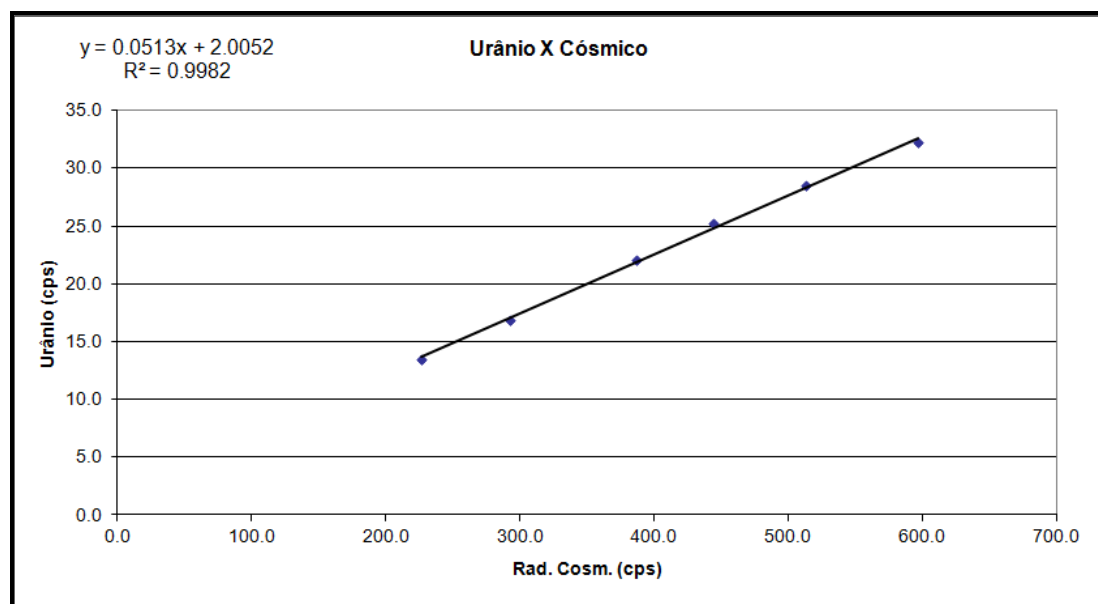
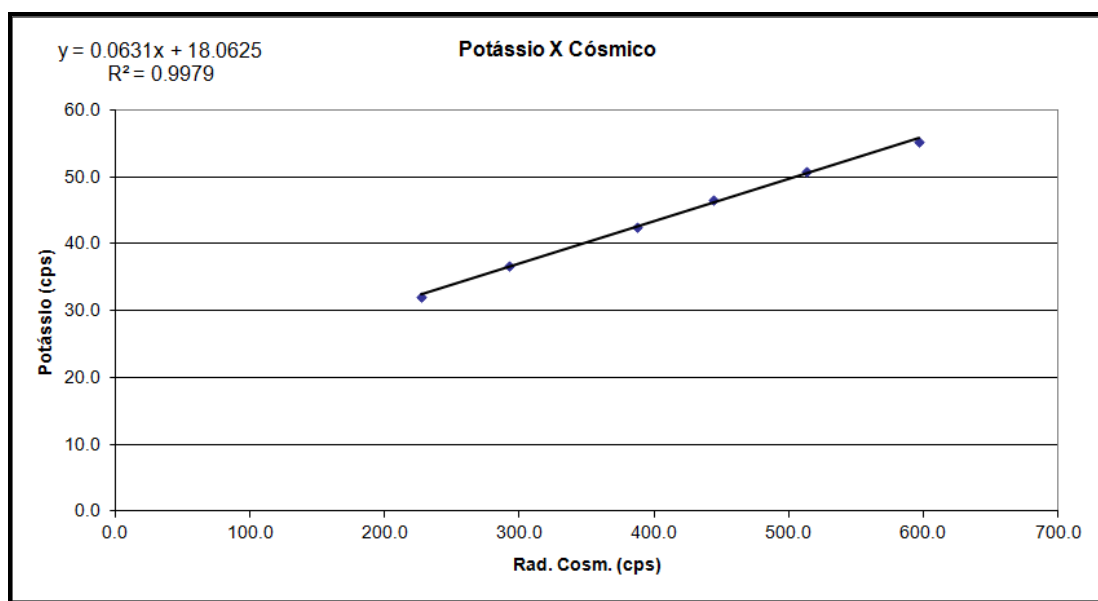
Data da Calibração: 04/04/2012

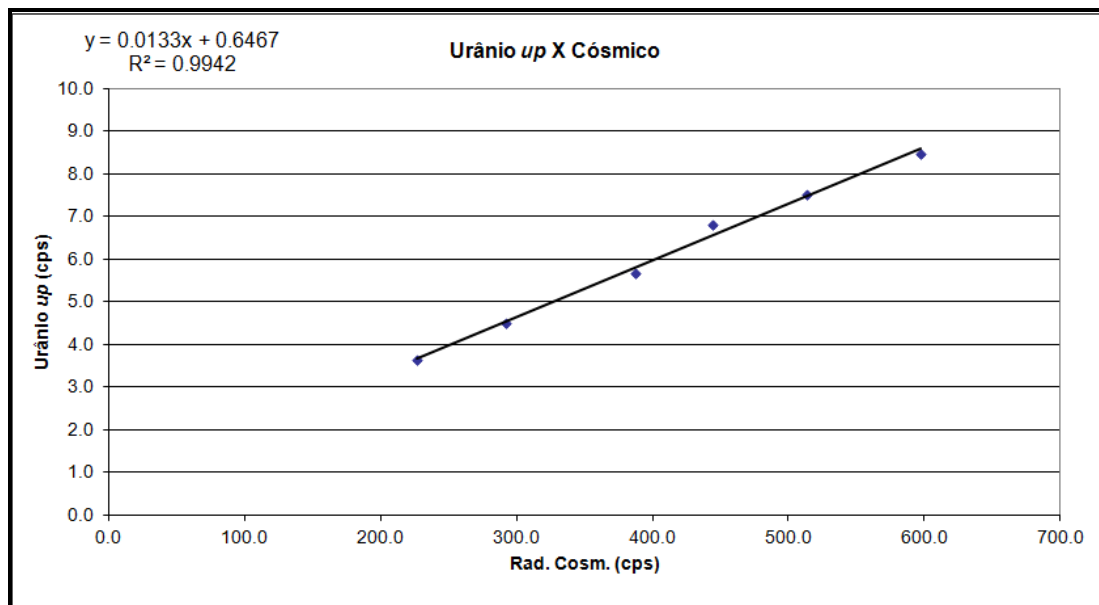
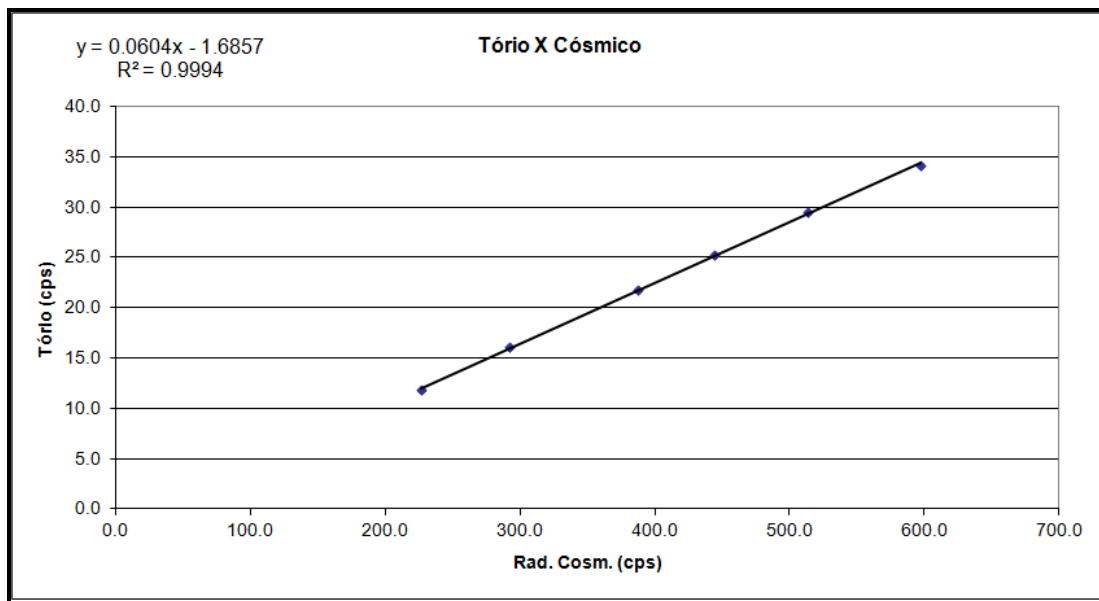
RESULTADO DO VOO CÓSMICO
DA AERONAVE CESSNA 208B - GRAND CARAVAN – PR-FAM
(Vol. Pacote de Cristais: 2.048 pol³)

Rio de Janeiro, 04 de abril de 2012

Altitude (m)	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	Uup (cps)
1595,4	226,956	328,282	32,010	13,451	11,833	3,640
2231,0	292,496	403,899	36,666	16,870	16,044	4,508
2878,2	387,211	510,847	42,470	22,057	21,766	5,675
3196,5	444,001	578,421	46,467	25,180	25,262	6,801
3516,6	513,340	653,364	50,855	28,481	29,554	7,523
3842,0	597,227	733,572	55,172	32,230	34,099	8,458







RESULTADO		
CANAL	Background Aeronave	Stripping Cósmico
CT	81,3933	1,1051
K	18,0625	0,0631
U	2,0052	0,0513
Th	0,0000*	0,0604
Uup	0,6467	0,0133

*Valor considerado como zero para efeitos de processamento

ANEXO I-d – Determinação das Constantes de Calibração do Radônio

Aeronave: PR-FAM

Médias por Voo (cps)

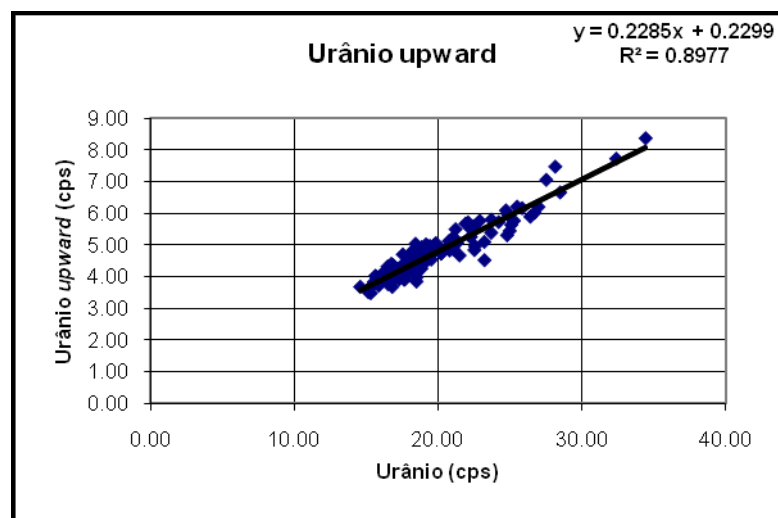
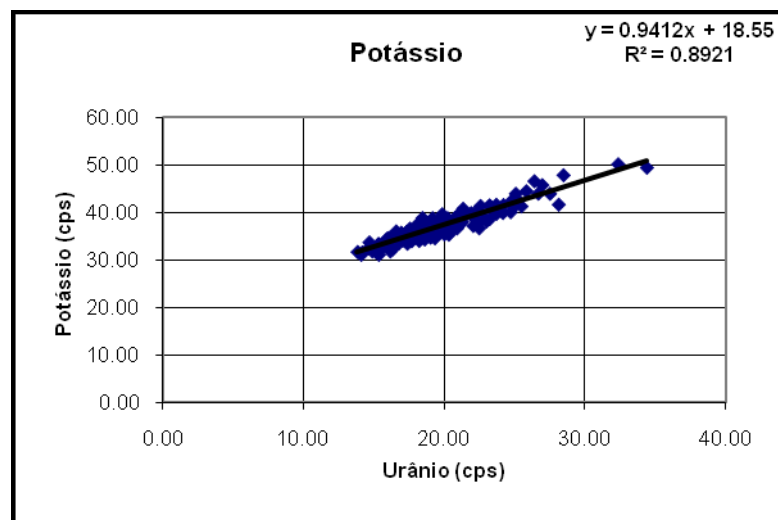
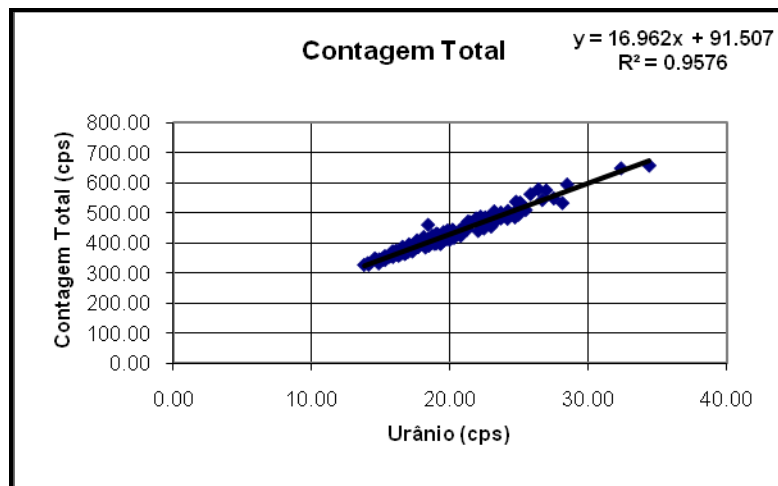
Voo	Urânio	Tório	Urânio Upward	Potássio	Contagem Total	Cósmico
5	18,84	12,28	4,25	36,68	415,55	176,00
	21,33	13,99	5,07	40,87	472,16	173,00
6	-	-	-	-	454,69	174,00
	21,07	14,31	4,86	39,88	458,13	175,00
7	-	-	-	-	-	-
	21,49	12,40	4,67	39,87	470,20	175,00
8	-	-	-	-	-	-
	28,47	15,50	6,67	47,91	595,53	175,00
9	26,68	14,15	6,02	44,06	543,88	172,00
	34,40	15,61	8,39	49,51	658,51	190,00
11	19,04	13,47	4,79	37,50	431,72	171,00
	23,22	15,26	4,52	41,56	497,27	175,00
12	23,69	12,50	5,39	41,70	501,95	180,00
	25,48	12,22	6,22	41,38	510,50	171,00
13	16,60	12,18	3,96	34,62	387,79	180,00
	18,86	11,60	4,93	37,04	409,14	189,00
14	17,62	12,05	4,03	35,74	391,36	188,00
	24,97	14,55	5,45	42,37	515,40	171,00
15	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	512,18	174,00
16	17,02	11,00	4,12	34,28	371,88	181,00
	32,36	14,79	7,74	50,22	649,25	175,00
17	-	-	-	-	-	-
	26,96	17,19	6,21	45,84	575,90	173,00
18/20	17,32	11,05	4,24	36,01	390,38	177,00
	-	-	-	-	587,70	176,00
21/22	18,22	10,80	4,23	36,31	397,26	181,00
	26,40	17,50	5,90	46,66	579,18	178,00
23/24	17,03	11,05	4,01	35,50	387,43	183,00
	-	-	-	-	653,53	178,00
25/26	16,50	11,26	4,32	35,25	376,53	181,00
	19,43	11,68	4,97	37,00	412,02	208,00
27	19,85	11,47	5,06	39,71	442,42	181,00
	16,88	12,17	4,36	34,59	381,58	176,00
29/30	17,28	11,02	4,14	35,50	384,72	183,00
	18,71	12,55	4,31	37,61	414,55	174,00
31	18,74	12,55	4,53	37,18	425,24	177,00
	25,26	15,17	5,77	42,63	524,41	173,00
32	-	-	-	-	-	-
	22,57	13,79	4,96	41,46	485,69	172,00
33/34	18,54	11,46	4,26	36,35	406,83	179,00
	19,39	11,95	4,62	37,01	415,66	179,00
35	16,15	11,82	3,90	34,80	367,53	184,00
	20,21	12,21	4,73	38,79	443,68	174,00

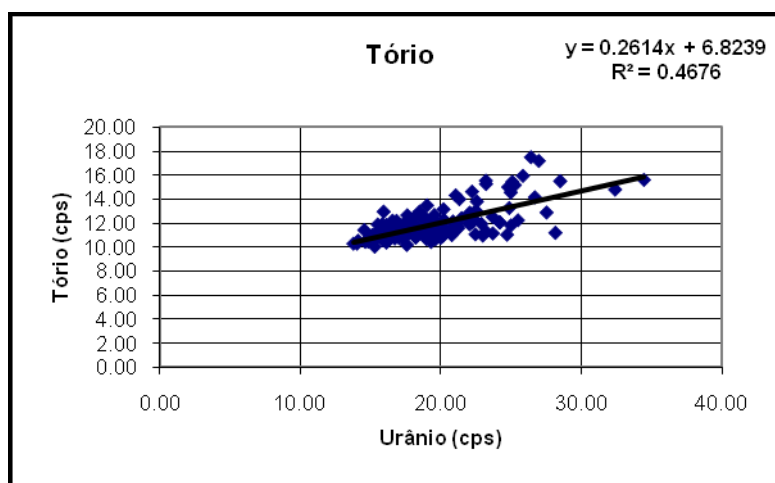
Voo	Urânio	Tório	Urânio Upward	Potássio	Contagem Total	Cósmico
36	-	-	-	-	-	-
	20,21	12,21	4,73	38,79	443,68	174,00
42	19,31	11,87	4,96	36,27	403,67	216,00
	25,08	15,44	5,64	44,02	535,26	176,00
43	-	-	-	-	-	-
	23,21	15,54	5,10	41,48	505,87	182,00
44/45	17,70	12,29	4,36	35,15	398,48	189,00
	21,21	11,70	5,50	37,90	447,65	184,00
46/47	18,73	12,59	4,36	36,66	417,71	187,00
	22,36	12,85	5,50	37,78	471,66	182,00
48	-	11,88	4,49	36,38	409,36	183,00
	18,44	11,10	5,04	38,92	461,06	181,00
50	19,16	12,18	5,02	38,90	429,14	183,00
	25,83	15,94	6,17	44,55	563,20	183,00
51	-	-	-	-	-	-
	24,79	15,00	5,31	42,60	538,01	184,00
52	19,72	11,62	5,00	37,60	432,12	185,00
	27,51	12,87	7,07	44,02	549,19	188,00
53	-	-	-	-	-	-
	22,23	14,62	5,26	40,26	488,20	180,00
54	17,93	11,38	4,17	36,69	407,03	182,00
	18,06	11,50	4,49	35,57	396,00	177,00
056/057	16,82	11,12	3,67	34,37	366,28	184,00
	17,55	11,36	4,70	36,69	393,74	187,00
058/059	16,93	11,63	3,91	35,84	381,81	183,00
	16,57	11,06	4,25	36,12	368,73	179,00
060/061	18,52	12,69	4,12	35,96	401,51	182,00
	16,14	11,71	4,10	33,17	375,23	179,00
062/063	15,90	11,43	3,89	34,40	364,71	182,00
	15,90	11,43	3,89	34,40	364,71	182,00
064/065	15,31	10,53	3,65	33,46	355,26	184,00
	15,91	10,56	3,89	33,83	354,00	183,00
066/067	22,52	13,01	4,84	39,55	479,12	180,00
	21,25	11,55	5,16	38,21	444,47	177,00
069/070	16,76	10,69	4,40	34,34	364,08	183,00
	20,26	11,49	4,79	38,83	436,50	180,00
071/072	18,13	12,47	4,54	37,76	420,50	185,00
	23,7	11,12	5,81	39,80	482,33	183,00
73	-	-	-	-	-	-
	16,54	11,09	4,07	34,52	373,93	185,00
74	-	-	-	-	-	-
	22,27	12,07	5,26	39,23	465,28	183,00
75	-	-	-	-	-	-
	20,74	11,31	5,12	38,89	443,39	183,00
76	-	-	-	-	-	-
	18,99	10,66	4,75	35,01	408,29	173,00
77	-	-	-	-	-	-
	17,54	11,06	4,30	34,44	392,24	180,00

Voo	Urânio	Tório	Urânio Upward	Potássio	Contagem Total	Cósmico
78	-	-	-	-	-	-
	17,68	11,38	4,21	34,86	387,39	187,00
79	-	-	-	-	-	-
	15,66	11,37	4,01	33,55	354,67	182,00
80	-	-	-	-	-	-
	16,79	11,85	4,13	33,67	379,46	184,00
81	-	-	-	-	-	-
	18,25	10,78	4,40	34,41	385,87	184,00
82	-	-	-	-	-	-
	17,53	11,69	4,37	34,61	387,11	178,00
83	-	-	-	-	-	-
	15,33	11,02	3,47	33,24	352,63	184,00
84	-	-	-	-	-	-
	17,17	11,48	4,10	34,26	385,06	183,00
85	24,20	12,03	5,73	41,66	507,54	185,00
	19,53	11,42	4,54	36,27	411,64	183,00
86	-	-	-	-	-	-
	18,96	11,73	4,38	36,45	402,22	186,00
87	-	-	-	-	-	-
	17,70	11,62	3,91	35,32	387,48	183,00
89	-	-	-	-	-	-
	17,83	11,95	4,26	35,94	393,74	186,00
90	-	-	-	-	-	-
	15,17	10,75	3,50	32,85	347,83	186,00
91	-	-	-	-	-	-
	18,39	11,68	4,10	35,58	407,82	183,00
92	-	-	-	-	-	-
	18,93	10,81	4,56	36,31	413,21	184,00
93	17,30	10,80	3,91	34,98	372,39	183,00
	22,36	12,31	5,47	39,61	470,50	182,00
99	18,90	11,40	4,60	35,47	397,98	184,00
	22,89	11,92	5,77	38,82	477,87	185,00
100/101	20,88	12,11	5,16	37,14	443,26	184,00
	24,86	13,25	5,95	41,69	509,79	184,00
102	16,51	11,51	3,76	33,62	375,62	183,00
	20,17	10,90	4,86	36,41	420,34	181,00
103	17,37	11,36	4,26	33,52	376,20	179,00
	-	-	-	-	-	-
105	15,66	11,26	4,02	32,89	357,28	182,00
	-	-	-	-	-	-
106	14,60	11,40	3,67	32,53	348,96	180,00
	-	-	-	-	-	-
107	18,52	12,96	3,98	36,31	405,64	187,00
	18,50	11,39	3,84	35,26	391,46	183,00
108/109	17,69	11,89	4,02	34,08	393,83	183,00
	22,08	11,98	5,72	39,01	466,60	181,00
110/111	16,40	11,07	4,09	33,90	360,89	178,00
	21,01	11,36	5,22	37,38	440,20	182,00

Voo	Urânio	Tório	Urânio Upward	Potássio	Contagem Total	Cósmico
112/113	16,68	11,50	4,30	34,98	381,42	188,00
	19,64	10,64	4,92	35,83	416,60	181,00
114	15,35	10,75	3,69	32,54	353,00	185,00
	20,80	10,98	4,83	36,94	424,36	183,00
115	18,43	11,43	4,59	36,45	412,68	186,00
	-	-	-	-	-	-
116	19,40	11,27	4,65	36,13	401,69	182,00
	-	-	-	-	-	-
117	17,64	12,64	3,90	36,00	409,31	185,00
	19,02	10,85	4,88	34,80	398,56	186,00
118	18,20	11,03	4,80	34,11	390,83	187,00
	24,71	11,01	6,10	40,16	485,87	186,00
119	28,13	11,17	7,49	41,73	533,69	182,00
	-	-	-	-	-	-
120	15,88	11,90	3,71	33,77	372,65	174,00
	20,91	11,68	5,08	36,75	435,63	174,00
122	21,90	12,55	5,68	39,96	482,80	186,00
	18,60	11,25	4,79	34,41	397,46	186,00
123	15,55	11,87	3,83	33,04	355,32	183,00
	22,47	11,04	5,60	36,76	448,83	183,00
124	19,33	10,40	4,61	34,67	397,02	182,00
	-	-	-	-	-	-
125	-	-	-	-	526,91	187,00
	18,32	11,05	4,40	35,52	396,80	185,00
126	15,17	10,82	3,85	31,95	344,68	188,00
	-	-	-	-	-	-
127	15,17	10,98	3,74	31,69	347,45	184,00
	-	-	-	-	-	-
128	14,09	10,26	3,94	31,18	333,40	185,00
	-	-	-	-	-	-
129	16,32	10,97	4,08	32,36	358,34	185,00
	-	-	-	-	-	-
130	17,07	10,73	4,69	34,37	396,04	186,00
	-	-	-	-	-	-
131	17,04	11,64	4,07	34,21	386,55	186,00
	22,99	10,94	5,50	38,19	455,21	185,00
132	16,31	10,69	3,58	32,91	364,09	185,00
	-	-	-	-	-	-
133	19,47	11,36	4,38	38,02	427,39	183,00
	-	-	-	-	-	-
134	19,55	10,93	4,22	35,60	407,37	184,00
	-	-	-	-	-	-
135	23,21	11,28	6,05	38,68	468,14	196,00
	-	-	-	-	-	-
136	14,92	10,74	3,91	32,31	346,17	186,00
	-	-	-	-	-	-
137	20,32	12,16	5,28	35,42	417,53	207,00
	-	-	-	-	-	-

Voo	Urânio	Tório	Urânio Upward	Potássio	Contagem Total	Cósmico
138	15,34	10,01	3,98	31,17	343,54	183,00
	-	-	-	-	-	-
139	20,31	11,17	4,87	35,91	421,68	194,00
	-	-	-	-	-	-
140	17,61	10,16	4,60	34,07	391,79	187,00
	-	-	-	-	-	-
141	24,98	11,79	5,99	41,36	495,41	195,00
	-	-	-	-	-	-
142	16,16	10,35	3,99	31,90	362,09	182,00
	-	-	-	-	-	-
143	19,55	11,24	5,47	37,04	426,09	198,00
	-	-	-	-	-	-
144	16,32	10,55	3,74	32,51	362,67	183,00
	-	-	-	-	-	-
145	19,56	12,67	4,59	38,23	436,85	184,00
	-	-	-	-	-	-
146	20,00	10,74	4,55	35,47	411,26	185,00
	22,07	12,86	5,44	39,11	468,94	180,00
151	16,64	11,36	4,12	34,55	375,05	192,00
	-	-	-	-	-	-
152	20,21	13,14	5,26	37,15	428,95	233,00
	-	-	-	-	-	-
154	15,97	12,94	4,31	34,67	371,84	244,00
	-	-	-	-	-	-
155	18,97	12,31	5,19	36,88	414,83	229,00
	-	-	-	-	-	-
156	16,24	11,60	4,10	34,47	363,31	221,00
	22,05	11,88	5,90	37,26	440,70	209,00
159	-	-	-	-	-	-
	13,83	10,26	3,79	31,79	327,44	185,00
160	-	-	-	-	-	-
	17,65	11,04	4,45	35,51	388,28	198,00
161	14,88	10,43	3,87	31,90	332,62	185,00
	24,17	12,07	5,67	39,98	481,38	175,00
163	14,16	10,50	3,26	31,66	328,34	185,00
	19,84	11,91	5,20	36,84	413,66	183,00
164	14,67	10,41	3,73	33,79	346,05	185,00
	17,74	11,12	4,71	34,99	387,68	179,00
171	-	-	-	-	-	-
	15,34	10,71	3,79	33,40	355,64	189,00





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	a_{tc}	16,962
Potássio	a_k	0,9412
Urânio <i>upward</i>	a_u	0,2285
Tório	a_t	0,2614

ANEXO I-e – Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes

CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS

POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO

SUMÁRIO

- 1 - Considerações Gerais
- 2 - Levantamento Terrestre
- 3 - Levantamento Aéreo
- 4 - Conversão para Concentração de Elementos

Índice das Figuras, Quadros, Tabela e Mapa

Figura 1 - Gamaespectrômetro Portátil GR-320

Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica

Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total

Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração

Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá

Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração

Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração após a Correção
do *Background*

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade

Tabela 1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre

Mapa 1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para a conversão dos dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos para K (em %), eU e eTh (em ppm) e o canal de contagem total em taxa de exposição (em $\mu\text{R/h}$) são utilizadas técnicas de calibração para os sistemas gamaespectrométricos aéreo e terrestre transferidas por consultores especialistas canadenses a técnicos da CPRM, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e das empresas de levantamento aerogeofísico, reunidos em um *workshop* patrocinado pela CPRM, em conjunto com o Geological Survey of Canada, em junho de 1997.

A conversão dos dados aerogamaespectrométricos de contagens por segundo (cps) para concentração de elementos exige a utilização de uma “pista de calibração dinâmica” (*Dynamic Calibration Range – DCR*), para obtenção dos coeficientes de sensibilidade (contagens por segundo / unidade de concentração), bem como para a determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ), empregados na correção altimétrica dos canais radiométricos.

Os sistemas gamaespectrométricos, tanto aéreo quanto portátil terrestre, devem ser calibrados aproximadamente a cada 12 meses.

2. LEVANTAMENTO TERRESTRE

Na coleta de dados ao longo da pista de calibração foram utilizados um gamaespectrômetro portátil EXPLORANIUM, modelo GR-320, 256 canais, com detector de iodeto de sódio ativado a tálio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662 keV), como mostra a Figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.

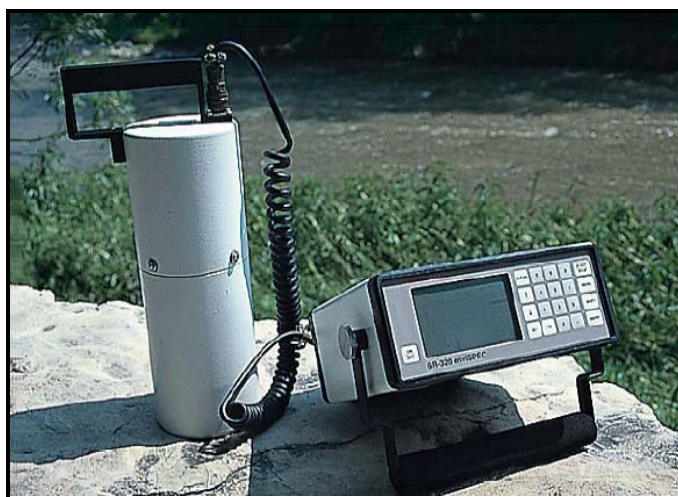


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Cerca de 70 estações são registradas ao longo da linha de calibração. Para efeito da remoção do *background* atmosférico da região, são feitas medidas sobre a água, utilizando para isto a Lagoa de Maricá, nas proximidades da linha de calibração. A Figura 2 ilustra a coleta de dados terrestres. Os Quadros 1 e 2 resumem os resultados obtidos no levantamento terrestre.



Figura 2 – Coleta de Dados Terrestres sobre a Pista de Calibração Dinâmica.

Os resultados apresentados a seguir, refere-se a seguinte aeronave que participou da Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso.

Aeronave	Data da Calibração
PR-FAM	03/04/2012

Quadro 1 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração.

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT(*) (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAM	Nº de Amostras: 65								
	MÉDIA	13,43	2,24	2,41	29,57	3715,22	681,09	189,29	262,00
	DESVIO PADRÃO	2,92	0,65	0,81	8,95	783,60	151,14	46,84	78,81
	ERRO NA MÉDIA (1)	0,36	0,08	0,10	1,11	97,19	18,75	5,81	9,78
	INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,04	0,04				

- (*) Valor obtido através da expressão:
 $E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$
 E = Taxa de Exposição (μR/h)
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)^{1/2}
- (2) Incerteza = Erro na Média / Média
- cpm = contagem por minuto

Quadro 2 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá (background).

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT(*) (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAM	Nº de Amostras: 8								
	MÉDIA	-0,01*	-0,06*	-0,34*	1,05	143,75	-13,00	-1,63	9,13
	DESVIO PADRÃO	0,08	0,05	0,20	0,38	15,94	4,14	2,92	3,18
	ERRO NA MÉDIA	0,03	0,02	0,07	0,13	5,64	1,46	1,03	1,13
	INCERTEZA (%)	0,00	0,00	0,00	0,13				

* Valores considerados como zero para efeito do cálculo de remoção de background

3. LEVANTAMENTO AÉREO

Foi utilizado na aeronave gamaespectrômetro (vide item 2.2.3), com cristais detectores de NaI com 2.048 *down* e 512 *pol³ up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés. A razão pela qual foram voadas linhas em várias altitudes foi o aproveitamento dos dados para calcular também os coeficientes de atenuação atmosférica (*attenuation coefficients*), os quais são utilizados para a correção altimétrica dos dados radiométricos.

4. CONVERSÃO PARA CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS

A sensibilidade dos detectores da aeronave para as janelas de potássio, urânio e tório foi determinada com base na razão entre as medidas efetuadas a bordo (N) e em terra (C), com a aplicação da seguinte expressão:

$$S = N / C, \text{ onde:}$$

S corresponde à sensibilidade para cada janela,

N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à altura do levantamento (100 m) e situada no trecho de interesse das estações utilizadas,

C é a média das concentrações para cada canal das estações terrestres de interesse.

Foram utilizados os dados aéreos relativos à primeira passagem na altura de 100 m sobre a pista de calibração, correspondente ao intervalo de 50 metros entre as estações terrestres consideradas para efeito do cálculo da média dos elementos K, U, e Th (do Marco 0 até a estaca 7N).

Para cálculo da “taxa de exposição” (*Exposure rate*) do canal de contagem total é utilizada a fórmula abaixo (IAEA, 1991):

$$E = 1,505 K\% + 0,653 eU + 0,287 eTh, \text{ onde:}$$

E é o símbolo para *Exposure rate*, K%, eU e eTh correspondem às concentrações médias destes elementos determinadas em terra na pista de calibração dinâmica, após a redução do *background* medido na lagoa de Maricá. Os dados estatísticos e os resultados da calibração dinâmica são resumidos nos Quadros 3, 4 e 5, a seguir:

Quadro 3 – Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração.

AERONAVE	ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
PR-FAM	MÉDIA	2398,44	117,18	23,79	106,00
	DESVIO PADRÃO	211,60	23,21	9,59	14,14
	ERRO NA MÉDIA	17,63	1,93	0,80	1,18
	INCERTEZA (%)	0,01	0,02	0,03	0,01

* tempo morto, *background*, *stripping* e atenuação corrigidos

Quadro 4 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração após a Correção do *Background*.

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAM	MÉDIA	13,13	2,24	2,41	28,52	3571,47	694,09	190,92	252,87
	DESVIO PADRÃO	2,92	0,65	0,91	8,92	783,60	151,14	46,84	78,81
	ERRO NA MÉDIA	0,36	0,08	0,11	1,11	97,19	18,75	5,81	9,78
	INCERTEZA (%)	0,03	0,04	0,05	0,04				

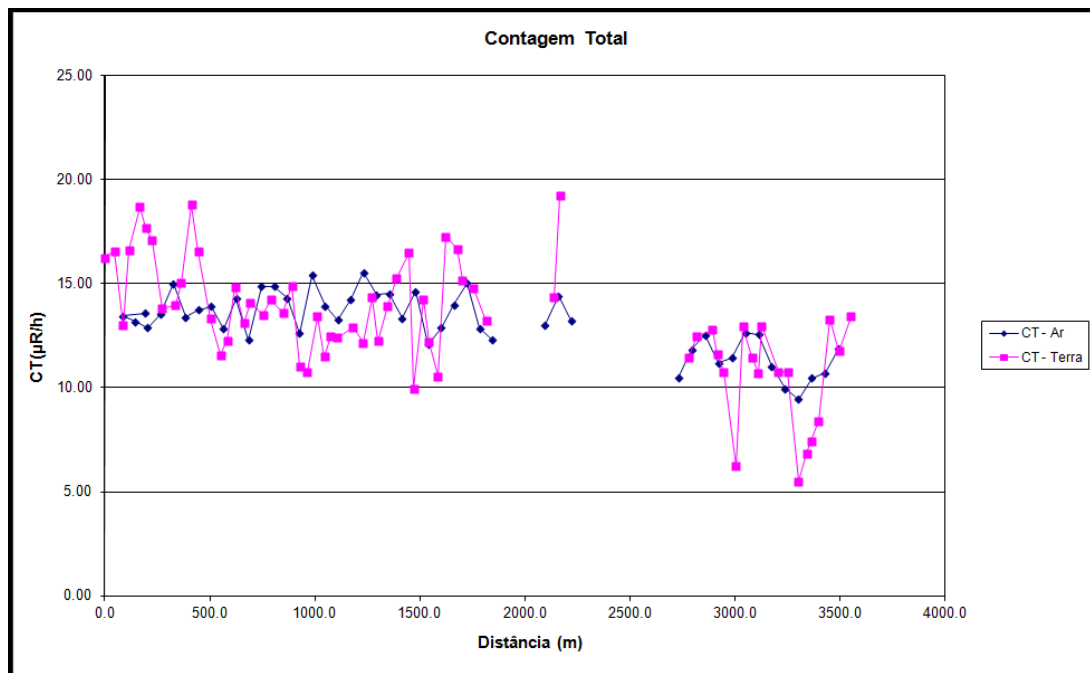
cpm = contagens por minuto

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade.

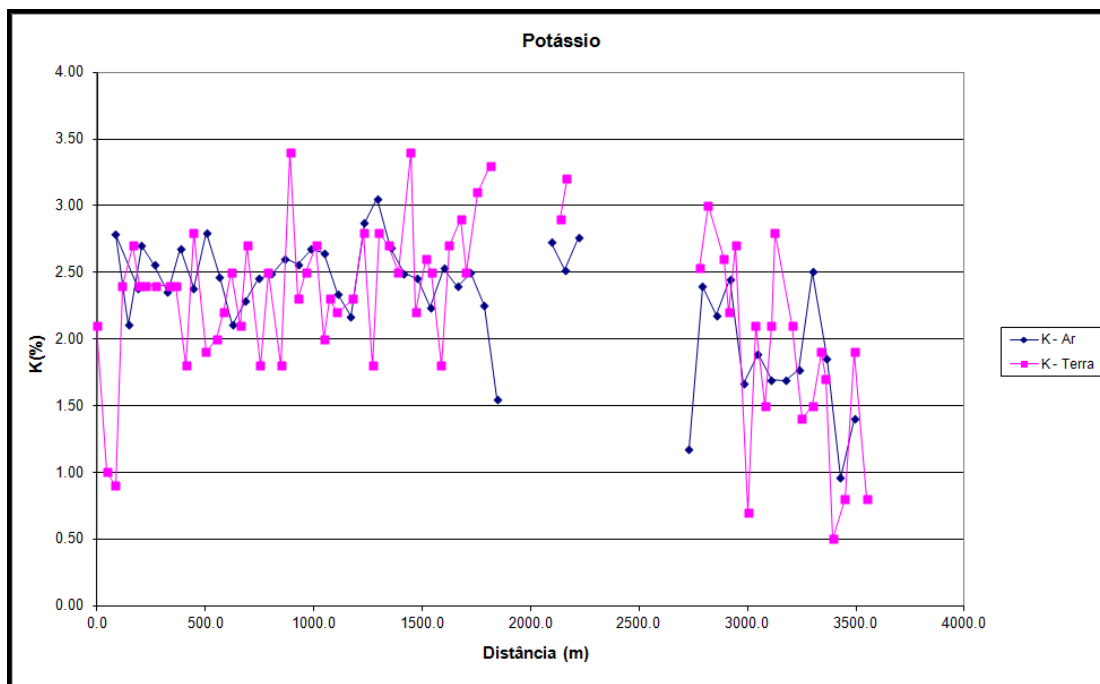
AERONAVE	SENSIBILIDADE (S)			
	CT (cps / μ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
PR-FAM	182,67	52,31	9,87	3,72

As Figuras a seguir apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre.

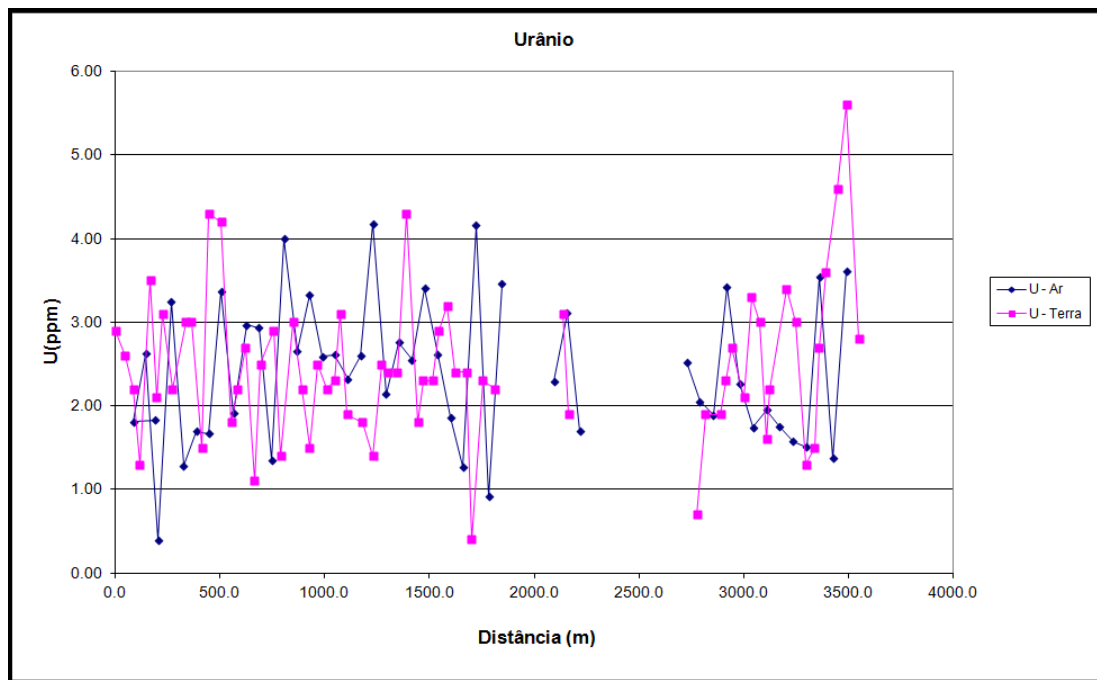
Aeronave: PR-FAM



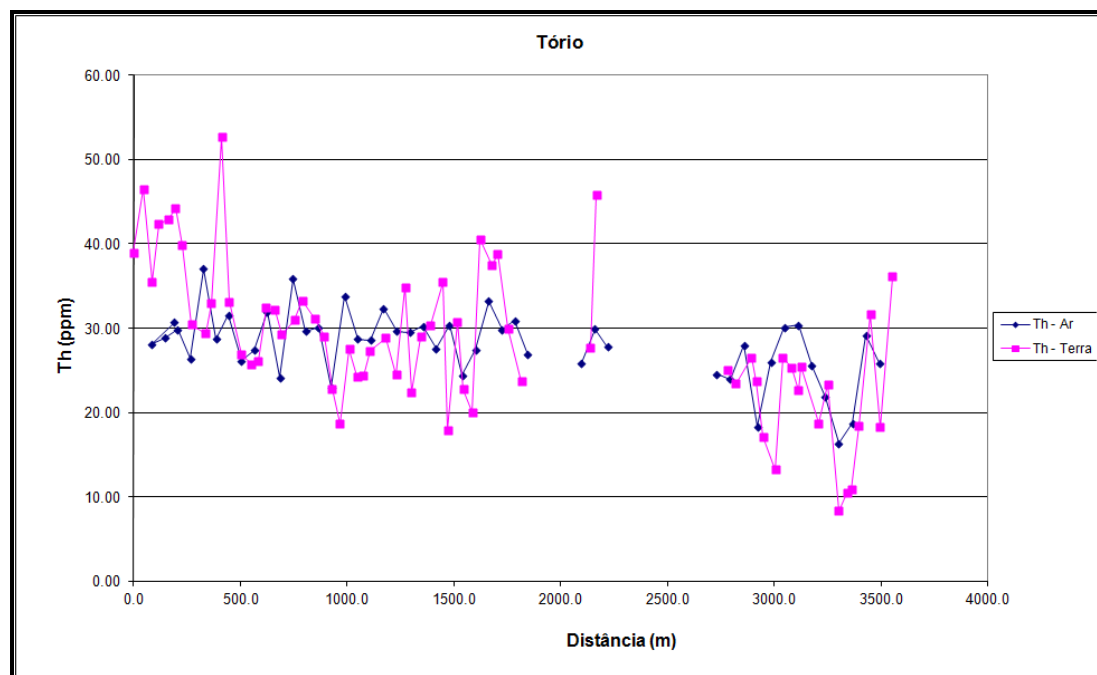
Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total.



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio.



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio.



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório.

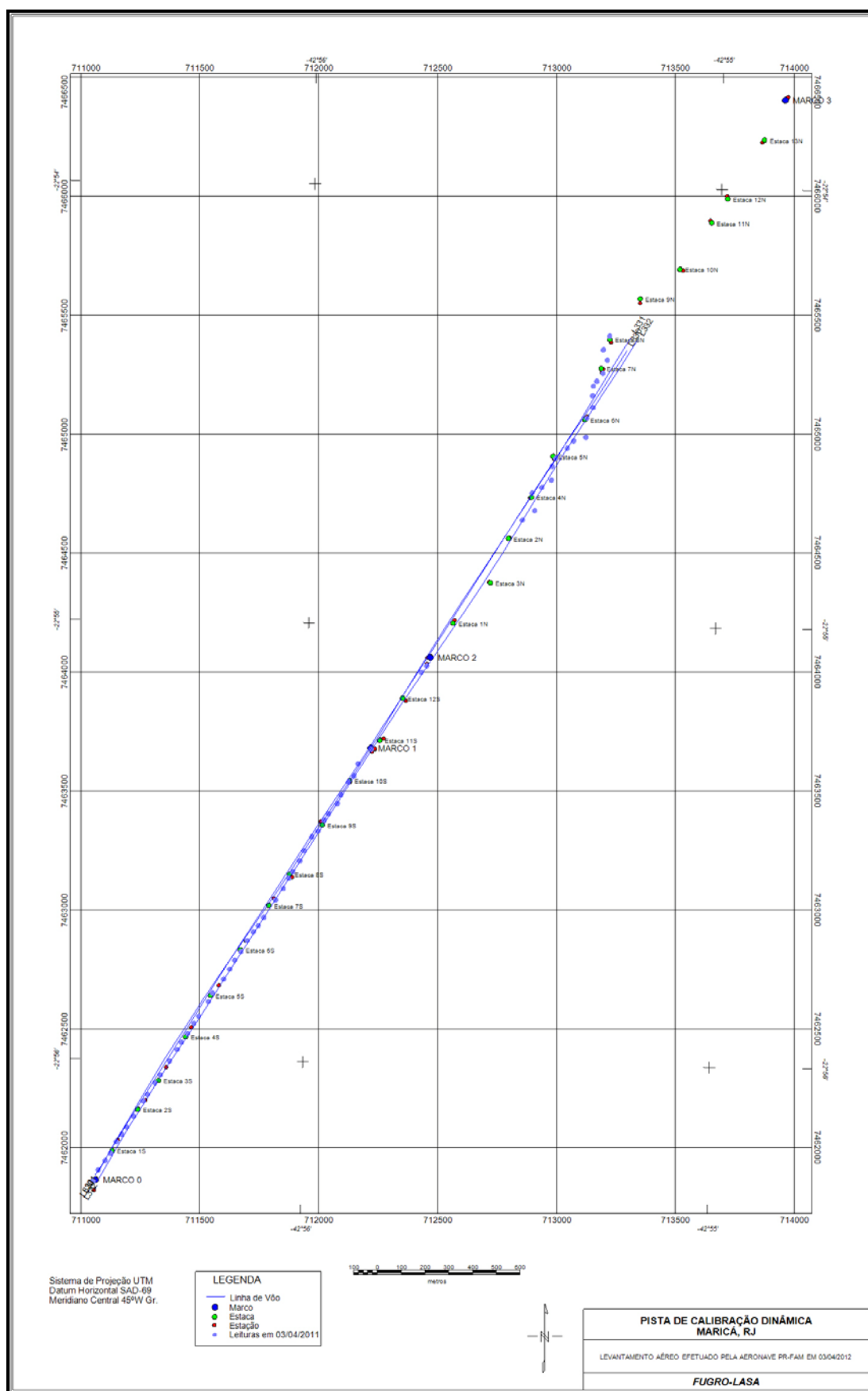
**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 03/04/2012
 DADOS BRUTOS**

Estação	Estaca	UTM Leste (m)	UTM Norte (m)	CT (µR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711008,7	7461817,2	16,5	2,1	2,9	40,0	4395	723	249	353
2		711029,3	7461863,0	16,9	1,0	2,6	47,6	4429	522	281	419
3		711058,3	7461902,6	13,3	0,9	2,2	36,6	3623	441	220	322
4		711081,5	7461933,1	16,9	2,4	1,3	43,4	4880	781	236	380
5	Estaca 1S	711105,0	7461982,0	19,0	2,7	3,5	44,0	5143	888	280	388
6		711128,2	7462012,4	18,0	2,4	2,1	45,3	5013	804	260	398
7		711148,6	7462042,9	17,4	2,4	3,1	40,9	4622	794	257	360
8		711177,8	7462088,7	14,1	2,4	2,2	31,5	3814	717	195	277
9	Estaca 2S	711218,6	7462152,7	14,3	2,4	3,0	30,4	4005	728	205	268
10		711236,0	7462180,2	15,3	2,4	3,0	34,0	4098	754	222	300
11		711268,1	7462228,9	19,1	1,8	1,5	53,7	5249	738	289	471
12		711291,3	7462262,5	16,8	2,8	4,3	34,2	4658	851	248	302
13	Estaca 3S	711329,2	7462320,4	13,6	1,9	4,2	27,9	3661	634	215	247
14		711361,2	7462369,2	11,9	2,0	1,8	26,8	3317	602	164	235
15		711378,8	7462399,7	12,6	2,2	2,2	27,2	3542	664	173	240
16		711404,9	7462436,2	15,1	2,5	2,7	33,5	4149	768	214	296
17	Estaca 4S	711431,2	7462479,0	13,4	2,1	1,1	33,2	3652	644	183	292
18		711451,6	7462509,4	14,4	2,7	2,5	30,3	4131	792	195	267
19		711492,3	7462570,4	13,8	1,8	2,9	32,0	3663	613	211	282
20		711509,9	7462607,1	14,5	2,5	1,4	34,3	3948	748	193	301
21	Estaca 5S	711556,3	7462664,9	13,9	1,8	3,0	32,2	3703	621	214	284
22		711582,6	7462707,6	15,2	3,4	2,2	30,1	4275	925	188	265
23		711603,1	7462744,2	11,3	2,3	1,5	23,9	3250	654	144	210
24		711629,2	7462780,8	11,0	2,5	2,5	19,7	3241	671	143	174
25	Estaca 6S	711655,5	7462826,6	13,7	2,7	2,2	28,6	3896	772	182	252
26		711681,7	7462863,1	11,8	2,0	2,3	25,3	3271	604	167	223
27		711702,0	7462890,5	12,8	2,3	3,1	25,4	3570	673	183	224
28		711725,3	7462924,1	12,7	2,2	1,9	28,4	3550	664	175	250
29	Estaca 7S	711774,8	7462997,2	13,2	2,3	1,8	29,9	3760	693	179	263
30		711806,8	7463046,0	12,4	2,8	1,4	25,5	3587	753	151	224
31		711830,2	7463088,8	14,6	1,8	2,5	35,9	3831	623	222	316
32		711847,7	7463116,2	12,5	2,8	2,4	23,5	3656	758	159	208
33	Estaca 8S	711876,8	7463161,9	14,2	2,7	2,4	30,0	4088	785	191	264
34		711894,5	7463204,8	15,6	2,5	4,3	31,4	4224	771	234	278
35		711926,7	7463262,8	16,8	3,4	1,8	36,5	4637	948	212	321
36		711952,7	7463287,0	10,3	2,2	2,3	19,0	2892	617	136	168
37	Estaca 9S	711979,0	7463332,8	14,5	2,6	2,3	31,8	4002	759	199	280
38		711996,5	7463360,3	12,5	2,5	2,9	23,8	3694	703	171	211
39		712034,1	7463402,8	10,9	1,8	3,2	21,1	3058	561	163	187
40		712048,9	7463439,5	17,6	2,7	2,4	41,6	4926	837	249	366
41	Estaca 10S	712081,0	7463494,5	17,0	2,9	2,4	38,5	4680	862	234	339
42		712104,2	7463518,8	15,5	2,5	0,4	39,9	4366	766	202	380
43		712122,0	7463570,8	15,1	3,1	2,3	31,0	4331	874	195	273
44	Marco 1	712177,0	7463631,6	13,5	3,3	2,2	24,7	3894	863	161	281

Estação	Estaca	UTM Leste (m)	UTM Norte (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
45		712386,8	7463954,8	14,7	2,9	3,1	28,8	4120	832	198	254
46	Estaca 13S	712410,0	7463982,1	19,5	3,2	1,9	46,9	5264	974	265	412
47		712811,9	7464595,0	10,8	2,5	0,7	22,7	3183	665	125	199
48		712863,8	7464634,2	12,8	3,0	1,9	24,5	3703	809	155	215
49	Estaca 4N	712853,4	7464708,2	13,1	2,6	1,9	27,6	3554	729	152	242
50		712893,7	7464732,3	11,9	2,2	2,3	24,7	3222	642	165	218
51		712934,0	7464762,5	11,1	2,7	2,7	18,2	3165	723	141	162
52		712937,7	7464820,9	6,5	0,7	2,1	14,3	1820	270	109	127
53	Estaca 5N	712952,4	7464854,5	13,2	2,1	3,3	27,6	3554	655	197	244
54		713001,5	7464896,9	11,8	1,5	3,0	26,3	3212	515	185	232
55		713027,6	7464927,3	11,0	2,1	1,6	23,7	3156	601	145	209
56		713079,1	7464942,0	13,3	2,8	2,2	26,5	3876	773	171	234
57	Estaca 6N	713083,1	7465021,9	11,1	2,1	3,4	19,8	3164	619	160	176
58		713109,4	7465067,7	11,1	1,4	3,0	24,4	2939	482	176	215
59		713107,2	7465117,0	5,8	1,5	1,3	9,4	1803	389	70	83
60		713110,6	7465156,9	7,1	1,9	1,5	11,5	2190	485	84	102
61	Estaca 7N	713125,2	7465178,2	7,7	1,7	2,7	11,9	2194	476	109	106
62		713151,3	7465211,7	7,7	0,5	2,1	19,5	2119	260	134	173
63		713169,2	7465266,9	13,6	0,8	4,6	32,7	2556	437	246	289
64		713152,7	7465310,2	10,0	1,9	2,4	19,3	2812	551	139	171
65	Marco 02	713179,2	7465368,3	13,7	0,8	2,8	37,2	3509	421	234	328
1	*	722914,9	7461371,9	-0,2	-0,1	-0,6	1,2	140	-18	-6	10
2	*	722914,9	7461371,9	0,0	-0,1	-0,4	1,5	167	-11	0	13
3	*	722914,9	7461371,9	0,0	0,0	-0,2	0,6	117	-11	-1	5
4	*	722914,9	7461371,9	0,0	-0,1	-0,2	1,0	153	-19	1	9
5	*	722914,9	7461371,9	0,0	-0,1	0,0	0,6	128	-14	3	6
6	*	722914,9	7461371,9	0,0	-0,1	-0,5	1,5	144	-13	-3	13
7	*	722914,9	7461371,9	0,0	0,0	-0,5	1,3	157	-12	-4	11
8	*	722914,9	7461371,9	0,0	0,0	-0,3	0,7	144	-6	-3	6

**Background na Lagoa de Maricá*

cpm= Contagem por minuto;
ppm = parte por milhão.



Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica.

ANEXO I-f – Atenuação Atmosférica – Resultados dos Testes

1. CÁLCULO DAS CONSTANTES DE ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

Durante os voos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) também são realizados voos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) dos radioelementos potássio, urânio e tório, bem como para o canal de contagem total.

A correção altimétrica tem por objetivo referenciar os valores radiométricos à altura nominal do aerolevantamento (100m), eliminando falsas anomalias ocasionadas por elevações no terreno.

A atenuação das radiações gama em relação ao afastamento da fonte pode ser expressa matematicamente, de forma aproximada, pela equação (IAEA, 1991):

$$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (1), \text{ onde:}$$

N_H é a radiação à distância H da fonte,

N_0 é a radiação na superfície do terreno ($H=0$),

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica.

Extraindo-se o logaritmo neperiano na relação acima, tem-se:

$$\ln(N_H) = -\mu H + \ln(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular $-\mu$ e coeficiente linear $\ln(N_0)$. Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos $\ln(N_H)$ em relação às alturas de voo (de 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés) sobre a “pista de calibração dinâmica” (*dynamic calibration range - DCR*) situada no distrito de Inoã, Município de Maricá (RJ).

A aplicação da correção altimétrica é feita conforme mostrado a seguir:

Fazendo na equação (1) $H = H_{100} = 100 \text{ m}$ (altura nominal do levantamento) tem-se:

$$N_{100} = N_0 \cdot e^{-\mu H_{100}} \quad (2)$$

Dividindo-se (2) por (1), obtém-se:

$$N_{100} = N_H \cdot e^{\mu(H_{100} - H)} \quad (3)$$

onde:

- N_{100} é a taxa de contagem normalizada para a altura do levantamento (100m) para um determinado canal;
- N_H é a taxa de contagem corrigida dos *backgrounds* da aeronave, cósmico e do radônio, bem como do efeito do espalhamento *Compton*;
- μ é o coeficiente de atenuação atmosférica para determinado canal;
- H_{100} é a altura nominal de voo (100m);
- H é a altura medida.

A seguir são apresentados os resultados dos testes de atenuação atmosférica da aeronave que participou da Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso.

Aeronave: PR-FAM

Data: 03/04/2012

MÉDIAS SOBRE A TERRA				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	2668,386	217,105	68,316	114,842
331	2636,085	211,390	69,831	118,525
332	2592,533	209,733	66,150	114,650
400	2361,082	189,656	62,525	102,656
500	1823,655	145,138	49,069	79,586
600	1601,032	128,532	46,129	70,919
700	1407,183	111,750	40,883	60,350
800	1224,750	95,750	34,859	54,000
MÉDIAS SOBRE A ÁGUA				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	202,257	26,881	6,588	6,369
331	202,550	26,317	6,809	6,754
332	202,563	26,677	6,523	6,485
400	204,115	26,811	6,953	6,562
500	205,381	25,711	7,153	6,551
600	206,536	25,480	7,224	6,689
700	213,275	26,145	7,866	6,827
800	218,045	25,627	7,924	6,782
MÉDIAS TERRA-ÁGUA				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	2466,129	190,224	61,728	108,473
331	2433,535	185,073	63,022	111,771
332	2389,970	183,056	59,627	108,165
400	2156,967	162,845	55,572	96,094
500	1618,274	119,427	41,916	73,035
600	1394,496	103,052	38,905	64,230
700	1193,908	85,605	33,017	53,523
800	1006,705	70,123	26,935	47,218

A Tabela a seguir apresenta os valores radiométricos nas diferentes altitudes, com as seguintes correções aplicadas:

- Tempo Morto
- *Background*
- Espalhamento *Compton*

Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Linha	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	95,59	2466,129	118,380	25,028	108,473
331	96,74	2433,535	111,466	25,124	111,771
332	98,92	2389,970	112,881	22,856	108,165
400	114,29	2156,967	97,735	22,173	96,094
500	156,80	1618,274	69,036	15,022	73,035
600	179,58	1394,496	56,400	14,519	64,230
700	204,16	1193,908	45,709	12,052	53,523
800	230,07	1006,705	36,517	7,840	47,218

A próxima Tabela apresenta o logaritmo neperiano dos valores obtidos na Tabela anterior:

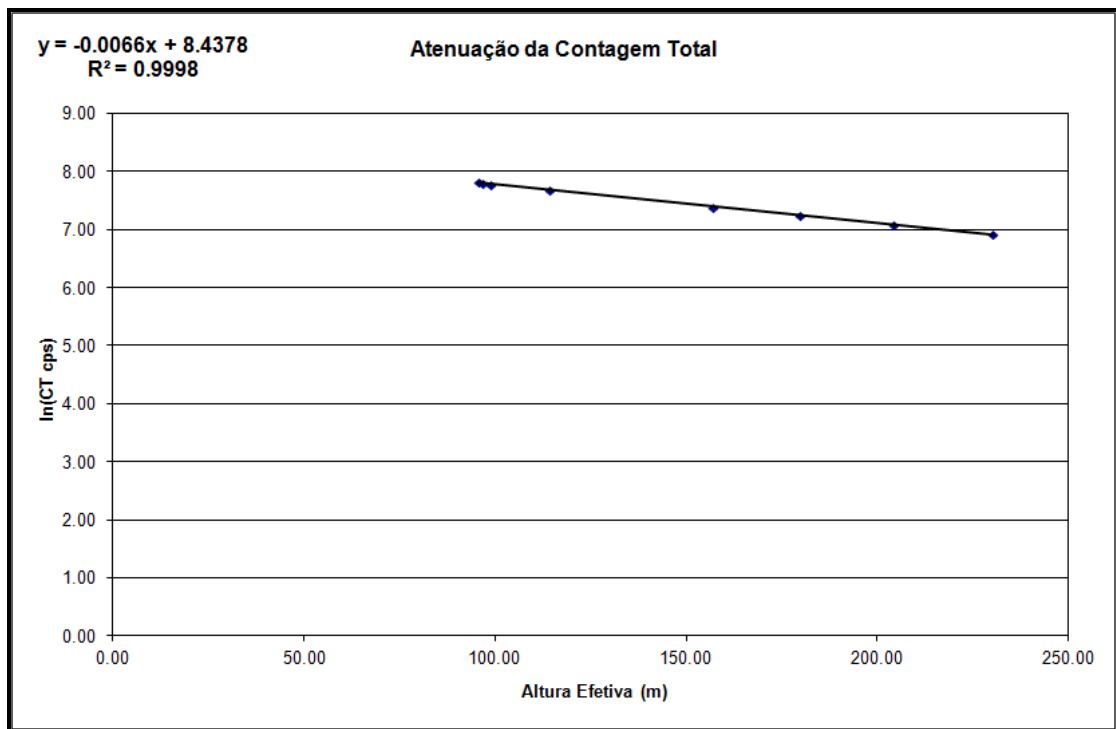
Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Linha	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
330	95,59	7,810	4,774	3,220	4,687
331	96,74	7,797	4,714	3,224	4,716
332	98,92	7,779	4,726	3,129	4,684
400	114,29	7,676	4,582	3,099	4,565
500	156,80	7,389	4,235	2,710	4,291
600	179,58	7,240	4,032	2,675	4,162
700	204,16	7,085	3,822	2,489	3,980
800	230,07	6,914	3,598	2,059	3,855

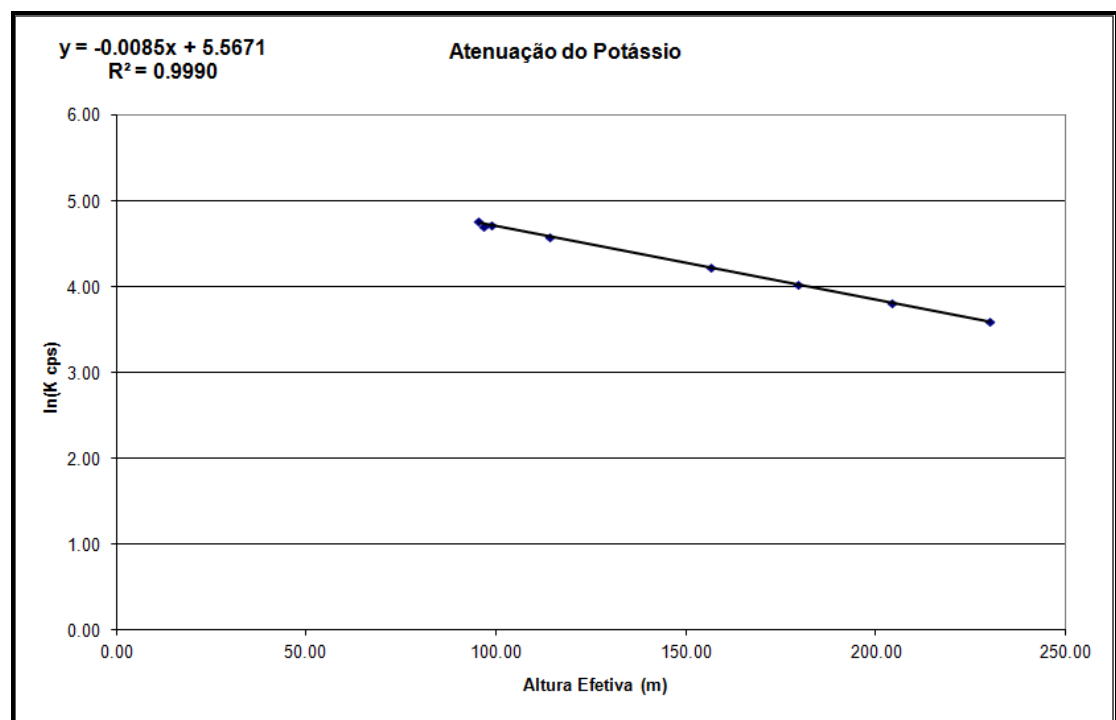
Os valores de μ obtidos são correspondentes aos coeficientes angulares das equações das retas obtidas pelos gráficos das figuras a seguir conforme mostra o próximo quadro.

Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

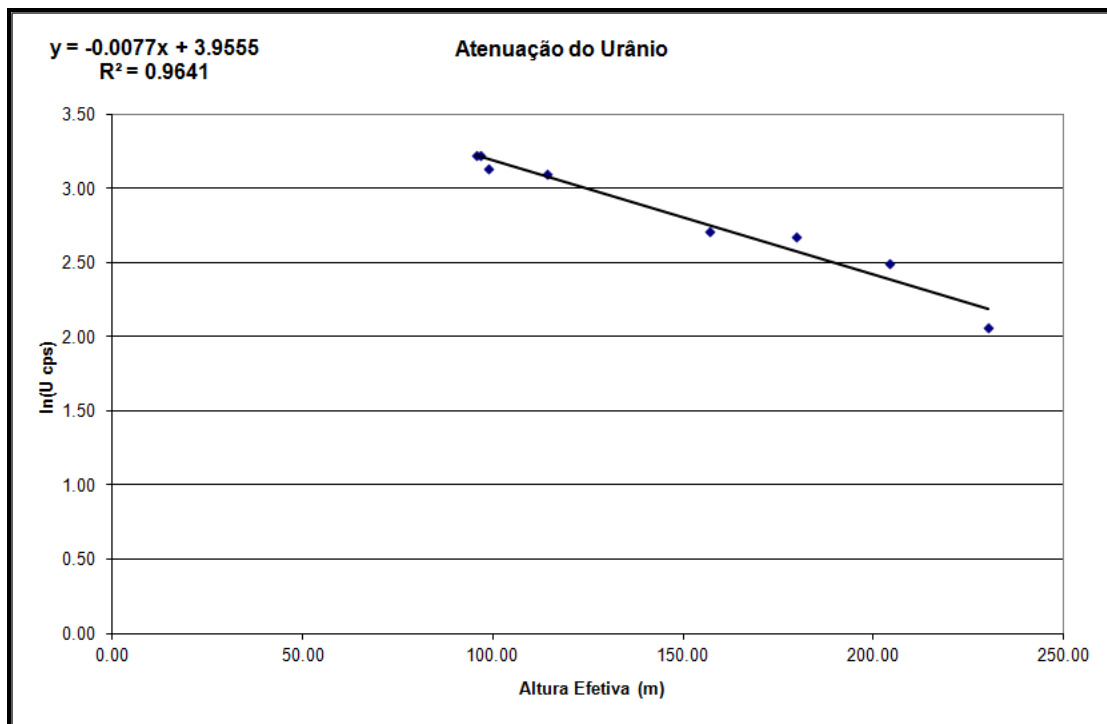
Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
Contagem Total	-0,0066
Potássio	-0,0085
Urânio	-0,0077
Tório	-0,0064



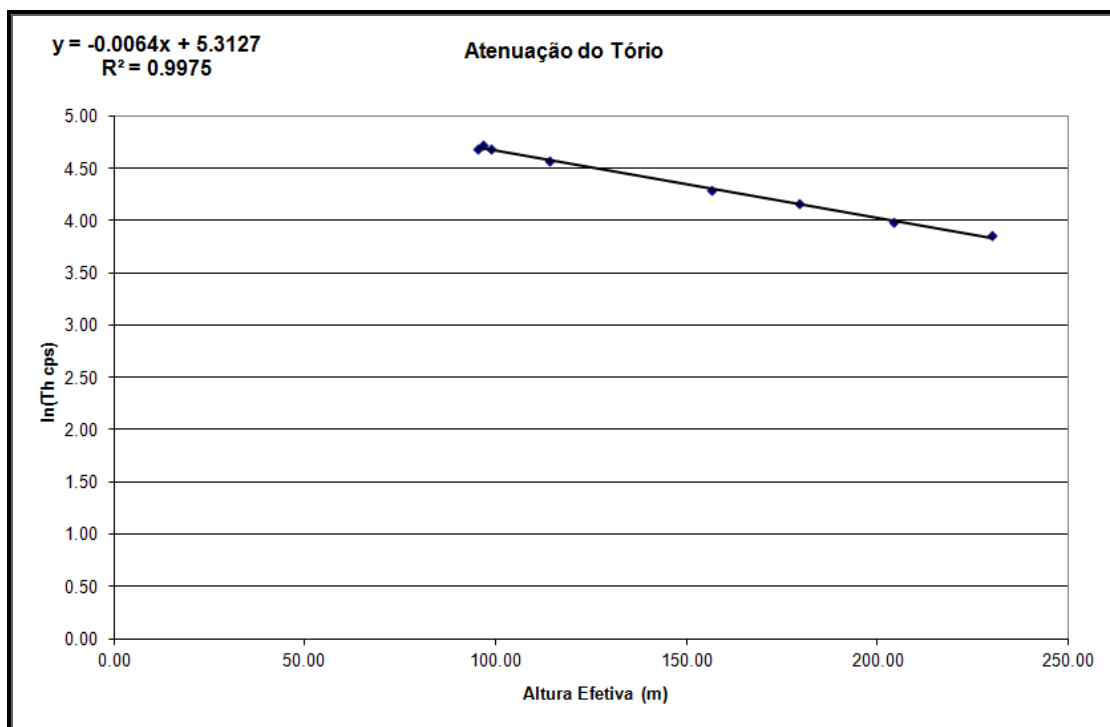
Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.



Coeficiente de Atenuação – Potássio.



Coeficiente de Atenuação – Urânio.



Coeficiente de Atenuação – Tório.

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Altimetros

Teste de Altimetro – PR-FAM

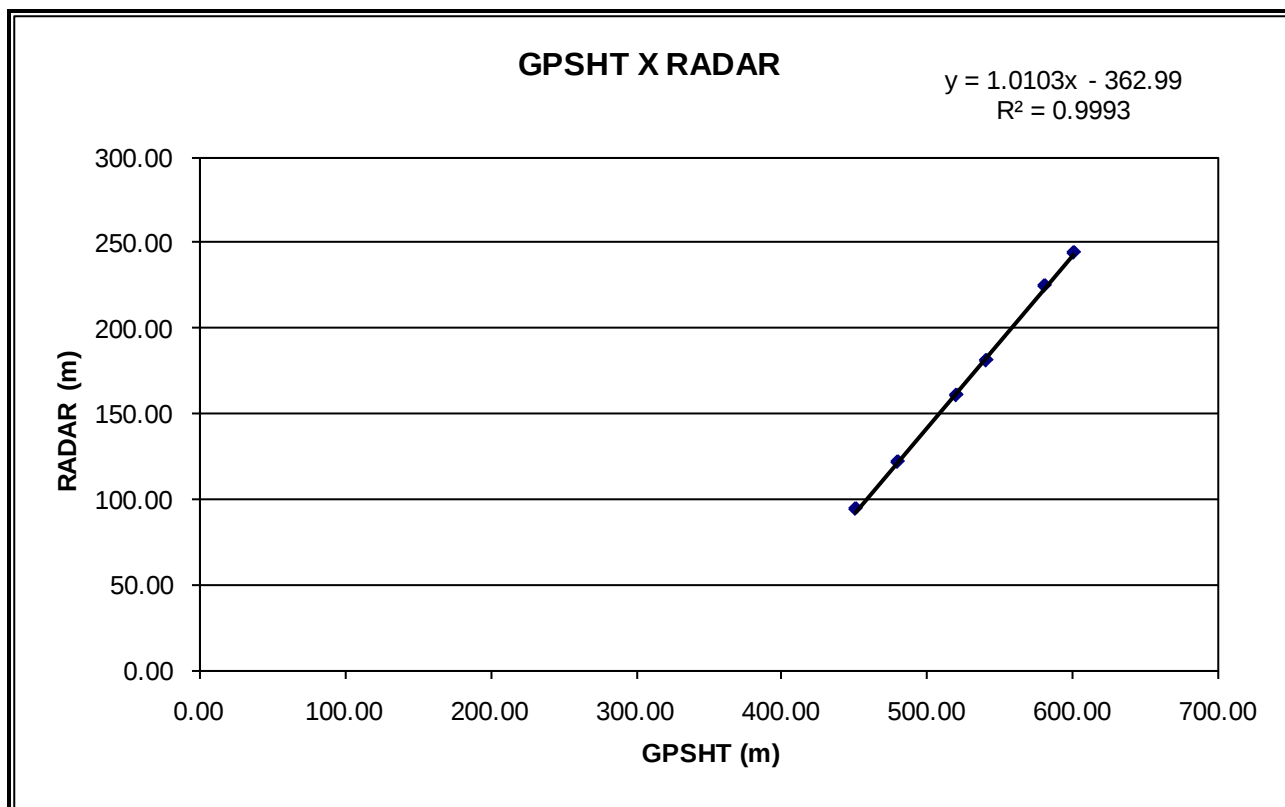
Projeto	211063
Aeronave	PR-FAM
Base	Barra do Garças - MT
Data	29-jul-12
Voo	4

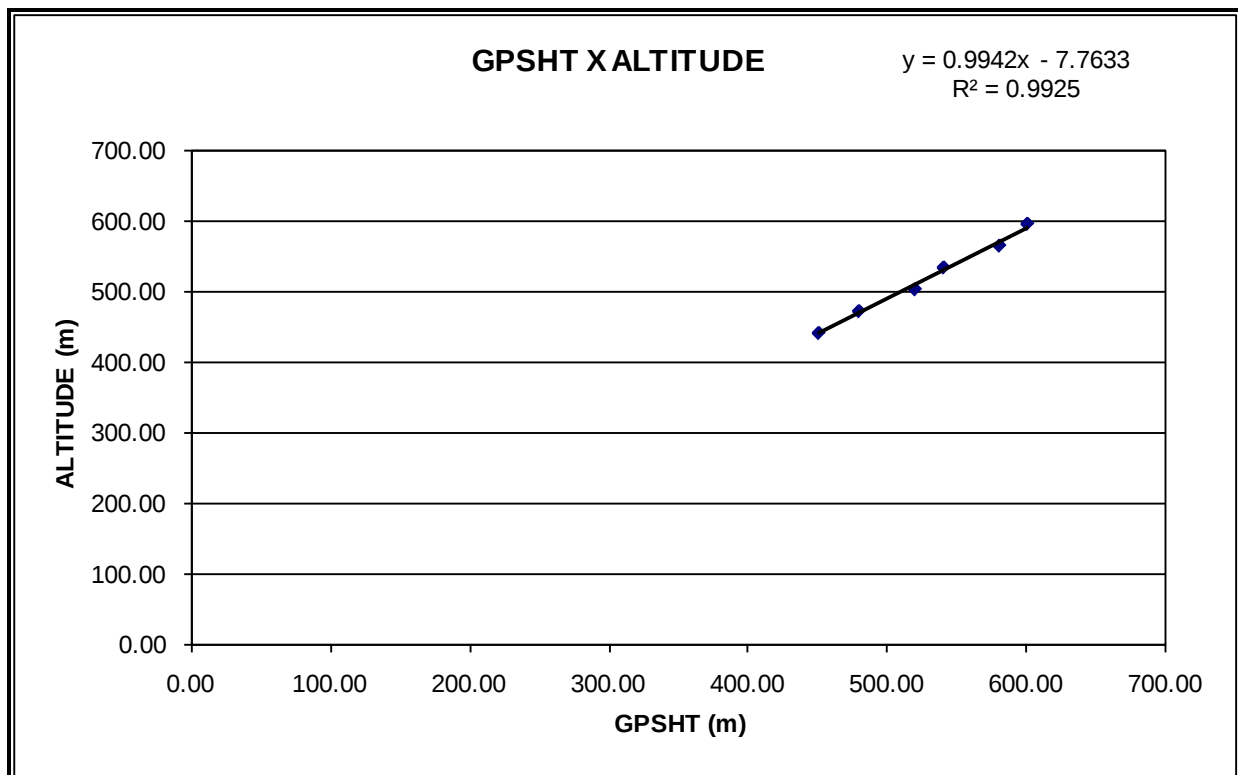
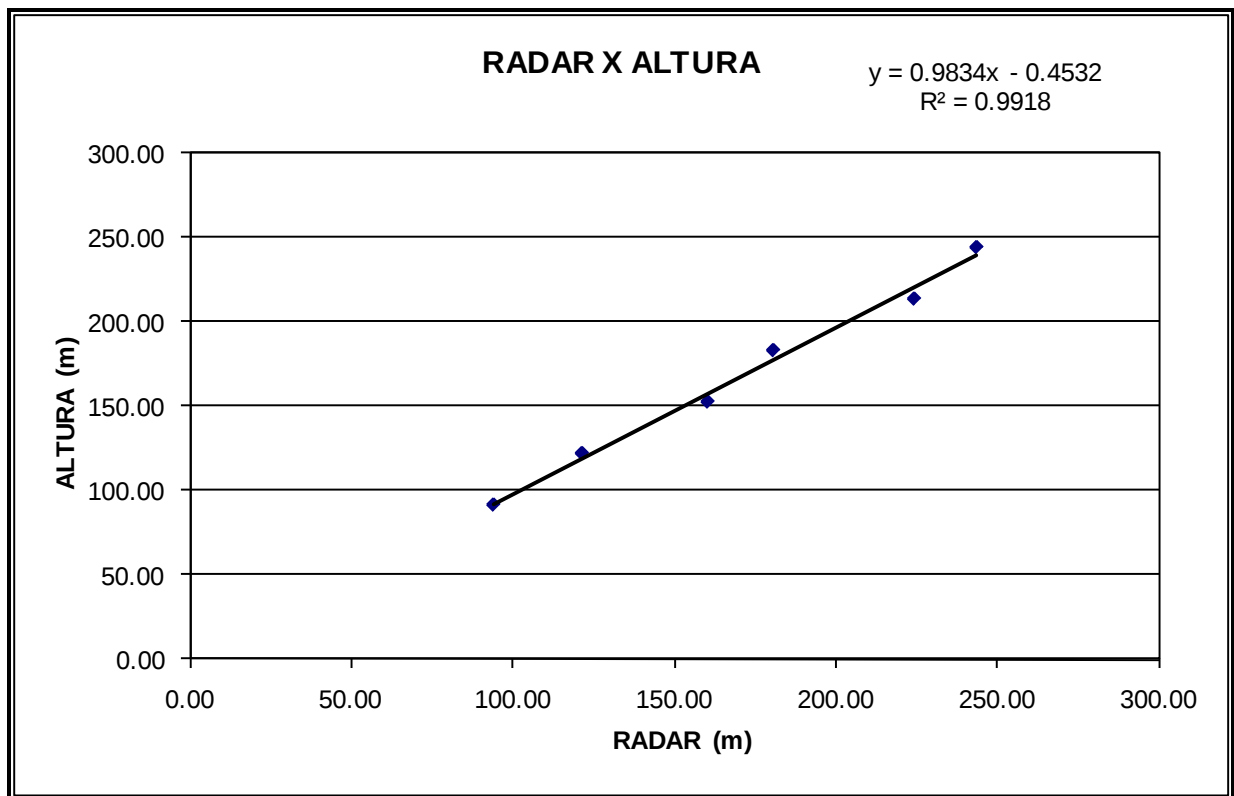
Altitude da Pista: 350 m (ROTAER)

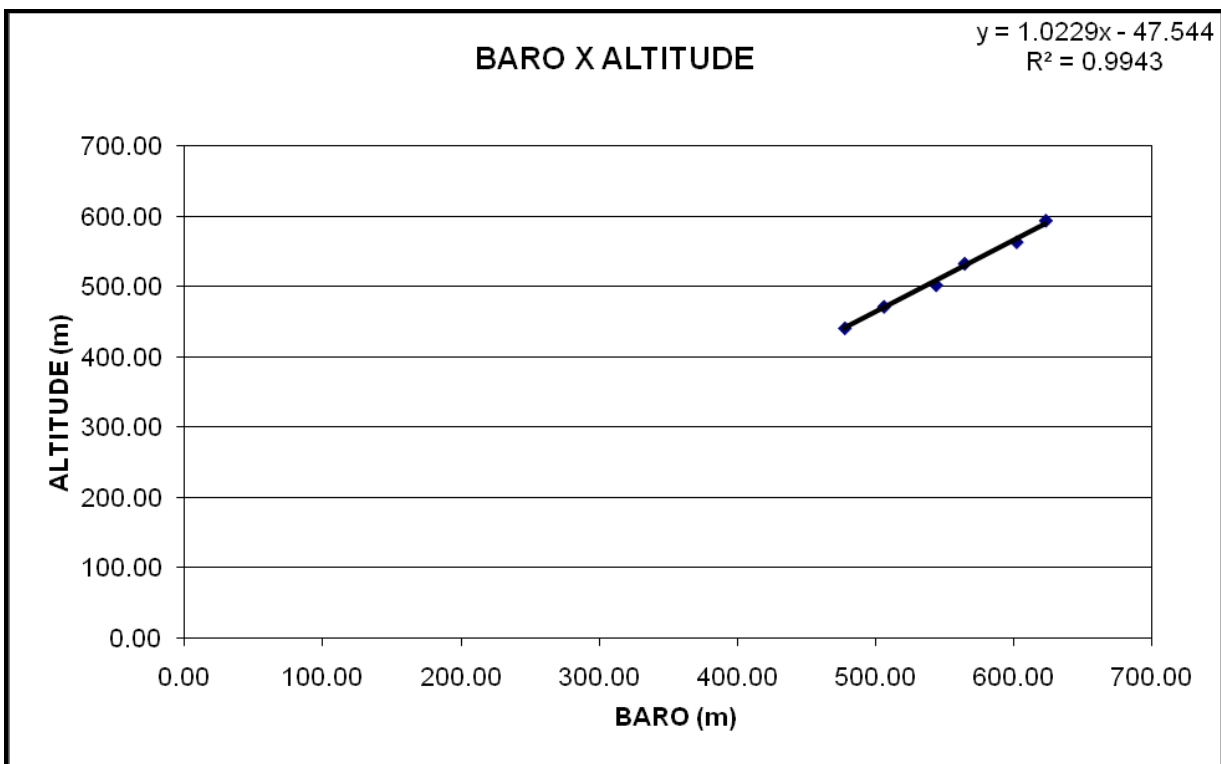
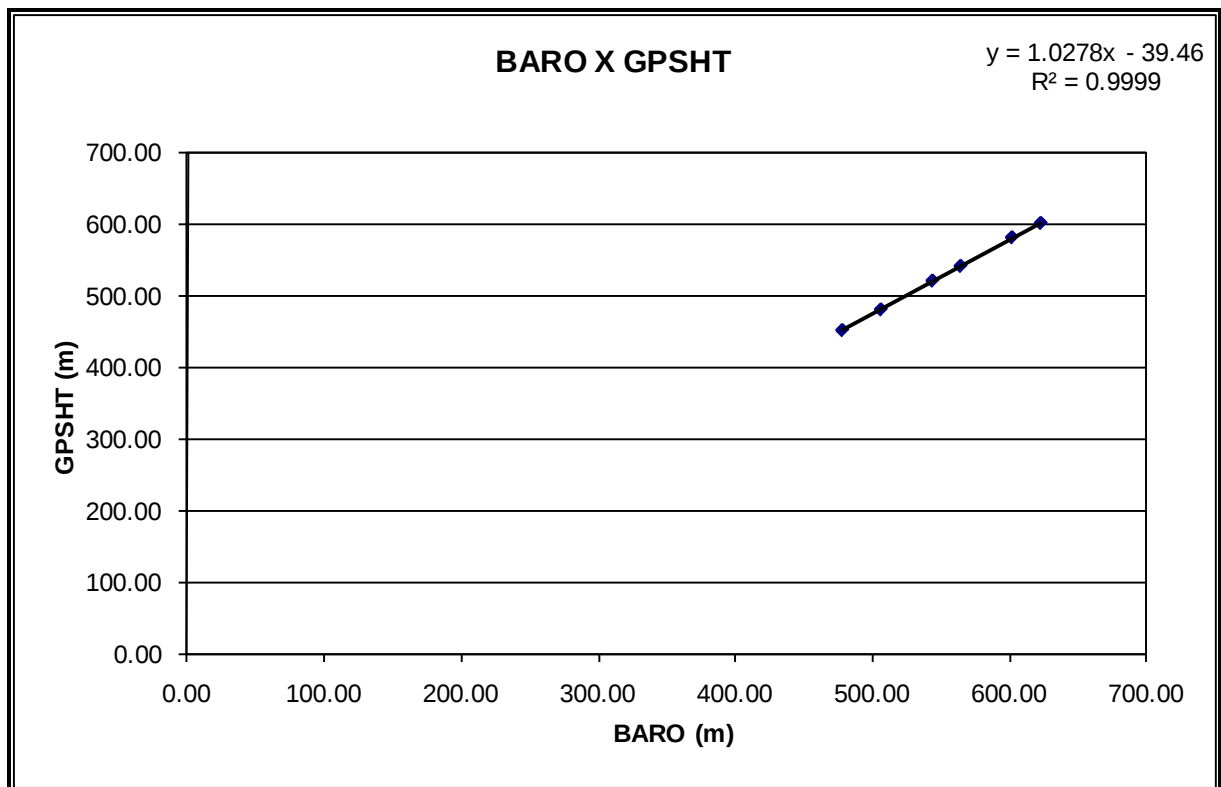
ALTURA = Altura Teórica

ALTITUDE = Altura teórica somada com a altitude da Pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR (m)	BARO (m)
300	91,44	441,44	451,10	94,29	477,33
400	121,92	471,92	479,80	121,67	505,66
500	152,40	502,40	519,80	160,58	543,48
600	182,88	532,88	540,20	180,86	564,11
700	213,36	563,36	580,00	224,46	601,81
800	243,84	593,84	599,90	243,76	622,92







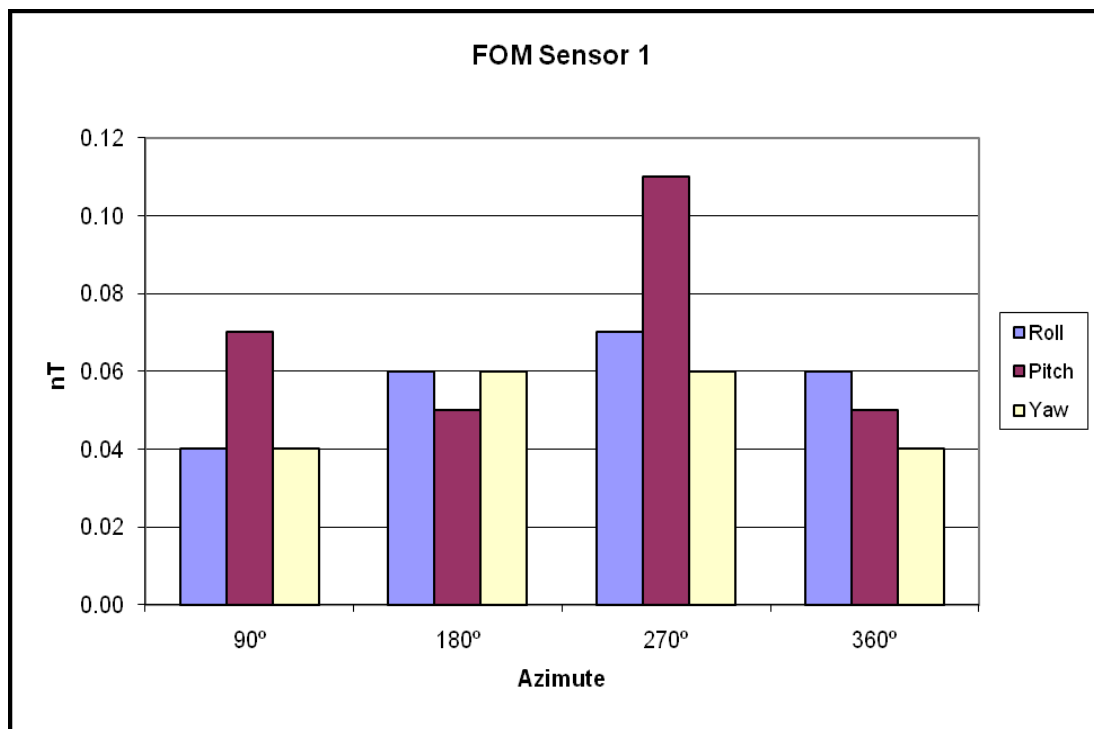
Anexo II-b – Compensação Magnética

Compensação Magnética – PR-FAM

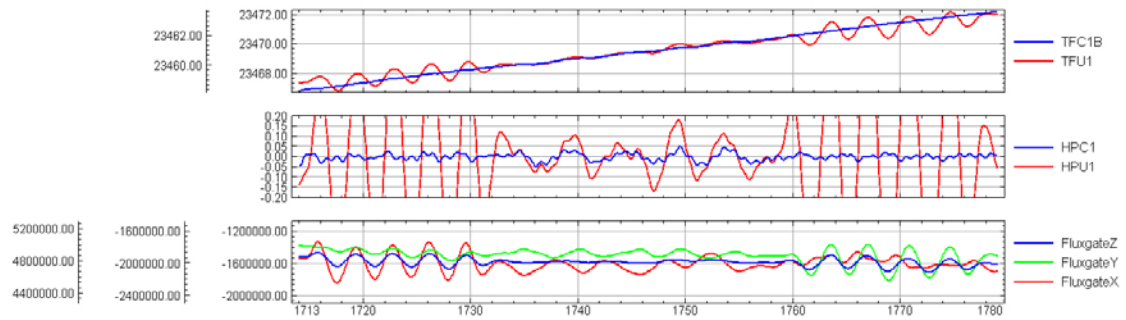
Nº Job	211063
Base	Aragarças - GO
Aeronave	PR-FAM
Data	17/5/2012
Nº Voo	170

Posição do Sensor: Horizontal, 37°

SENSOR 1 Asa Esquerda					
Nº da Linha	Azimuth	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
90	90°	0,04	0,07	0,04	0,15
180	180°	0,06	0,05	0,06	0,17
270	270°	0,07	0,11	0,06	0,24
360	360°	0,06	0,05	0,04	0,15
TOTAL					0,71



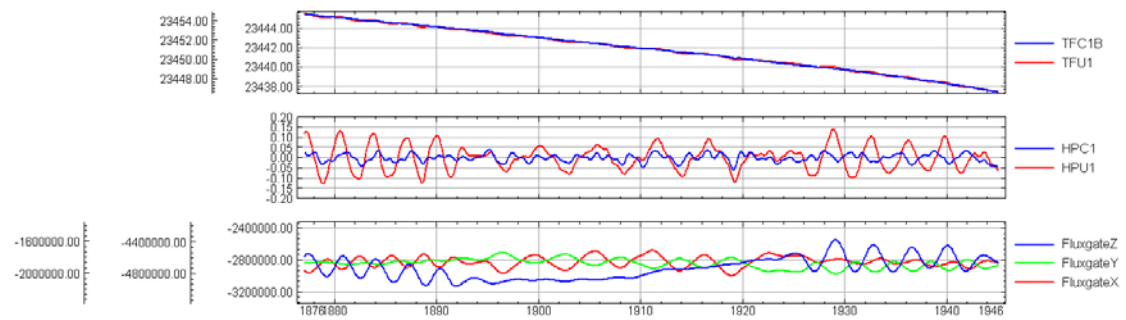
FOM - VOO 170 - Azimute 90°



database: Z:\Job_211063.1-FAM\teste\Fom\FOM 170\FOM170_Pos.gdb line/group: L90

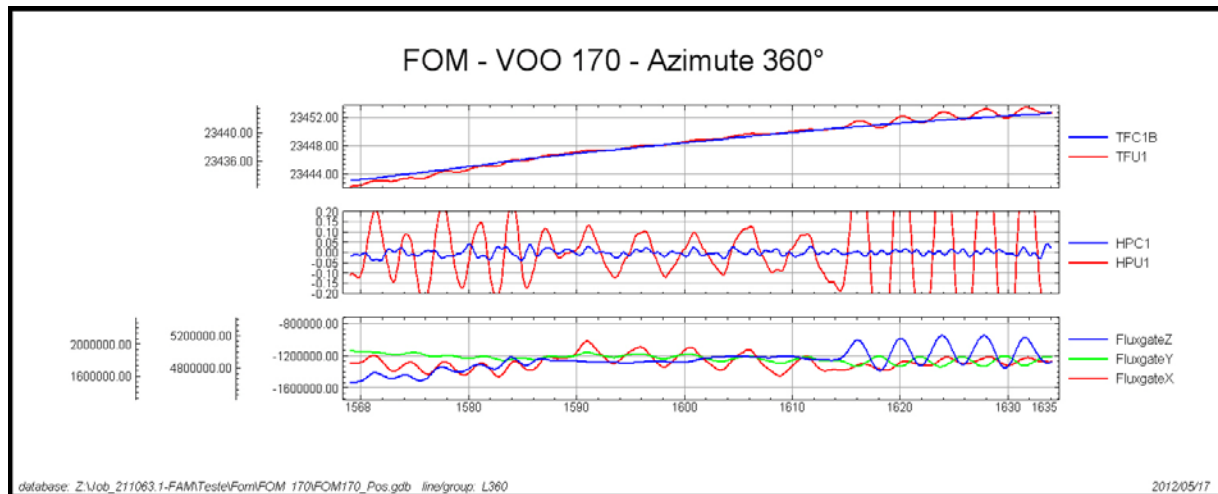
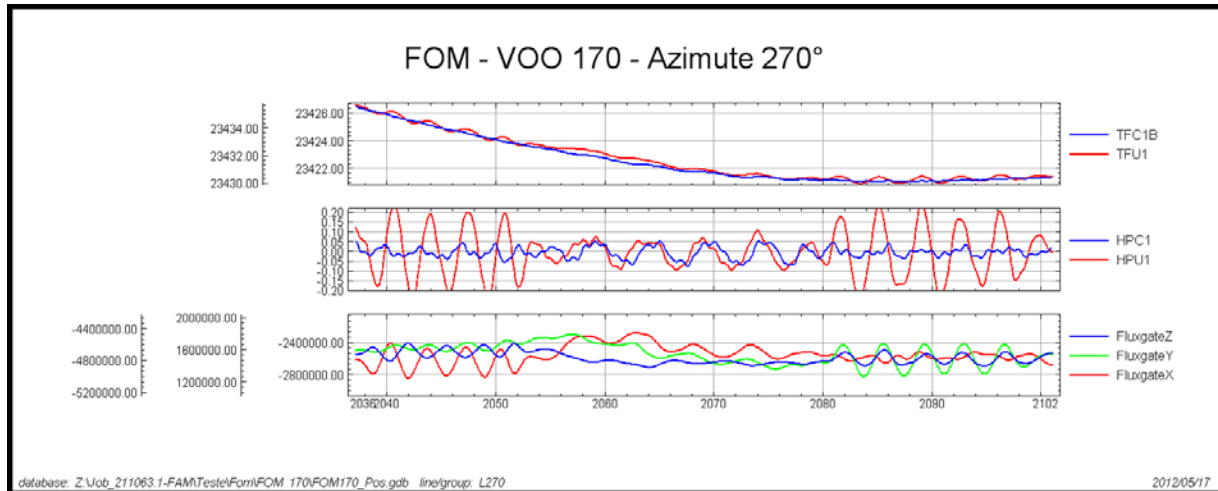
2012/05/17

FOM - VOO 170 - Azimute 180°



database: Z:\Job_211063.1-FAM\teste\Fom\FOM 170\FOM170_Pos.gdb line/group: L180

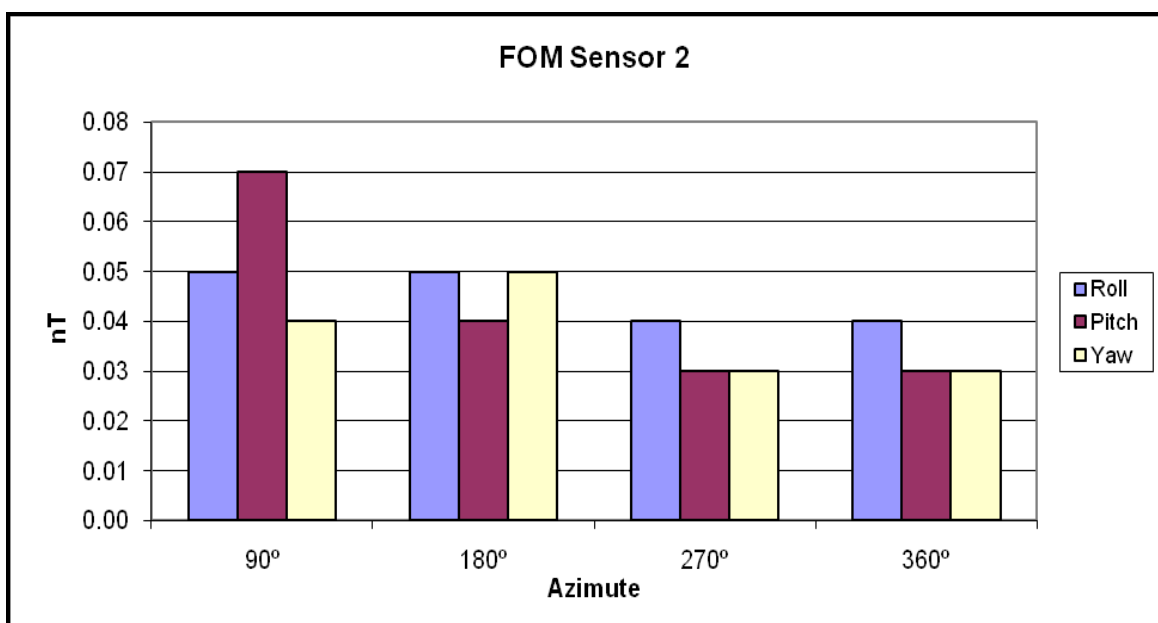
2012/05/17



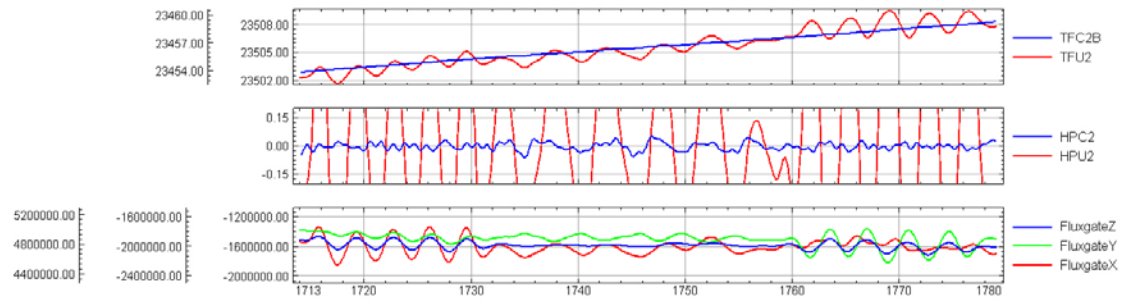
TFU1 – Campo Magnético Total não compensado (Sensor Asa Esquerda)
TFC1B – Campo Magnético Total compensado (Sensor Asa Esquerda)
HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado
HPC1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado
FluxgateX – Componente X da Fluxgate
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Posição do Sensor: Horizontal, 37°

SENSOR 2		Asa Direita			
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
90	90°	0,05	0,07	0,04	0,16
180	180°	0,05	0,04	0,05	0,14
270	270°	0,04	0,03	0,03	0,10
360	360°	0,04	0,03	0,03	0,10
TOTAL					0,50



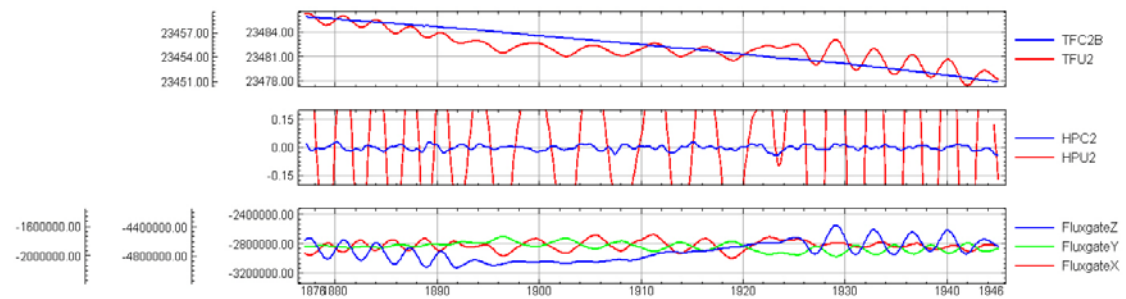
FOM - VOO 170 - Azimute 90°



database: Z:\Job_211063.1-FAM\Oasis\FOM170.gdb line/group: L90

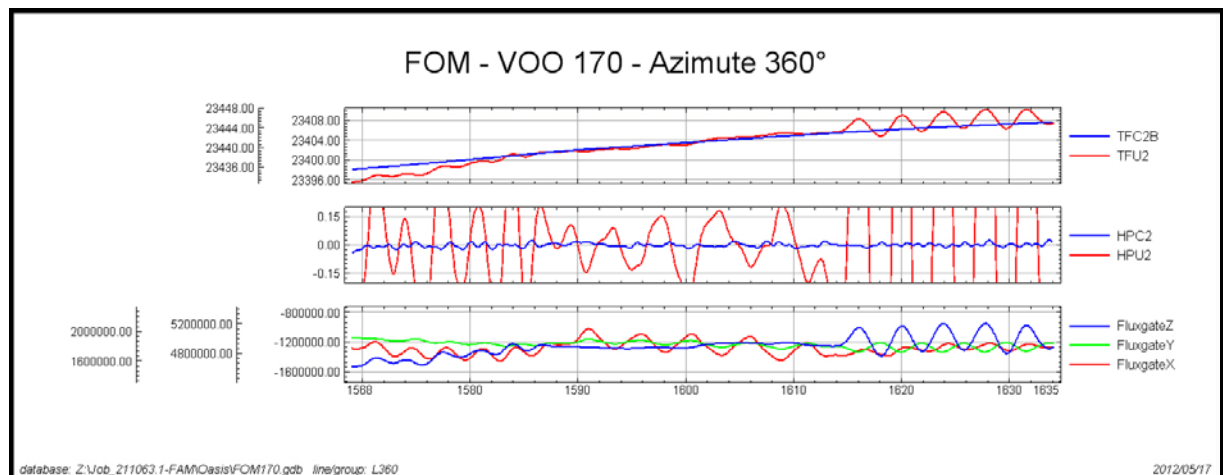
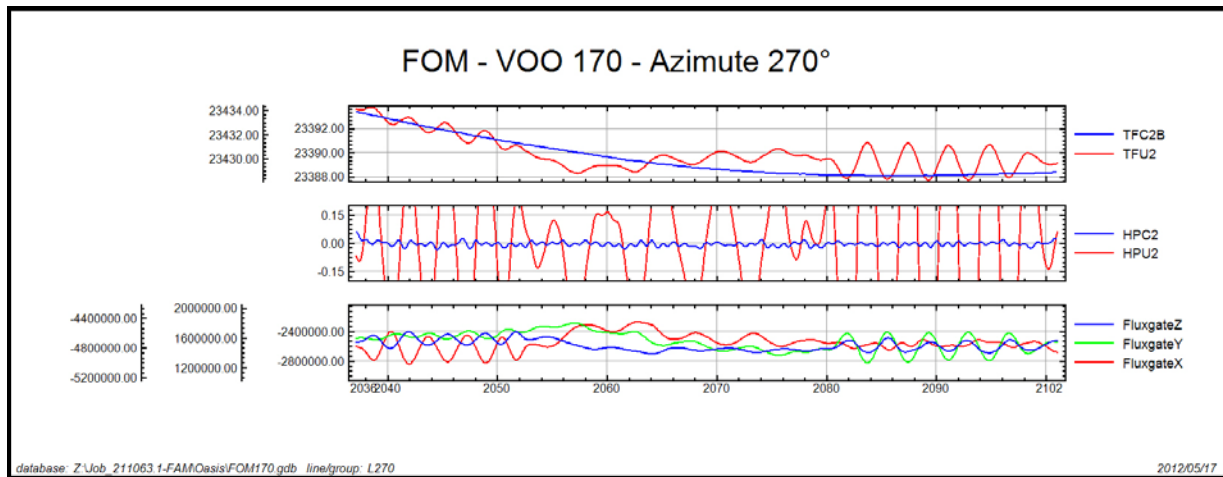
2012/05/17

FOM - VOO 170 - Azimute 180°



database: Z:\Job_211063.1-FAM\Oasis\FOM170.gdb line/group: L180

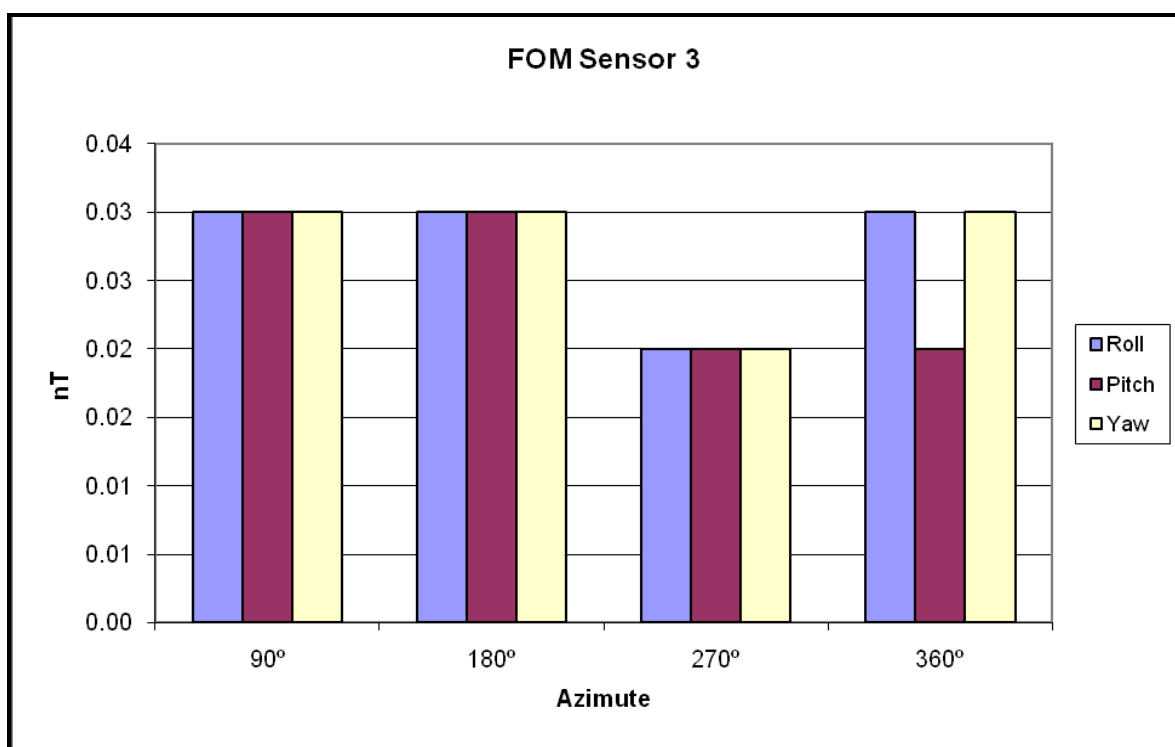
2012/05/17



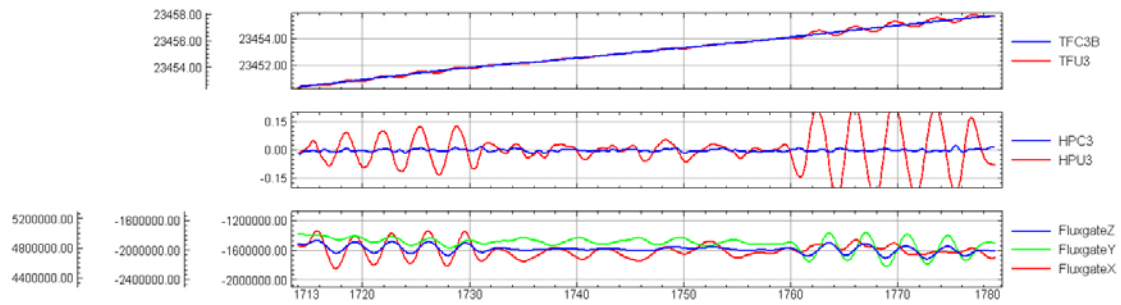
TFU2 – Campo Magnético Total não compensado (Sensor Asa Direita)
TFC2B – Campo Magnético Total compensado (Sensor Asa Direita)
HPU2 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado
HPC2 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado
FluxgateX – Componente X da Fluxgate
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Posição do Sensor: Horizontal, 37°

SENSOR 3		Cauda			
Nº da Linha	Azimuth	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
90	90°	0,03	0,03	0,03	0,09
180	180°	0,03	0,03	0,03	0,09
270	270°	0,02	0,02	0,02	0,06
360	360°	0,03	0,02	0,03	0,08
TOTAL					0,32



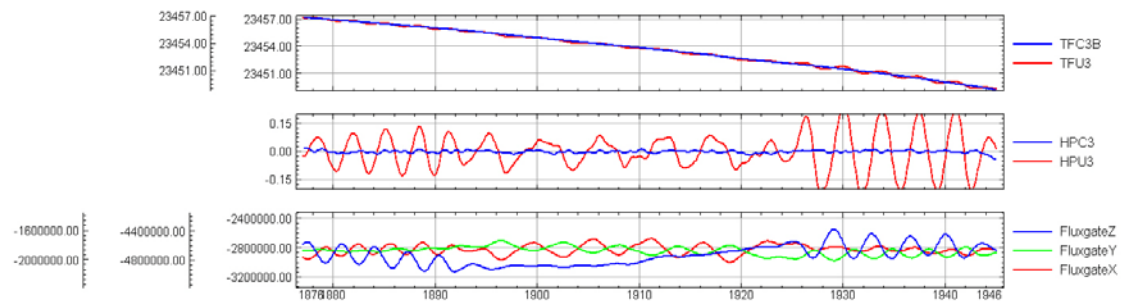
FOM - VOO 170 - Azimute 90°



database: Z:\Job_211063.1-FAM\Oasis\FOM170.gdb line/group: L90

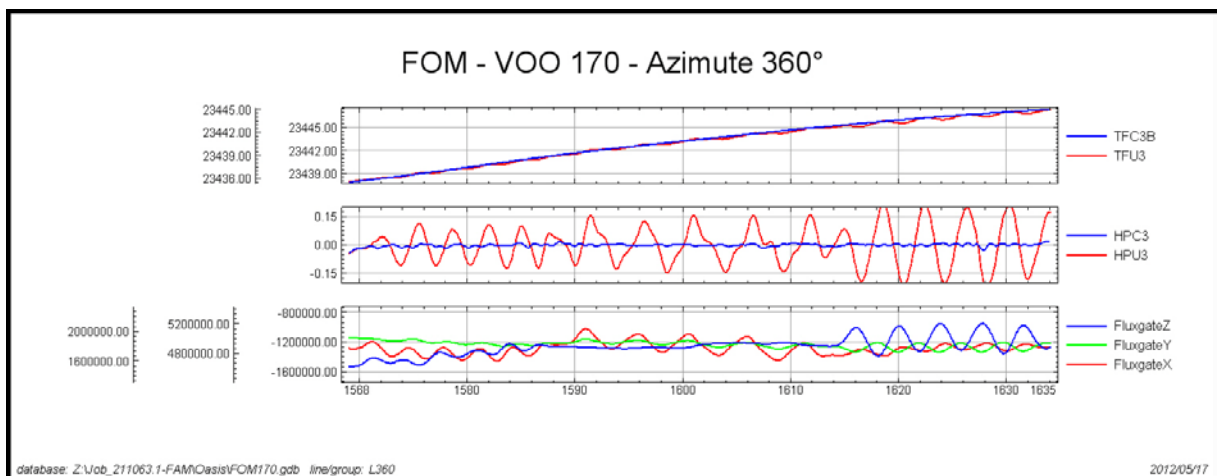
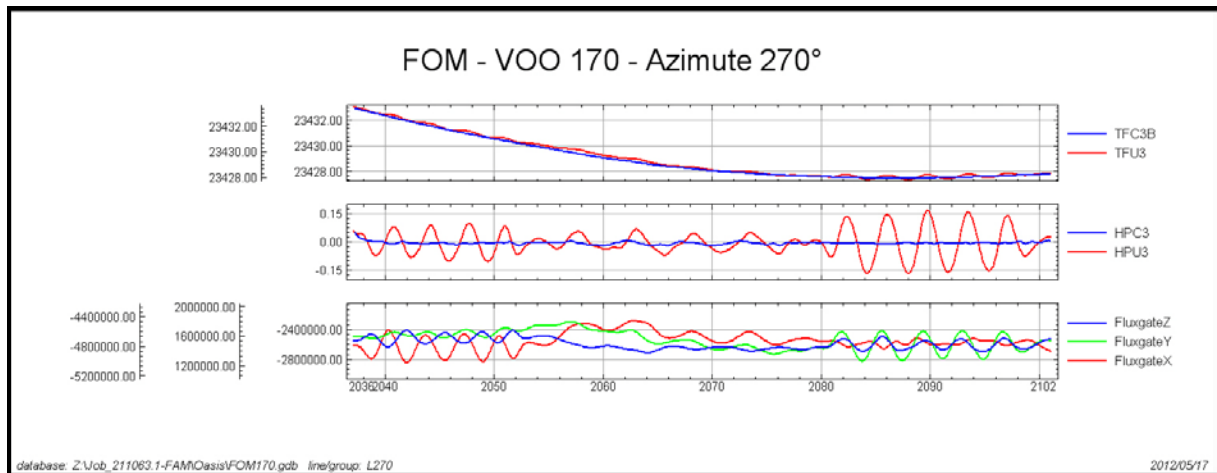
2012/05/17

FOM - VOO 170 - Azimute 180°



database: Z:\Job_211063.1-FAM\Oasis\FOM170.gdb line/group: L180

2012/05/17

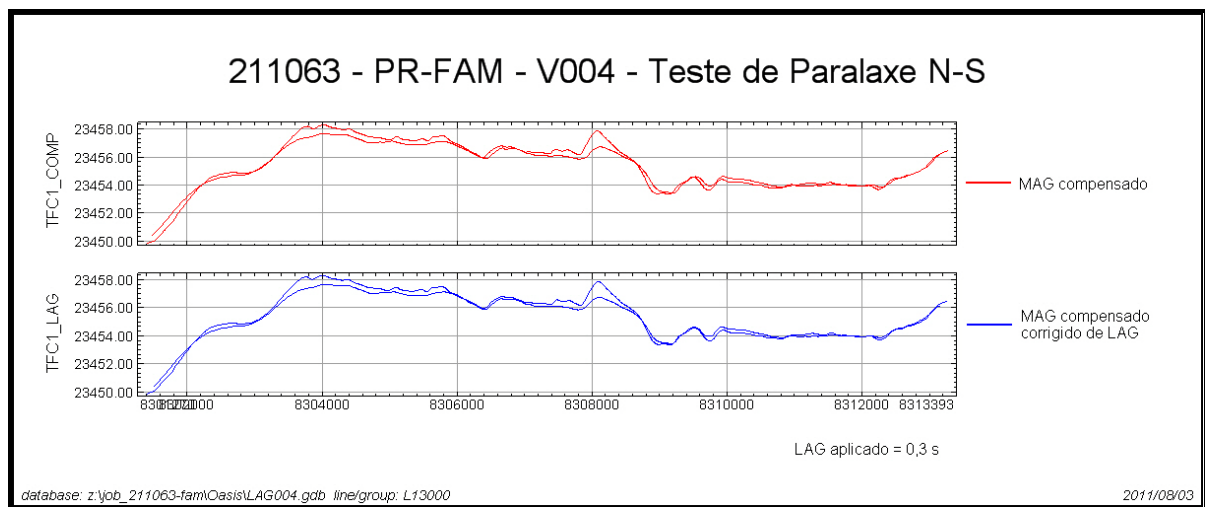


TFU3 – Campo Magnético Total não compensado (Sensor de Cauda)
TFC3B – Campo Magnético Total compensado (Sensor de Cauda)
HPU3 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado
HP3C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado
FluxgateX – Componente X da Fluxgate
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Anexo II-c – Teste de Paralaxe

Paralaxe – PR-FAM

Nº Job	211063
Base	Barra do Garças - MT
Aeronave	PR-FAM
Data	29/07/2011
Nº Voo	004



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,30 segundos)

ANEXO III – QUADRO SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO

ANEXO IV – CONTEÚDO DOS CD-ROMs

Este arquivo apresenta a relação do conteúdo dos arquivos digitais que compõem o acervo da Área Teste no Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso.

Um total de 2 CD-ROM's compõem a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

Mídia	Conteúdo
CD#01	- Relatório Final
CD#02	- Banco de Dados <i>Geosoft</i>
	- Grids
	- Arquivos de Metadados do Projeto
	- Arquivos de mapas no formato MAP (Geosoft)
	- Arquivos de mapas no formato HPGL
	- Arquivos de mapas no formato PDF
	- Arquivos XYZ

Arquivos de Banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1114_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1114_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1114_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1114_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1114_Gama256.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up</i> e <i>down</i> .

Arquivos de Banco de Dados XYZ :

Arquivo	Conteúdo
1114_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1114_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1114_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1114_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

Arquivos de Cruzamentos:

Arquivo	Conteúdo
1114_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

Arquivos de Mapas:

Arquivo	Tema
1114_1DV.map	Mapa de pseudoiluminação da primeira derivada vertical do campo magnético total (Reduzido do IGRF)
1114_1DV_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_Total.map	Mapa de pseudoiluminação da primeira derivada vertical do campo magnético total realçado com o gradiente horizontal total medido (Reduzido do IGRF)
1114_CT.map	Mapa de contorno da taxa de exposição do canal de contagem total
1114_eTh.map	Mapa de contorno da concentração de tório
1114_eU.map	Mapa de contorno da concentração de urânio
1114_Gridente_Horizontal_DX.map	Mapa de pseudoiluminação do gradiente horizontal DX medido
1114_Gridente_Horizontal_DY.map	Mapa de pseudoiluminação do gradiente horizontal DY medido
1114_Gridente_Horizontal_Total.map	Mapa de pseudoiluminação do gradiente horizontal total
1114_Kperc.map	Mapa de contorno da concentração de potássio
1114_Mag.map	Mapa de contorno do campo magnético total (Reduzido do IGRF)
1114_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_Total.map	Mapa de contorno do campo magnético total realçado com o gradiente horizontal total (Reduzido do IGRF)
1114_MDT.map	Mapa de pseudoiluminação do modelo digital do terreno
1114_Path.map	Mapa do traço das linhas de voo
1114_Sinal.map	Mapa de pseudoiluminação do sinal analítico calculado (FFT)
1114_Sinal_Medido.map	Mapa de pseudoiluminação do sinal analítico medido
1114_Ternario.map	Mapa de composição ternária de potássio, urânio e tório
1114_ThKRAZAO.map	Mapa da razão tório/potássio
1114_UKRAZAO.map	Mapa da razão urânio/potássio
1114_UThRAZAO.map	Mapa da razão urânio/tório

Observações:

- A codificação para os arquivos PRN e PDF segue a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas *Geosoft* (*.MAP)
- A sigla HPGL significa: *Hewlett-Packard Graphics Language* ©.
- O prefixo 1114 em todos os arquivos corresponde ao nº do projeto na Base Aero da CPRM.

Arquivos de GRIDS:

Arquivo	Conteúdo
1114_1DV.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total
1114_1DV_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_DX.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal DX
1114_1DV_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_DY.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal DY
1114_1DV_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_Total.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal Total
1114_CT.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total
1114_eTh.grd	Concentração de Tório
1114_eU.grd	Concentração de Urânio
1114_Gridente_Horizontal_DX.grd	Gradiente Horizontal DX
1114_Gridente_Horizontal_DY.grd	Gradiente Horizontal DY
1114_Gridente_Horizontal_Total.grd	Gradiente Horizontal Total
1114_Kperc.grd	Concentração de Potássio
1114_Mag.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)
1114_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_DX.grd	Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal DX (Reduzido IGRF)
1114_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_DY.grd	Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal DY (Reduzido IGRF)
1114_Mag_Realçe_Gridente_Horizontal_Total.grd	Campo Magnético Total Realçado com o Gradiente Horizontal Total (Reduzido IGRF)
1114_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno
1114_Sinal.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Calculado FFT)
1114_Sinal_Medido.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Medido)
1114_ThKRAZAO.grd	Razão Tório/Potássio
1114_UKRAZAO.grd	Razão Urânio/Potássio
1114_UTHRAZAO.grd	Razão Urânio/Tório

Arquivos de Banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1114_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1114_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1114_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1114_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1114_Gama256.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up</i> e <i>down</i> .

Arquivos de Banco de Dados XYZ :

Arquivo	Conteúdo
1114_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1114_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1114_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1114_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

Arquivos de Cruzamentos:

Arquivo	Conteúdo
1114_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

A descrição dos campos nos arquivos de Banco de Dados (GDB e XYZ), bem como a dos arquivos de perfis e cruzamentos, encontra-se no texto do Relatório Final e no Anexo V.

Todas as coordenadas do projeto (GDB, mapas, XYZ, grids) estão referenciadas ao Datum WGS-84. As coordenadas métricas estão projetadas em UTM Zona 22 Sul.

ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO

FOLHA 1 DE 1

[illegible]

FOLHA 1 DE 1

[illegible]

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CRUZAMENTO	TIE	NÚMERO DA LINHA	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
REGISTRO DE DETALHE	UTM E	UTM N	NÚMERO DA FIDUCIAL	ALTURA DO GPS	ALTURA DO VOO	CORRIGIDO DA VARIAÇÃO DIURNA	APOS O NIVELAMENTO	VALOR APLICADO AO NIVELAMENTO	NÚMERO DO VOO												
	(F11.0)	(F11.0)	(F9.1)	(F9.2)	(F10.3)	(F11.3)	(F11.3)	(F9.3)	(F5.0)												
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		

**ANEXO VI – LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS NO
PROCESSAMENTO**

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
17430	172	6497	6753
17435	172	6975	7203
17440	173	3051	3285
17445	173	3982	4210
17450	174	2700	2927
17455	174	3568	3792
17460	174	4422	4655
17465	174	5287	5514
17470	174	6156	6384
17475	174	7019	7245
17480	175	2930	3179
17485	175	3814	4044
17490	175	4688	4919
17495	175	5539	5774
17500	175	6394	6621
17505	175	7254	7494
17510	175	8165	8402
17515	175	9068	9303
17520	175	9936	10174
17525	175	10837	11075
17530	176	2743	2978
17535	176	3610	3848
17540	176	4510	4739
17545	176	5372	5609
17550	176	6219	6455
17555	176	7100	7347
17560	176	7982	8221
17565	176	8861	9105
17570	176	9743	9990
17575	176	10595	10837
17580	177	2961	3198
17585	173	3494	3733
17590	174	3137	3367
17595	174	4002	4239
17600	174	4863	5097
17605	174	5731	5964
17610	174	6579	6819
17615	175	3386	3626
17620	175	4248	4482
17625	175	5116	5346
17630	175	5975	6215
17635	175	6826	7061
17640	175	7684	7922
17645	175	8603	8844

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
17650	175	9502	9742
17655	175	10385	10627
17660	175	11270	11507
17665	176	3172	3407
17670	176	4061	4296
17675	176	4959	5184
17680	176	5798	6033
17685	176	6653	6884
17690	176	7548	7777
17695	176	8417	8653
17700	176	9303	9531
17705	176	10179	10404
17710	176	11023	11243
17715	177	3405	3637
17720	177	4415	4650
17725	177	4917	5139
17730	177	3919	4145
19010	172	2609	2836
19020	172	3069	3295
19030	172	3548	3781
19040	172	4050	4275
19050	172	5982	6207
19060	172	5038	5267
19070	172	5538	5775

ANEXO VII – MAPAS

ANEXOS – ESCALA: 1:50.000

- MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
- MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO CALCULADO (FFT)
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO MEDIDO
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DA PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DA PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REALÇADO COM O GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL MEDIDO (REDUZIDO DO IGRF)
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DO GRADIENTE HORIZONTAL DX MEDIDO
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DO GRADIENTE HORIZONTAL DY MEDIDO
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL
- MAPA DE CONTORNO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL
- MAPA DE CONTORNO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO
- MAPA DE CONTORNO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO
- MAPA DE CONTORNO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO
- MAPA DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO
- MAPA DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO
- MAPA DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO
- MAPA DE COMPOSIÇÃO TERNÁRIA DE POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO
- MAPA DE PSEUDOILUMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO