



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)

PROJETO AEROGEOFÍSICO OESTE DE TUCANO

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

VOLUME I

TEXTO TÉCNICO

**2011
LASA PROSPECÇÕES S/A.**



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Edison Lobão
Ministro de Estado

Márcio Pereira Zimmermann
Secretário Executivo

Cláudio Scliar
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Agamenon Sérgio Lucas Dantas
Diretor-Presidente

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

Fernando Pereira de Carvalho
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento - DRI

José Ribeiro Mendes
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

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

Inácio de Medeiros Delgado
Departamento de Geologia - DEGEO

Maria Laura Vereza de Azevedo
Divisão de Geofísica - DIGEOF

Superintendências Regionais

Manfredo Ximenes Ponte
Superintendente de Belém

Marco Antônio Fonseca
Superintendente de Belo Horizonte

Maria Abadia Camargo
Superintendente de Goiânia

Marco Antonio de Oliveira
Superintendente de Manaus

José Alcides Fonseca
Superintendente de Porto Alegre

José Wilson de C. Temoteo
Superintendente de Recife

Ivanaldo Vieira Gomes da Costa
Superintendente de Salvador

José Carlos Garcia Ferreira
Superintendente de São Paulo

RESUMO

No início do ano de 2004 o Governo Federal definiu, no *Plano Plurianual 2004/2007 (PPA 2004-2007)*, as políticas públicas setoriais dos seus diversos Ministérios por meio dos Programas e respectivas Ações.

No âmbito do Ministério de Minas e Energia e sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM/MME), compete à 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*.

De acordo com o *Programa de Atividades Técnicas 2006 (PAT 2006)*, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 21 de julho de 2010, celebrou com a empresa LASA Prospecções S.A. o Contrato nº 063/PR/10 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano*, o qual localiza-se no Estado da Bahia, na Região Nordeste do Brasil.

Para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a aeronave modelo Cessna C-208B - Caravan, de propriedade da LASA Prospecções S.A., prefixo PR-FAM a qual realizou o projeto no período de 07.08.2010 a 12.10.2010, totalizando 58.424,51 km de perfis.

Como base de operações para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a cidade de Paulo Afonso (BA). Foi usado magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de césio da SCINTREX, modelo CS-3 e gamaespectrômetro da EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais, bem como o sistema de navegação GPS com receptor de 12 canais da marca Trimble AgGPS-132.

Foram contratados 58.017,00 km de perfis geofísicos, abrangendo uma área de 27.628 km², para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 215,83 hs de voo, que resultaram no levantamento efetivo final de 58.424,51 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM - Serviço Geológico do Brasil. O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de novembro, dezembro de 2010 e janeiro de 2011.

Os produtos finais do Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (4 vias), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a XVI), os quais incluem os seguintes temas apresentados sob a forma de mapas coloridos nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, segundo o corte cartográfico do IBGE e na escala 1:500.000 em folha única:

- ❑ Escalas 1:100.000 e 1:250.000: Mapas de Contorno do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) e de Contorno Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio e Tório) e imagem das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K.
- ❑ Escala 1:500.000 (Folha Única): Mapas de Pseudo-Iluminação do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) 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) e Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno.

Complementando os produtos finais, estão sendo também entregues 04 (quatro) coleções de 12 Mapas Digitais de Traço de Linhas de Voo (escala 1:100.000), bem como dos arquivos digitais referentes aos metadados, dos arquivos XYZ (perfis) e em malhas (*grids*), estes últimos no tamanho de 125 x 125m, ambos no formato *GEOSOFT*, como também arquivos digitais de todos os mapas do projeto nas citadas escalas e o arquivo do texto, figuras e tabelas do Volume I do Relatório Final do Projeto em formato PDF, todos os arquivos gravados em DVD-ROM.

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

PROJETO AEROGEOFÍSICO OESTE DE TUCANO

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I	TEXTO TÉCNICO E ANEXOS
VOLUME II	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 12)
VOLUME III	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTORNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 12)
VOLUME IV	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 12)
VOLUME V	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL (Folhas 1 a 12)
VOLUME VI	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (Folhas 1 a 12)
VOLUME VII	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO (Folhas 1 a 12)
VOLUME VIII	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO (Folhas 1 a 12)
VOLUME IX	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO (Folhas 1 a 12)
VOLUME X	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO (Folhas 1 a 12)
VOLUME XI	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO (Folhas 1 a 12)

- VOLUME XII ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**
- MAPA DE CONTOURNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas I a VI)
 - MAPA DE CONTOURNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas I a VI)
- VOLUME XIII ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**
- MAPA DE CONTOURNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas I a VI)
 - MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL (Folhas I a VI)
- VOLUME XIV ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**
- MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (Folhas I a VI)
 - MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO (Folhas I a VI)
 - MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO (Folhas I a VI)
- VOLUME XV ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO (Folhas I a VI)
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO (Folhas I a VI)
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO (Folhas I a VI)
- VOLUME XVI ANEXOS – ESCALA: 1:500.000 – (Folha Única)**
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
 - MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
 - MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO
 - MAPA RADIOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO TERNÁRIA DE POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO
 - MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO

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

PROJETO AEROGEOFÍSICO OESTE DE TUCANO

VOLUME I - TEXTO TÉCNICO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. AQUISIÇÃO DE DADOS	4
2.1 Características do Levantamento	4
2.2 Equipamentos Utilizados	4
2.2.1 Aeronave	4
2.2.2 Aeromagnetômetro	5
2.2.3 Aerogamaespectrômetro.....	5
2.2.4 Sistemas de Aquisição de Dados	6
2.2.5 Sistema de Vídeo.....	7
2.2.6 Altímetros.....	7
2.2.7 Sistema de Navegação e Posicionamento.....	7
2.2.8 Magnetômetro Terrestre	7
2.3 Planejamento e Mobilização	8
2.3.1 Elaboração do Plano de Vôo	8
2.3.2 Estatística das Operações	10
2.3.3 Mapa do Projeto de Vôo.....	11
2.3.4 Testes dos Equipamentos	11
2.3.5 Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (<i>downward</i> e <i>upward</i>).....	21
2.3.6 Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	21
2.3.7 Calibração do Detector <i>Upward Looking</i>	24
2.4 Compilação de Dados	24
2.5 Equipe Técnica na Base de Operações.....	25
3 PROCESSAMENTO DE DADOS	26

3.1	Fluxo de Processamento.....	26
3.1.1	Preparação do Banco de Dados do Levantamento	26
3.1.2	Processamento dos Dados Magnetométricos	26
3.1.2.1	Correção do Erro de Paralaxe	26
3.1.2.2	Remoção da Variação Magnética Diurna	27
3.1.2.3	Nivelamento dos Perfis.....	27
3.1.2.4	Micronivelamento dos Perfis.....	28
3.1.2.5	Remoção do IGRF	28
3.1.3	Processamento dos Dados Gamaespectrométricos.....	28
3.1.3.1	Correção do Tempo Morto	29
3.1.3.2	Aplicação de Filtragem.....	29
3.1.3.3	Correção do Erro de Paralaxe	29
3.1.3.4	Cálculo da Altura Efetiva (h_e) de Vôo	29
3.1.3.5	Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico.....	29
3.1.3.6	Remoção do <i>Background</i> do Radônio	30
3.1.3.7	Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> (a_1 e a_2)	31
3.1.3.8	Correção do Efeito <i>Compton</i>	32
3.1.3.9	Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica).....	32
3.1.3.10	Conversão para Concentração de Elementos.....	33
3.1.3.11	Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K.....	34
3.2	Interpolação e Contorno	34
3.3	Arquivo Final de Dados	35
3.4	Equipe Envolvida no Processamento dos Dados	35
4.	CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES.....	37
5.	PRODUTOS FINAIS	38
5.1	Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzidos do IGRF).....	42
5.2	Mapas Radiométricos das Concentrações de K, eU, eTh e Contagem Total	45
5.3	Mapa Radiométrico Ternário	47
5.4	Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K.....	49
5.5	Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno	51

5.6	Mapa de Traço de Linhas de Vôo	53
5.7	Relatório Final.....	53
5.8	Arquivos Digitais Finais	54
5.9	Arquivos de Poligonais	57
5.10	Produtos Originais.....	57
6.	PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.....	58
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

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 – Resultado dos Testes

ANEXO I-f – Atenuação Atmosférica – Resultado dos Testes

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Altímetros

Anexo II-b – Compensação Magnética

Anexo II-c – Teste de Paralaxe

ANEXO III – QUADRO SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO

ANEXO IV – CONTEÚDO DOS DVD-ROMs

ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO

ANEXO VI – LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS NO PROCESSAMENTO

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.	1
Figura 2 – Vértices do Projeto.	2
Figura 3 - Aeronave Cessna C-208B – Caravan II – PR-FAM.	3
Figura 4 – Mapa das Linhas de Vôo.	9
Figura 5 - Gráfico da Estatística das Operações – PR-FAM.	10
Figura 6 – Movimentos de <i>Roll, Pitch e Yaw</i>	12
Figura 7 - Fluxograma do Processamento de Dados.	36
Figura 8 – Cronograma Geral das Operações.	37
Figura 9 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000.	40
Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000.	41
Figura 11 - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).	43
Figura 12 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).	44
Figura 13 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total.	46
Figura 14 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY <i>Inverted</i>).	48
Figura 15 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio.	50
Figura 16 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).	52

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto.	2
Tabela 2 - Equipamentos Utilizados.....	4
Tabela 3 - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes.....	5
Tabela 4 - Estatística das Operações – Aeronave PR-FAM.....	10
Tabela 5 – Testes de Manobras - PR-FAM	12
Tabela 6 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – PR-FAM.....	13
Tabela 7 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – PR-FAM.....	16
Tabela 8 - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.....	22
Tabela 9 - Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i>	22
Tabela 10 - <i>Background</i> da Aeronave e <i>Cosmic Stripping Ratios</i>	23
Tabela 11 - Constantes de Calibração do Radônio.....	31
Tabela 12 – Coeficientes <i>Skyshine</i>	31
Tabela 13 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica.....	33
Tabela 14 - Coeficientes de Sensibilidade.....	33
Tabela 15 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.....	34
Tabela 16 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.....	38
Tabela 17 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.....	39
Tabela 18 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Magnetometria.....	55
Tabela 19 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria.....	55
Tabela 20 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais.....	56
Tabela 21 – Arquivo de Cruzamentos XYZ – Magnetometria.....	56

1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico localiza-se na região nordeste do Brasil, abrangendo parte do estado da Bahia, conforme mostra a Figura 1.

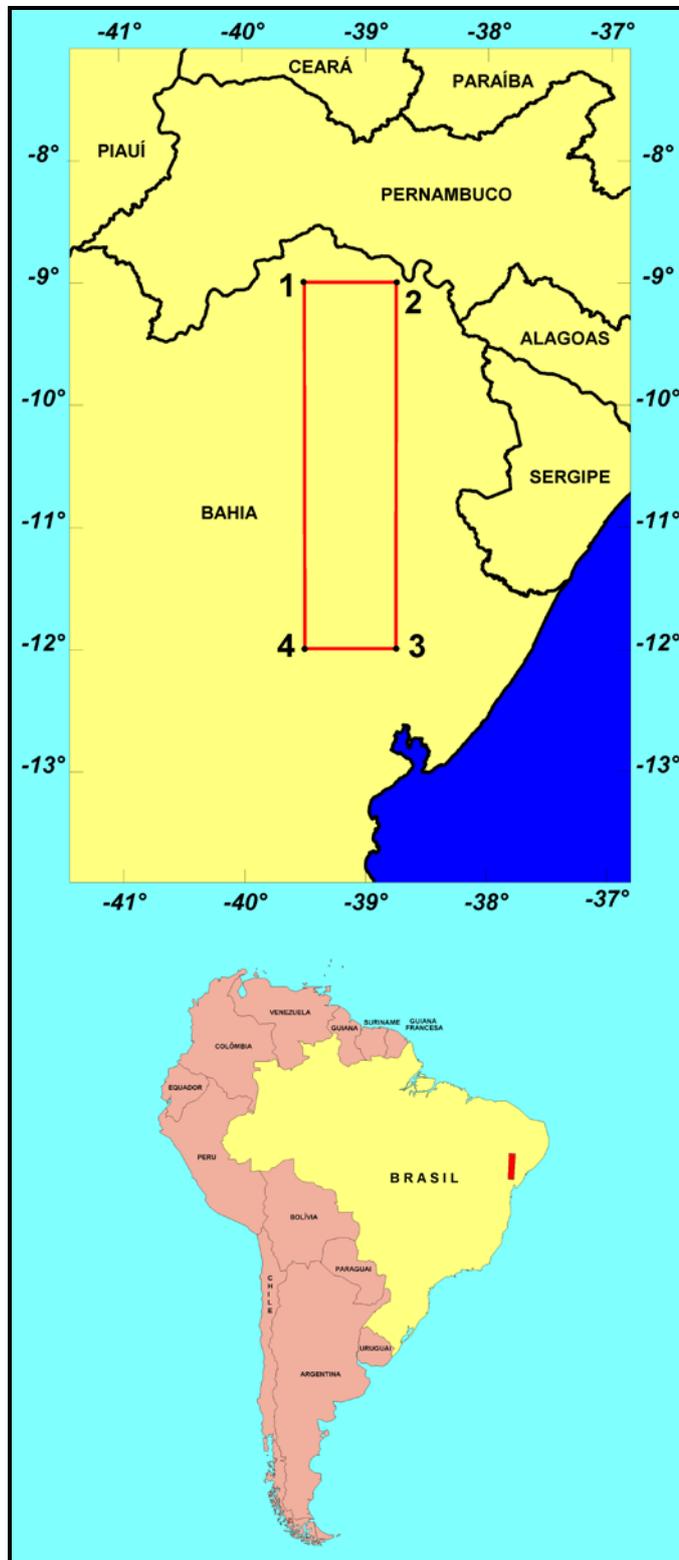


Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 58.424,51 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de voo e controle espaçadas de 500 m e 10 km, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A Tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada apresentada na Figura 2. A altura de voo foi fixada em 100 m sobre o terreno.

A aeronave Cessna C-208B – Caravan, prefixo PR-FAM foi responsável pela aquisição dos dados, adquirindo 55.522,10 km de linhas de voo e 2.902,41 km de linhas de controle. A equipe utilizou como base de operações a cidade de Paulo Afonso, no estado da Bahia.

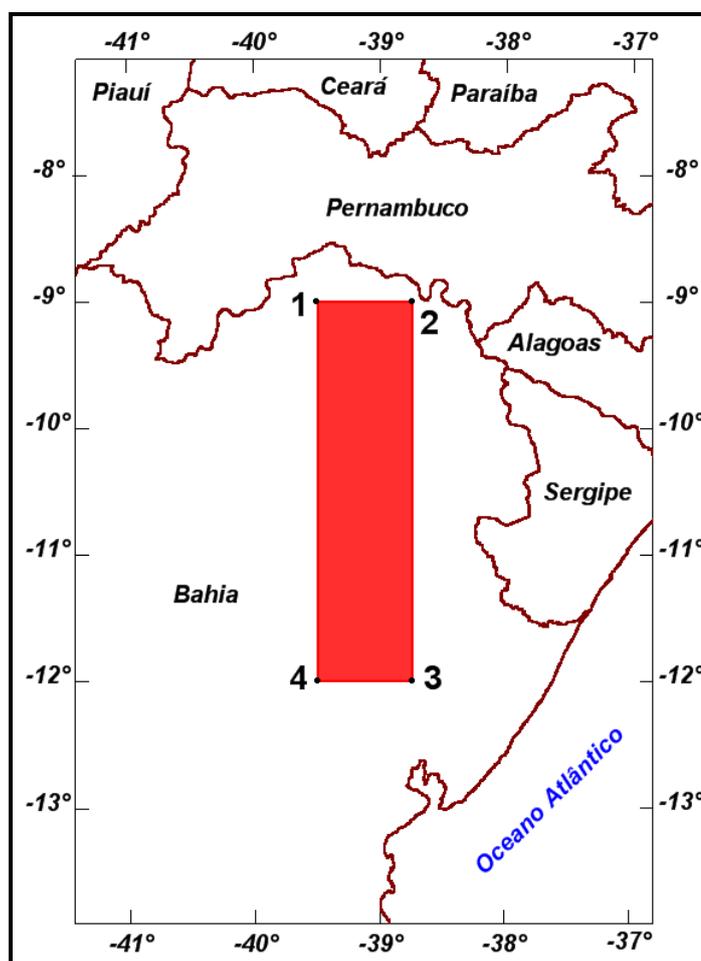


Figura 2 – Vértices do Projeto.

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto.

Vértice	Latitude	Longitude
1	-09°00'00"	-39°30'00"
2	-09°00'00"	-38°45'00"
3	-12°00'00"	-38°45'00"
4	-12°00'00"	-39°30'00"

Foi utilizada a seguinte aeronave para a execução deste projeto:

Cessna C-208B - Caravan prefixo PR-FAM (Figura 3) de propriedade da LASA Prospecções S/A.



Figura 3 - Aeronave Cessna C-208B – Caravan – PR-FAM.

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras do aeromagnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélite GPS, de precisão melhor do que 10 m. Uma estação fixa para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foi instalada na base de operação utilizada durante o levantamento.

As calibrações dos sistemas detectores aerogamaespectrométricos foram realizadas 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 7.2 (*GEOSOFT, 2005*), utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas nas escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, 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 vôo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de vôo: 500 m
- Direção das linhas de controle: E-W
- Espaçamento entre as linhas de controle: 10 km
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,1 s (magnetômetro) e 1,0 s (espectrômetro)
- Altura média de vôo: 100 m
- Velocidade aproximada de vôo: 270 km/h

2.2 Equipamentos Utilizados

A Tabela 2, a seguir, apresenta os equipamentos utilizados pela aeronave durante a execução do Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano.

Tabela 2 - Equipamentos Utilizados.

Prefixo da Aeronave	PR-FAM
Modelo da Aeronave	C-208B CARAVAN
Fabricante da Aeronave	CESSNA
Aeromagnetômetro	Scintrex CS-3
Gamaespectrômetro	Exploranium GR-820
Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio	2.560 pol ³ <i>down</i> e 512 pol ³ <i>up</i>
Sistema de Navegação	FASDAS
Sistema de Aquisição GPS	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”
Câmera de Vídeo	PANASONIC VW-484
Radar Altímetro	COLLINS ALT-50
Altímetro Barométrico	FUGRO/ENVIRO
Magnetômetro Terrestre	GEM – GSM-19
Sistema de Aquisição	FASDAS

2.2.1 Aeronave

O Cessna, modelo C-208B Caravan, prefixo PR-FAM, é uma aeronave construída na França sob licença da Cessna. É uma aeronave de asa baixa, trem de pouso retrátil, turbo-hélice de 675 SHP, operando a velocidade de 270 km/h e possuindo autonomia de 6,5 horas.

2.2.2 Aeromagnetômetro

Sistema aeromagnético acoplado a um sensor de vapor de césio montado na cauda (tipo *stinger*) da aeronave. O sinal é recebido através de um pré-amplificador, localizado na base do cone de cauda da aeronave, e enviado ao sistema de aquisição e compensação aeromagnética contido no sistema FASDAS:

Sensor: Scintrex CS-3
 Resolução: 0,001 nT
 Faixa: 20.000 - 95.000 nT
 Montagem: *Stinger*

As leituras do magnetômetro são realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, para a velocidade de 270 km/h da aeronave, a aproximadamente 7,5 m no terreno.

2.2.3 Aerogamaespectrômetro

Foi utilizado o gamaespectrômetro EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 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 do gamaespectrômetro e as respectivas faixas de energia é mostrada na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro 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 do gamaespectrômetro são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 78 metros no terreno.

O sistema detector voltado para baixo (*downward looking*) na aeronave PR-FAM é constituído por três conjuntos de cristais de iodeto de sódio (NaI) sendo dois de 1024 polegadas cúbicas e um de 512 polegadas cúbicas, totalizando 2.560 polegadas cúbicas.

O sistema detector voltado para cima (*upward looking*) é constituído por dois cristais de 256 polegadas cúbicas, totalizando 512 polegadas cúbicas.

Os detectores *upward looking* monitoram as radiações decorrentes da influência do radônio na faixa energética do canal do urânio (1,66 a 1,86 MeV).

2.2.4 Sistemas de Aquisição de Dados

O computador do sistema de aquisição de dados FASDAS é a principal unidade do sistema aeromagnético instalado a bordo da aeronave. Todos os dados adquiridos são armazenados no disco interno e posteriormente transferidos para o disco magnético externo, para efeito de *backup* e transferência dos dados para o computador de processamento no escritório de campo.

O formato de gravação relativo aos dados de campo comporta as seguintes informações:

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	Fiducial	s
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
10	Radar altímetro	μV
10	Temperatura	μV
10	Barômetro	μV
10	Temperatura	°C
10	Altura de vôo	ft
10	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

2.2.5 Sistema de Vídeo

A aeronave utilizou de sistema de vídeo, constituído por câmera de alta definição acoplada a gravador. Um monitor de 5" está disponível na cabine para visualização do trajeto 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 FASDAS possibilita a gravação do número do vôo, número da linha e valores das fiduciais nas imagens de vídeo coletadas.

2.2.6 Altímetros

A altura de vôo da aeronave foi monitorada através do altímetro de radar e do barômetro de precisão incluídos no sistema de aquisição aerogeofísico. O radar altímetro utilizado pela aeronave foi o modelo Collins ALT-50. Este equipamento apresenta precisão de 5 pés e alcance de 2.500 pés. O barômetro é um transdutor de pressão que registra a altitude de vôo em relação ao nível do mar. O modelo utilizado foi o Fugro/Enviro, que apresenta precisão e alcance equivalente ao do radar altímetro.

2.2.7 Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação da aeronave foi efetuada por sistema GPS de 12 canais, com receptor Trimble AgGPS 132. As informações de posicionamento são processadas pelo sistema de aquisição de dados e enviadas ao computador de navegação, ficando disponíveis ao piloto através de indicadores analógicos.

As coordenadas GPS (latitude/longitude) são armazenadas no disco rígido do sistema de aquisição de dados e transferidas ao escritório de campo.

A aeronave está equipada com sistema de correção em tempo real (DGPS *real time*), cujas coordenadas são transferidas ao escritório de campo já corrigidas.

2.2.8 Magnetômetro Terrestre

Para controle diário das variações do campo magnético terrestre foi utilizado um magnetômetro portátil GEM, modelo GSM-19 de resolução de 0,1 nT com envoltória de ruídos equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a intervalos de 3 segundos e armazenadas na memória do próprio equipamento.

O magnetômetro foi instalado no aeroporto de Paulo Afonso (BA), 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 eram transferidos aos 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 Paulo Afonso (BA);
- Obtenção da autorização do aerolevanteamento junto ao Ministério da Defesa;
- Preparação do plano de vôo 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 nº 137/2010, de 29.07.2010.

2.3.1 Elaboração do Plano de Vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano foram programadas 166 linhas de vôo e 34 linhas de controle, totalizando 58.424,51 km de perfis geofísicos. A Figura 4 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

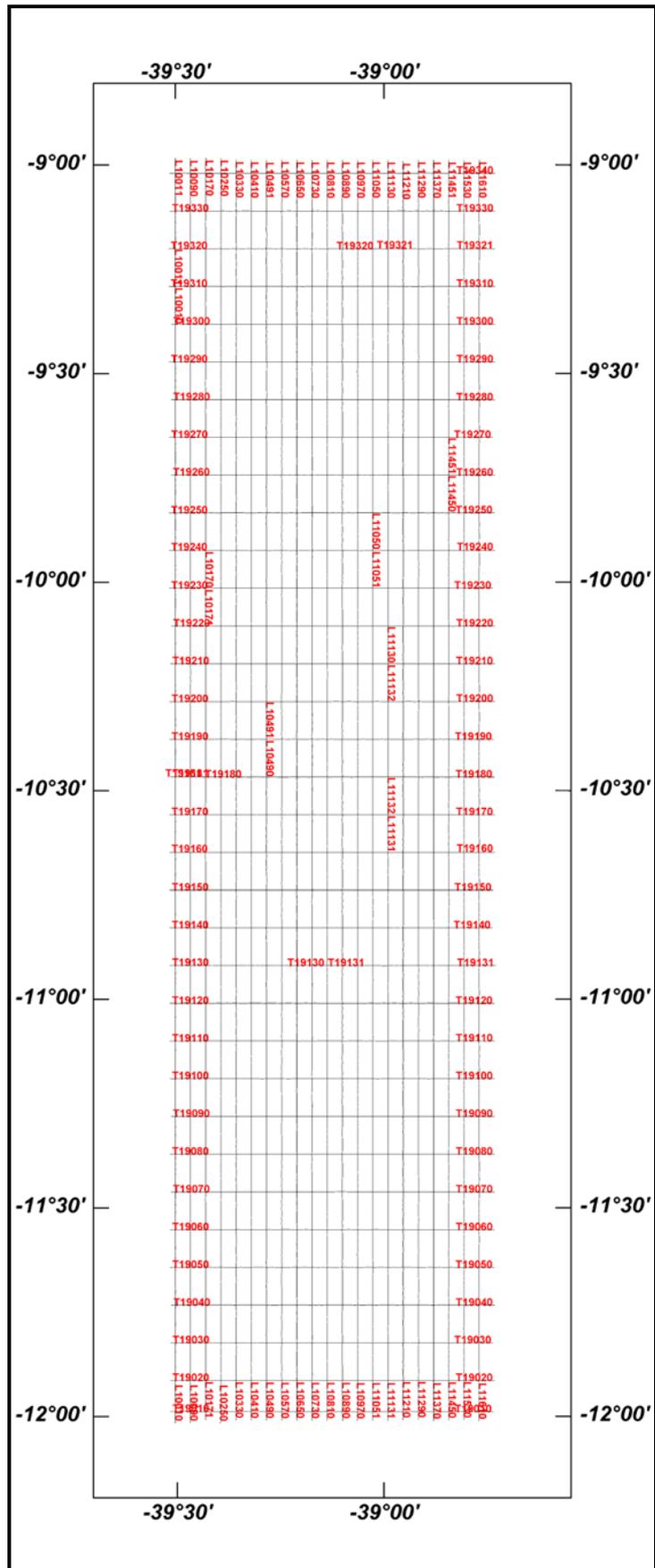


Figura 4 – Mapa das Linhas de Voo.

2.3.2 Estatística das Operações

O Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano foi executado entre 07/08/2010 e 12/10/2010. Foram gastas cerca de 215,83 horas de voo produtivo para a aquisição dos dados e testes. A Tabela 4 e o gráfico da Figura 5, a seguir, mostram as estatísticas obtidas durante a fase de aquisição dos dados.

Tabela 4 - Estatística das Operações – Aeronave PR-FAM.

Item	Indicadores do Levantamento	Nº Dias	%
1	Produção	51	74%
2	Meteorologia	6	9%
3	Manutenção de Aeronave	5	7%
4	Tempestade Magnética	0	0%
5	Falha de Equipamento	0	0%
6	Testes Contratuais	2	3%
7	Outros	5	7%
	Total*	69	100%

* Número de dias despendido pela aeronave.

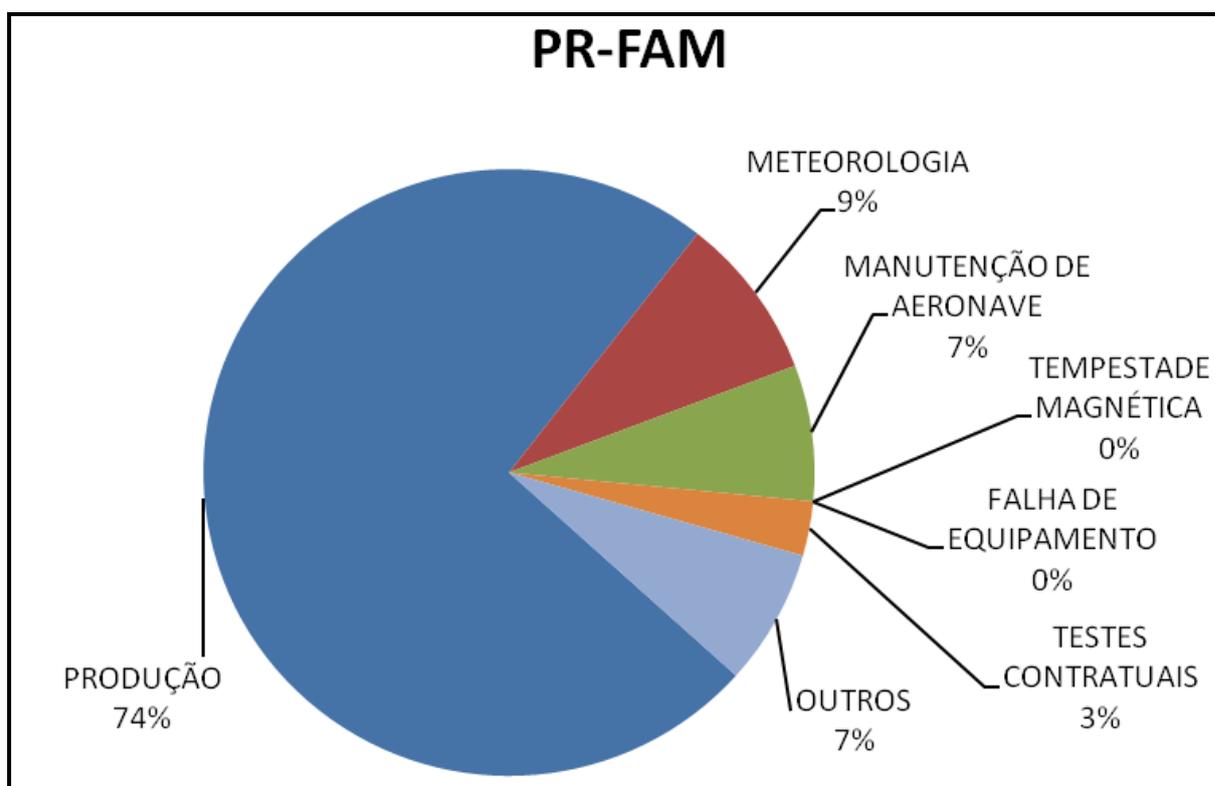


Figura 5 - Gráfico da Estatística das Operações – PR-FAM.

2.3.3 Mapa do Projeto de Vôo

O mapa do projeto de vôo foi obtido através de *software* proprietário (*Geonave*), sendo determinadas as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de vôo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 500 m para as linhas de vôo e 10.000 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. Os resultados dos testes 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 vôo no levantamento.

Os efeitos produzidos em cada uma das direções de vôo são medidos pelos magnetômetros *fluxgate*, instalados no *stinger* da 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 6) são conduzidas para cada uma das direções de vôo 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.

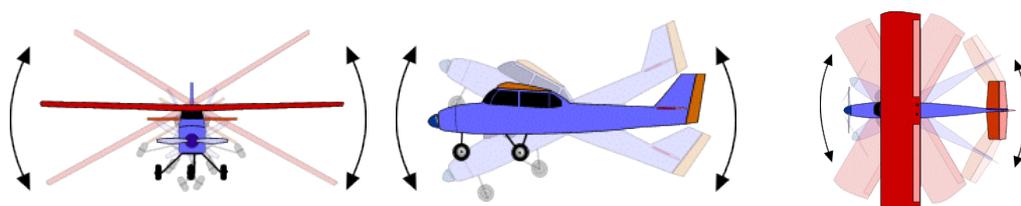


Figura 6 – Movimentos de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*.

O sistema FASDAS 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 5 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

Tabela 5 – Testes de Manobras - PR-FAM.

DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
07/08/2010	90°	0,08	0,02	0,02	0,12
	180°	0,03	0,03	0,03	0,09
	270°	0,04	0,03	0,03	0,10
	360°	0,03	0,03	0,03	0,09
Somatório					0,40
DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
14/08/2010	90°	0,04	0,02	0,02	0,08
	180°	0,03	0,03	0,02	0,08
	270°	0,04	0,03	0,03	0,10
	360°	0,02	0,02	0,02	0,06
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 segundo. 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 vôos operacionais. As amostras são colocadas sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave estacionada no mesmo local. A Tabela 6 apresenta os resultados destes testes.

Tabela 6 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – PR-FAM.

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
8/ago/10	INÍCIO	5	305,12	221,91
	FIM		304,75	222,51
9/ago/10	INÍCIO	6 / 7	307,12	227,81
	FIM		302,59	224,58
10/ago/10	INÍCIO	8 / 9	305,04	225,35
	FIM		304,28	224,46
11/ago/10	INÍCIO	10	302,44	220,82
	FIM		306,37	221,76
12/ago/10	INÍCIO	11 / 12	301,40	225,23
	FIM		295,67	216,77

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
15/ago/10	INÍCIO	14 / 15	306,67	226,04
	FIM		306,88	222,81
16/ago/10	INÍCIO	16 / 17	310,27	221,49
	FIM		308,06	219,08
17/ago/10	INÍCIO	18	303,88	220,64
	FIM		290,78	222,53
19/ago/10	INÍCIO	20 / 21	305,25	215,95
	FIM		303,62	220,13
20/ago/10	INÍCIO	22 / 23	306,38	218,31
	FIM		302,93	215,70
21/ago/10	INÍCIO	24 / 25	302,99	222,78
	FIM		305,00	215,37
22/ago/10	INÍCIO	26 / 27	304,16	219,40
	FIM		304,31	218,95
23/ago/10	INÍCIO	28 / 29	303,03	221,22
	FIM		298,78	215,16
24/ago/10	INÍCIO	30	303,82	217,63
	FIM		-	-
25/ago/10	INÍCIO	31	301,41	214,99
	FIM		302,00	215,65
26/ago/10	INÍCIO	32 / 33	301,35	215,99
	FIM		303,31	217,56
28/ago/10	INÍCIO	34 / 35	299,13	220,42
	FIM		302,38	215,90
29/ago/10	INÍCIO	36 / 37	305,22	218,64
	FIM		303,41	218,07
31/ago/10	INÍCIO	40	303,02	216,41
	FIM		299,51	215,84
1/set/10	INÍCIO	41	301,12	217,33
	FIM		303,96	214,69
2/set/10	INÍCIO	42	295,00	216,60
	FIM		302,02	218,94
3/set/10	INÍCIO	43 / 44	304,41	221,99
	FIM		297,86	214,95
4/set/10	INÍCIO	46	299,12	215,39
	FIM		298,17	216,96
5/set/10	INÍCIO	47 / 48	299,74	222,74
	FIM		299,43	216,01
10/set/15	INÍCIO	54 / 55	296,35	214,61
	FIM		297,91	214,85

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
16/set/10	INÍCIO	56 / 57	299,75	213,44
	FIM		304,66	217,44
17/set/10	INÍCIO	58 / 59	300,82	216,42
	FIM		304,79	212,11
18/set/10	INÍCIO	60	298,32	220,97
	FIM		297,13	213,04
19/set/10	INÍCIO	61	297,49	216,79
	FIM		297,79	212,75
20/set/10	INÍCIO	62 / 63	299,84	213,83
	FIM		298,17	213,28
21/set/10	INÍCIO	64	301,41	216,60
	FIM		301,72	211,37
22/set/10	INÍCIO	65	302,00	212,91
	FIM		296,50	210,17
23/set/10	INÍCIO	66	303,39	214,73
	FIM		300,75	213,32
24/set/10	INÍCIO	67 / 68	297,84	216,44
	FIM		296,65	213,77
25/set/10	INÍCIO	70	301,43	216,78
	FIM		301,91	212,10
26/set/10	INÍCIO	71	300,58	211,13
	FIM		302,54	215,44
27/set/10	INÍCIO	72	303,12	217,13
	FIM		304,72	214,89
28/set/10	INÍCIO	74 / 75	295,63	216,70
	FIM		296,93	216,19
29/set/10	INÍCIO	76 / 77	303,11	216,47
	FIM		297,15	217,84
30/set/10	INÍCIO	78	306,57	215,87
	FIM		301,05	213,82
2/out/10	INÍCIO	79	296,01	213,09
	FIM		300,19	217,23
3/out/10	INÍCIO	80 / 81	304,28	215,09
	FIM		298,99	214,59
4/out/10	INÍCIO	82 / 83	300,30	210,75
	FIM		296,93	212,58
5/out/10	INÍCIO	84 / 85	302,88	216,46
	FIM		303,46	212,06
6/out/10	INÍCIO	86	302,82	214,74
	FIM		-	-

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
7/out/10	INÍCIO	88 / 89	301,18	214,91
	FIM		301,28	214,65
8/out/10	INÍCIO	90 / 91	295,74	215,65
	FIM		300,34	211,23
9/out/10	INÍCIO	92 / 93	294,02	215,44
	FIM		297,30	215,71
10/out/10	INÍCIO	94 / 95	301,53	216,55
	FIM		298,11	213,66
11/out/10	INÍCIO	96 / 97	300,10	210,79
	FIM		302,12	212,36
12/out/10	INÍCIO	98 / 99	296,73	212,86
	FIM		300,53	214,82

f) 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.

Consistem na perfilagem sobre um mesmo segmento de linha, no início e no fim de cada vôo, com extensão mínima de 5 km, ao longo das pistas de pouso dos aeroportos utilizados para as operações, na altura do levantamento (100 m).

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

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico, estão relacionados na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – PR-FAM.

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Paulo Afonso (BA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
8/ago/10	INÍCIO	5	35,58	24,92
	FIM		35,41	24,82
9/ago/10	INÍCIO	6	35,97	28,35
	FIM		37,26	23,27
9/ago/10	INÍCIO	7	-	-
	FIM		36,56	24,1
10/ago/10	INÍCIO	8	35,90	29,22
	FIM		35,19	23,14
10/ago/10	INÍCIO	9	-	-
	FIM		35,67	25,17
11/ago/10	INÍCIO	10	34,29	23,04
	FIM		32,79	21,98

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Paulo Afonso (BA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
12/ago/10	INÍCIO	11	36,94	31,48
	FIM		37,71	24,36
12/ago/10	INÍCIO	12	-	-
	FIM		35,87	24,15
15/ago/10	INÍCIO	14	36,67	-
	FIM		35,88	23,68
15/ago/10	INÍCIO	15	-	-
	FIM		35,79	24,56
16/ago/10	INÍCIO	16	36,01	-
	FIM		35,48	23,34
16/ago/10	INÍCIO	17	-	-
	FIM		34,92	22,43
17/ago/10	INÍCIO	18	36,11	27,66
	FIM		32,04	20,98
19/ago/10	INÍCIO	20	36,42	27,34
	FIM		34,88	23,67
19/ago/10	INÍCIO	21	-	-
	FIM		34,83	23,02
20/ago/10	INÍCIO	22	34,04	25,31
	FIM		35,86	25,68
20/ago/10	INÍCIO	23	-	-
	FIM		35,82	24,50
21/ago/10	INÍCIO	24	36,30	32,33
	FIM		36,02	24,21
21/ago/10	INÍCIO	25	-	-
	FIM		36,28	24,18
21/ago/10	INÍCIO	26	35,96	29,96
	FIM		37,73	24,07
22/ago/10	INÍCIO	27	-	-
	FIM		35,26	24,01
23/ago/10	INÍCIO	28	37,73	32,35
	FIM		36,62	26,29
23/ago/10	INÍCIO	29	-	-
	FIM		36,55	26,25
24/ago/10	INÍCIO	30	36,48	28,27
	FIM		36,86	27,86
25/ago/10	INÍCIO	31	34,10	24,86
	FIM		36,11	25,35
26/ago/10	INÍCIO	32	36,02	28,41
	FIM		36,33	24,46
26/ago/10	INÍCIO	33	-	-

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Paulo Afonso (BA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
	FIM		35,55	23,99
28/ago/10	INÍCIO	34	37,15	27,13
	FIM		33,41	25,65
28/ago/10	INÍCIO	35	-	-
	FIM		35,59	23,85
29/ago/10	INÍCIO	36	34,05	25,56
	FIM		35,63	25,06
29/ago/10	INÍCIO	37	-	-
	FIM		34,78	23,38
30/ago/10	INÍCIO	38	36,05	30,54
	FIM		36,23	26,52
30/ago/10	INÍCIO	39	-	-
	FIM		35,33	24,37
31/ago/10	INÍCIO	40	37,53	25,42
	FIM		37,14	26,23
1/set/10	INÍCIO	41	34,84	22,79
	FIM		37,17	25,00
1/set/10	INÍCIO	41	34,84	22,79
	FIM		37,17	25,00
2/set/10	INÍCIO	42	34,36	23,61
	FIM		37,62	26,58
3/set/10	INÍCIO	43	36,49	30,89
	FIM		38,01	27,63
3/set/10	INÍCIO	44	-	-
	FIM		35,03	24,61
4/set/10	INÍCIO	46	37,37	25,67
	FIM		35,25	23,79
5/set/10	INÍCIO	47	35,05	30,63
	FIM		35,46	25,52
5/set/10	INÍCIO	48	-	-
	FIM		35,48	24,03
15/set/10	INÍCIO	54	33,21	-
	FIM		37,73	23,66
15/set/10	INÍCIO	55	-	-
	FIM		31,67	20,83
16/set/10	INÍCIO	56	33,46	-
	FIM		30,58	21,83
16/set/10	INÍCIO	57	-	-
	FIM		36,89	22,86
17/set/10	INÍCIO	59	34,37	21,84
	FIM		34,33	25,05

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Paulo Afonso (BA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
18/set/10	INÍCIO	60	35,90	-
	FIM		34,53	23,21
19/set/10	INÍCIO	61	36,65	25,22
	FIM		35,03	23,68
20/set/10	INÍCIO	62	33,94	-
	FIM		34,34	24,51
20/set/10	INÍCIO	63	-	-
	FIM		37,26	25,32
21/set/10	INÍCIO	64	36,12	-
	FIM		35,88	23,39
22/set/10	INÍCIO	65	37,46	25,6
	FIM		34,86	25,00
23/set/10	INÍCIO	66	38,60	26,42
	FIM		37,24	24,37
24/set/10	INÍCIO	67	37,19	32,07
	FIM		36,18	26,12
24/set/10	INÍCIO	68	-	-
	FIM		37,56	24,53
25/set/10	INÍCIO	70	35,20	22,59
	FIM		35,79	24,48
26/set/10	INÍCIO	71	36,57	-
	FIM		37,39	25,38
27/set/10	INÍCIO	72	33,36	23,76
	FIM		40,04	26,07
28/set/10	INÍCIO	74	36,69	28,65
	FIM		34,45	25,13
28/set/10	INÍCIO	75	-	-
	FIM		36,39	23,03
29/set/10	INÍCIO	76	38,66	28,69
	FIM		36,51	23,65
29/set/10	INÍCIO	77	-	-
	FIM		36,36	25,86
30/set/10	INÍCIO	78	36,85	22,53
	FIM		36,71	25,64
2/out/10	INÍCIO	79	35,11	26,27
	FIM		36,27	22,92
3/out/10	INÍCIO	80	37,69	25,57
	FIM		39,15	28,84
3/out/10	INÍCIO	81	-	-
	FIM		36,23	24,98
4/out/10	INÍCIO	82	35,02	25,15

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Paulo Afonso (BA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
	FIM		37,74	24,60
4/out/10	INÍCIO	83	-	-
	FIM		36,98	24,68
5/out/10	INÍCIO	84	37,72	27,33
	FIM		36,85	25,85
5/out/10	INÍCIO	85	-	-
	FIM		37,86	23,73
6/out/10	INÍCIO	86	39,65	34,65
	FIM		37,91	29,90
7/out/10	INÍCIO	88	36,86	27,8
	FIM		39,56	25,96
7/out/10	INÍCIO	89	-	-
	FIM		36,51	26,09
8/out/10	INÍCIO	90	34,32	29,11
	FIM		36,89	29,16
8/out/10	INÍCIO	91	-	-
	FIM		36,74	24,39
9/out/10	INÍCIO	92	36,92	36,83
	FIM		38,14	28,85
9/out/10	INÍCIO	93	-	-
	FIM		40,01	25,75
10/out/10	INÍCIO	94	36,83	26,07
	FIM		38,72	25,87
10/out/10	INÍCIO	95	-	-
	FIM		38,15	25,39
11/out/10	INÍCIO	96	35,18	24,64
	FIM		36,35	24,09
11/out/10	INÍCIO	97	-	-
	FIM		38,39	23,52
12/out/10	INÍCIO	98	36,03	24,22
	FIM		38,7	25,93
12/out/10	INÍCIO	99	-	-
	FIM		37,35	24,40

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 céσιο (^{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 céσιο, 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:

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

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):

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

A resolução calculada a partir do tório deve ser menor que 7% e a resolução a partir do céσιο 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 três pacotes de cristais detectores *downward looking* (2.560 pol³) ficaram abaixo de 7% e para os cristais detectores *upward looking* (512 pol³) 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 para cada 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 Prospecções S.A., estão indicadas na Tabela 8.

Tabela 8 - 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 seqüencialmente 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 de 2.560 polegadas cúbicas (duas caixas e meia; 1.024+1.024+512). Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento *Compton* estão resumidos na Tabela 9. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta o resultado dessa calibração.

Tabela 9 - Coeficientes de Espalhamento *Compton*.

AERONAVE	DATA	α	β	γ	a	b	g
PR-FAM	04/05/2010	0,2531	0,3789	0,7416	0,0498	0,0059	0,0107

- 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) Vôo 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 vôo cósmico envolveu o recobrimento de perfis sobre o mar, em área distante da costa cerca de 20 km, voando nas altitudes de 5000, 7000, 9000, 11000 e 12000 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 10, a seguir, resume os resultados obtidos pela aeronave nos vôos cósmicos. A apresentação dos resultados na forma de tabelas e gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

Tabela 10 - *Background da Aeronave e Cosmic Stripping Ratios.*

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAM (09/06/2010)
Contagem Total	a (cps)	77,0944
	b	0,7721
Potássio	a (cps)	15,1694
	b	0,0414
Urânio	a (cps)	1,7724
	b	0,0332
Tório	a (cps)	0,3159
	b	0,0396
Urânio <i>upward</i>	a (cps)	0,0879
	b	0,0070

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 seqüência dos perfis também são realizadas passagens sobre o Oceano Atlântico na mesma altura de vôo 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 (com intervalos de 50 m entre estações, com emprego de gamaespectrômetro portátil Exploranium Modelo GR-320), 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 do Detector *Upward Looking*

A calibração do detector aerogamaespectrométrico voltado 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 vôos 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 dos vôos da aeronave e transferência dos dados coletados para o computador de campo, para fins de verificação da qualidade da gravação e análise dos perfis coletados, no que se refere a desvios na altura de vôo, envoltória de ruídos e desvios de navegação, estabelecidos respectivamente, em: 15 m para mais ou para menos, 0,5 nT e 50 m em relação à linha teórica;
- c) Geração das plotagens dos traços das linhas de vôo e de controle, corrigidos diferencialmente, em superposição ao plano de vôo para identificação dos possíveis trechos desviados em mais de 20% do espaçamento teórico (100 m) por mais de 1000 m;
- d) Verificação da qualidade da gravação, em vídeo, do trajeto percorrido pela aeronave.

Para o controle da produção, acompanhamento dos trabalhos, plotagem, listagem de dados, compilação dos registros e demais controles foi montado, no escritório de campo, um conjunto de equipamentos de processamento de dados, consistindo em:

- Microcomputadores PC;
- Impressora;
- Sistema de TV/Vídeo VHS.

2.5 Equipe Técnica na Base de Operações

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

Eduardo Monteiro Vaz Júlio César Gomes de Oliveira Miquéias Silva	Chefe de Equipe
José Marcelo Silva de Souza	Operador de Equipamento
Antonio Cavalcante Júnior Cristiano Bonfim Ernani de Albuquerque Maranhão Neto	Piloto
Samuel Mota	Mecânico

3 PROCESSAMENTO DE DADOS

3.1 Fluxo de Processamento

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano foi empregado o *software* OASIS MONTAJ versão 7.2 do sistema *GEOSOFT*, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exportação do dado binário coletado em voo para formato ASCII XYZ *GEOSOFT*. A Figura 7 no final do capítulo, mostra o fluxograma 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 UTM 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

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 resincronizados.

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:

$F_c(t_0) = F_c(t_0 \pm I_p)$, onde:

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

t₀ = Tempo da Amostragem,

I_p = 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 correspondeu a 0,3 segundo. Os resultados dos testes para determinação encontram-se no Anexo II-c, no final deste relatório.

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 28.757 nT. 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 consiste, basicamente, no ajuste das linhas de controle com base na média das diferenças (ou diferença de 1ª ordem) com as linhas de vôo. 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 vôo 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 vôo 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 vôo 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 a linhas de vôo nos pontos de cruzamento. Tal procedimento é conduzido pelo comando XLEVEL GX. Estes valores são armazenados no banco de dados e utilizados no cálculo das correções a serem aplicadas às linhas de vôo. 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 vôo) e cosseno direcional atuando na direção das linhas de vôo e perpendicularmente a elas, seguindo-se, então, a criação de um *grid* final decorrugado, 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 200 m, referidos ao ano de 2010 e atualizados para a data de 09/09/2010 (2010,691).

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 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, 1991*. Foi empregada a rotina contida no sistema de processamento radiométrico OASIS-RPS da *GEOSOFT*.

3.1.3.1 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.

3.1.3.2 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.

3.1.3.3 Correção do Erro de Paralaxe

O erro de paralaxe não foi observado nos dados radiométricos, não sendo, assim, necessário sua aplicação.

3.1.3.4 Cálculo da Altura Efetiva (h_e) de Vôo

A altura de vôo 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 vôo 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.

3.1.3.5 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):

$N = a + bC$, 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 10 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo vôo cósmico sobre o mar, em área distante da costa, cujos gráficos estão indicados no Anexo I-c.

3.1.3.6 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, op. cit.):

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

u_r é a componente do radônio no urânio *up*, **K_r**, **U_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, op. cit., p. 27).

No cálculo dos coeficientes a_{tc} , a_k , a_u e a_t (Tabela 11) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos correspondentes a estes cálculos encontram-se no Anexo I-d.

Tabela 11 - Constantes de Calibração do Radônio.

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAM
Contagem Total	a_{tc}	14,8990
Potássio	a_k	0,7160
Urânio <i>up</i>	a_u	0,1606
Tório	a_t	0,2009

3.1.3.7 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 levantamento.

Os valores obtidos no levantamento em pauta estão demonstrados na Tabela 12 abaixo.

Tabela 12 – Coeficientes *Skyshine*.

COEFICIENTE	PR-FAM
a_1	0,023
a_2	0,015

3.1.3.8 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 9 – Coeficientes de Espalhamento *Compton*, apresentada no item 2.3.6. Maior detalhamento deste teste está presente no Anexo I-b.

3.1.3.9 Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)

A correção altimétrica tem por objetivo referenciar os valores radiométricos à altura nominal do aerolevante (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 ($H=0$),

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 13 obtidos durante os testes realizados em Maricá (RJ). Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de vôo encontram-se no Anexo I-f.

Tabela 13 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
	PR-FAM (05/05/2010)
Contagem Total	-0,0072
Potássio	-0,0090
Urânio	-0,0086
Tório	-0,0072

3.1.3.10 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), 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 14 a seguir corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume total de 2560 polegadas cúbicas), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.

Tabela 14 - Coeficientes de Sensibilidade.

Canal Radiométrico	SENSIBILIDADE	
	PR-FAM (05/05/2010)	Unidade
Contagem Total	234,30	cps / μ R/h CT
Potássio	74,66	cps / %K
Urânio	12,36	cps / ppm eU
Tório	5,17	cps / ppm eTh

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 foi de $13,94 \mu\text{R/h}$.

Os gráficos comparativos dos perfis coletados durante a calibração dinâmica, após a conversão da amostragem para concentração aparente, acompanham o texto descritivo do procedimento de calibração apresentado no Anexo I-e.

3.1.3.11 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. Aos valores abaixo do valor mínimo foi atribuído o valor zero, artifício que possibilitou uma melhor apresentação dos dados como um todo. A Tabela 15, a seguir, resume os valores utilizados:

Tabela 15 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

Canal Radiométrico	VALOR MÍNIMO
K (%)	0,080
eU (ppm)	0,032
eTh (ppm)	0,352

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 125 m x 125 m, o que equivale a um quarto do espaçamento entre as linhas de vôo.

3.3 Arquivo Final de Dados

Os dados finais dos perfis do levantamento foram gravados em DVD-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 radiométricos brutos e corrigidos e respectivas razões;
- Altura e Altitude do Vôo;
- Posicionamento GPS: Coordenadas UTM, Latitude, Longitude e elevação GPS.

Todos os dados dos cruzamentos entre linhas de vôo 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 DVD-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
- Luiz Paulo Pousa de Moura - Geofísico Sênior
- Marcia Coelho Reis - Secretária de Operações

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano esteve a cargo de Jorge Dagoberto Hildenbrand.

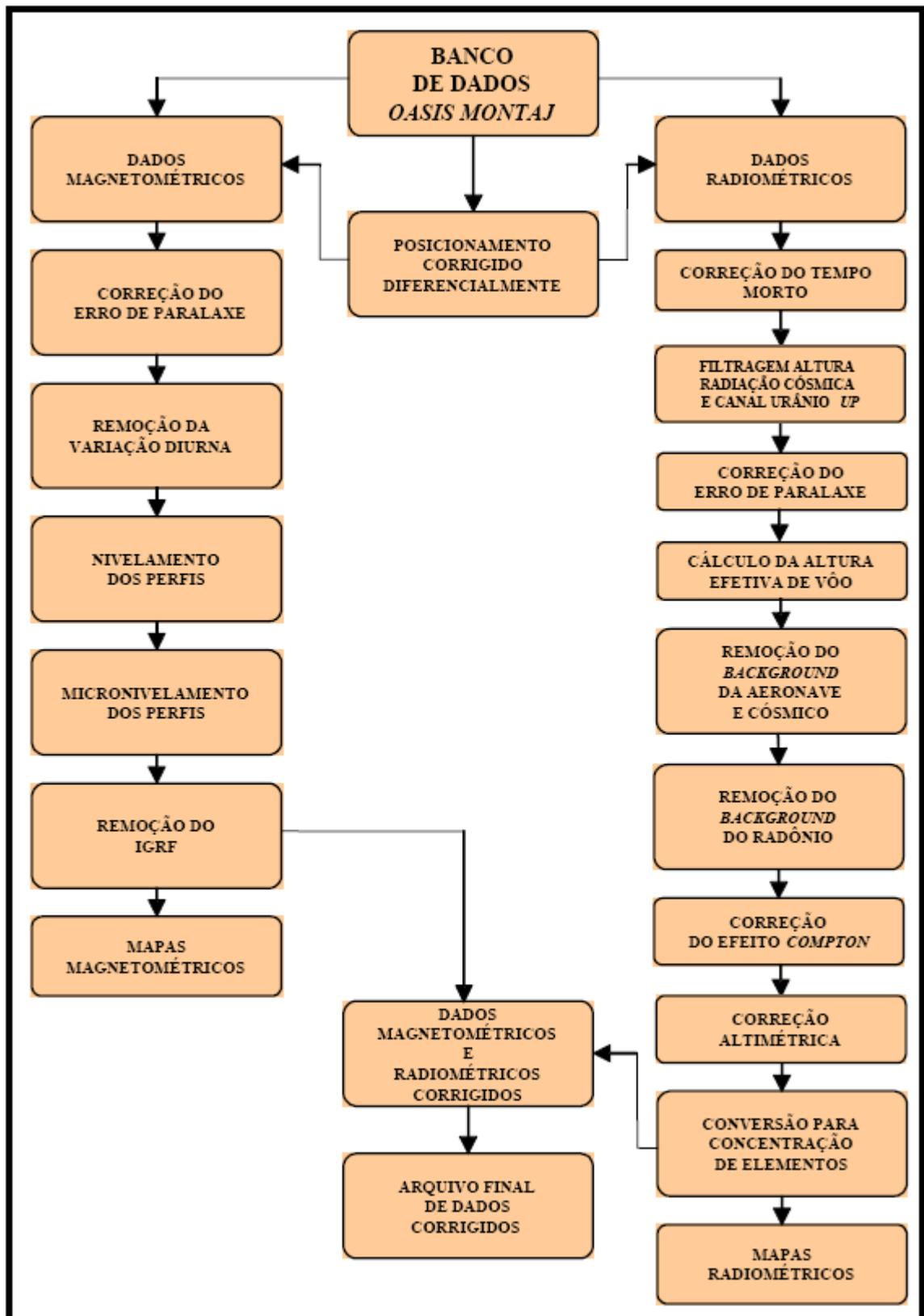


Figura 7 - Fluxograma do Processamento de Dados.

4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano foi executado no período de 07/08/2010 a 12/10/2010. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final tiveram início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 15.01.2011.

A Figura 8 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

Figura 8 – Cronograma Geral das Operações.

Ano	2010						2011	
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Calibração Inicial								
Mobilização								
Aquisição de Dados								
<i>Dynamic Calibration Range</i>								
Processamento e Relatório Final								

 Previsto

 Realizado

5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano estão sendo apresentados, na forma de mapas, nas escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, que seguem em anexo ao presente relatório. Os resultados na forma de mapas são acompanhados dos arquivos digitais finais do levantamento, gravados em DVD-ROM, no formato *GEOSOFT*.

Os mapas foram elaborados de acordo com as especificações do Manual Técnico do DNPM (DNPM, 1985). As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (8 km em 1:100.000, 20 km em 1:250.000 e 40 km em 1:500.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 10, 15 e 30 minutos, respectivamente, para as escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais da folha ao milionésimo SC.24, disponíveis no *site* do IBGE (www.ibge.gov.br). Na escala de 1:500.000 os mapas foram elaborados de forma a englobar toda a área do Projeto em uma folha única.

As Figuras 9 e 10 ilustram a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, respectivamente.

A Tabela 16 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

Tabela 16 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.

TEMA	PADRÃO (1:100.000)	PADRÃO (1:250.000)	FOLHA ÚNICA (1:500.000)
Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
1a.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Radiométrico de Contagem Total	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
Radiométrico de Potássio	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
Radiométrico de Urânio	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
Radiométrico de Tório	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
Razão Radiométrica eU/eTh	Imagem e planimetria	Imagem e planimetria	Imagem e planimetria
Razão Radiométrica eU/K	Imagem e planimetria	Imagem e planimetria	Imagem e planimetria
Razão Radiométrica eTh/K	Imagem e planimetria	Imagem e planimetria	Imagem e planimetria
Radiométrico Ternário	-	-	Imagem e planimetria
Modelo Digital do Terreno	-	-	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
Traço de Linhas de Vão (Digital)	Traço de linhas de vão e planimetria	-	-

As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 17 a seguir:

Tabela 17 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.

TEMA	PADRÃO (1:100.000)	PADRÃO (1:250.000)
Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	10 e 50 nT	20 e 100 nT
1a.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,05 e 0,25 nT/m	0,05 e 0,25 nT/m
Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,02 e 0,10 nT/m	0,02 e 0,10 nT/m
Radiométrico de Contagem Total	1 e 5 μ R/h	1 e 5 μ R/h
Radiométrico de Potássio	0,50 e 2,5 %	0,50 e 2,5 %
Radiométrico de Urânio	0,2 e 1,0 ppm	0,2 e 1,0 ppm
Radiométrico de Tório	2 e 10 ppm	2 e 10 ppm

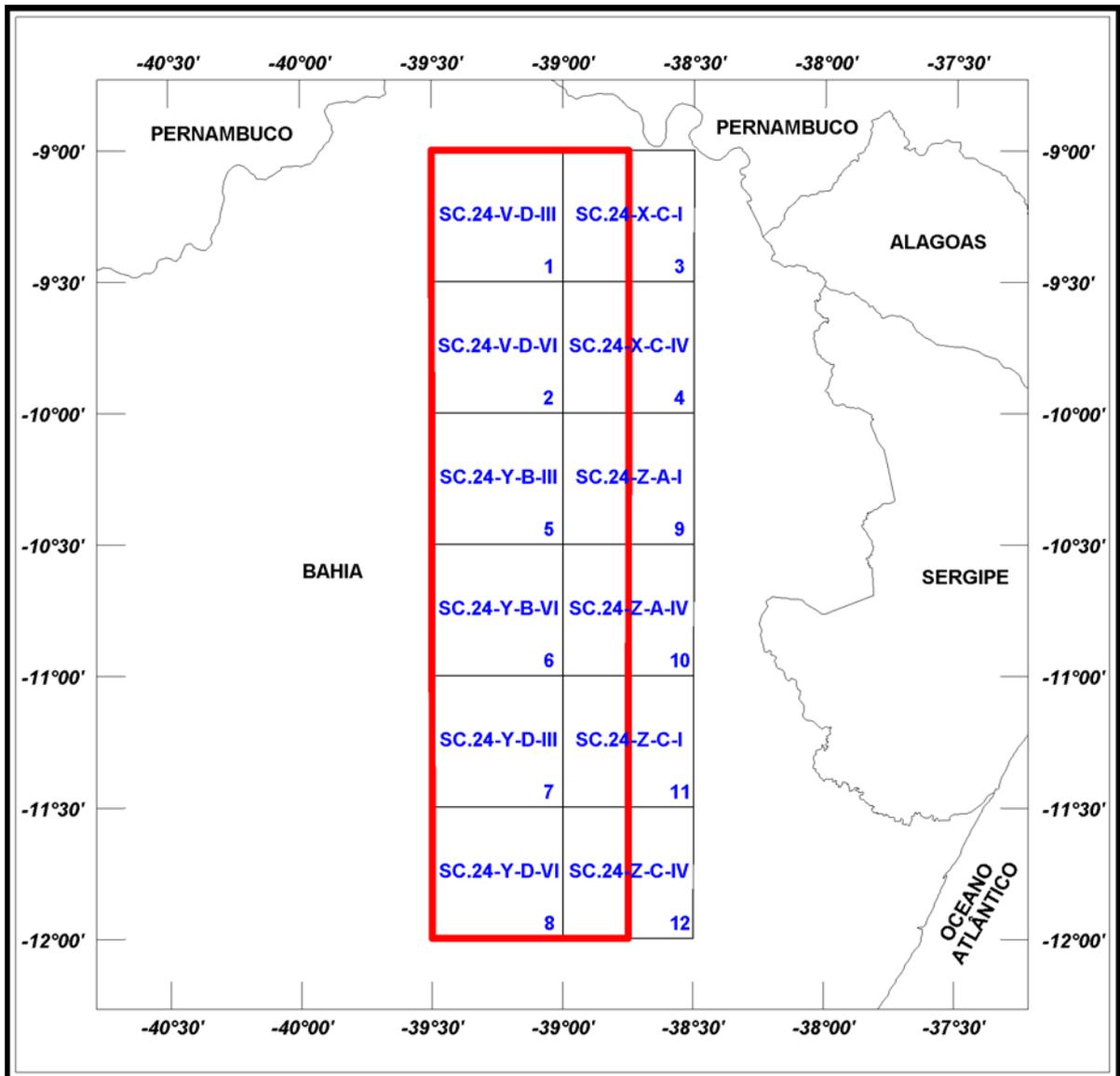


Figura 9 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000.

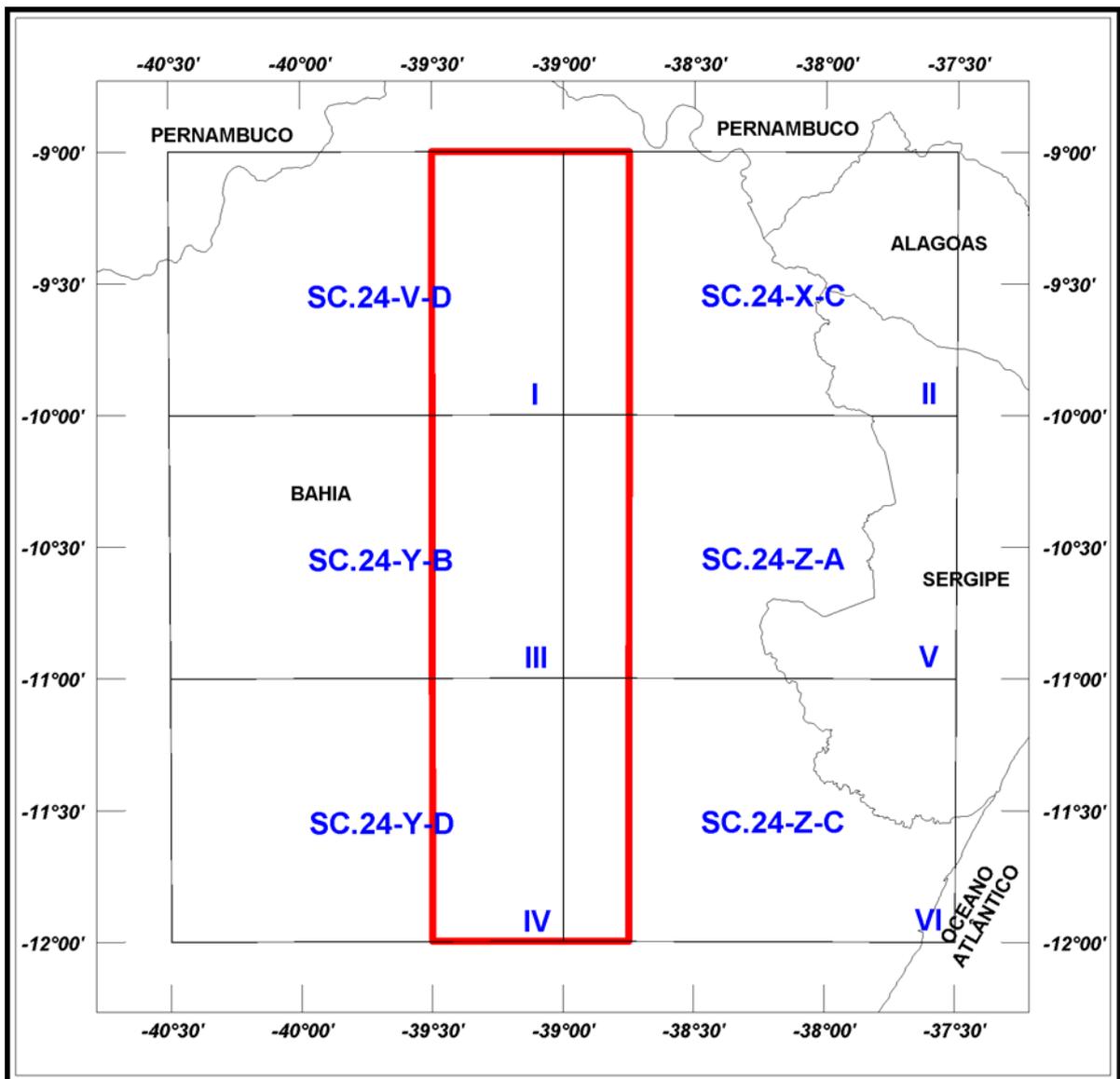


Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000.

5.1 Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzidos do IGRF)

Os mapas magnetométricos, nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, foram elaborados na forma de imagem colorida, com traços de contorno superpostos.

Na escala 1:500.000, os mapas magnetométricos foram elaborados na forma de pseudo-iluminação projetada perpendicularmente às estruturas principais definidas pela magnetometria. Foram adotados os ângulos de 45° para azimute e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 11 e 12 respectivamente, com escala reduzida para tamanho A-4.

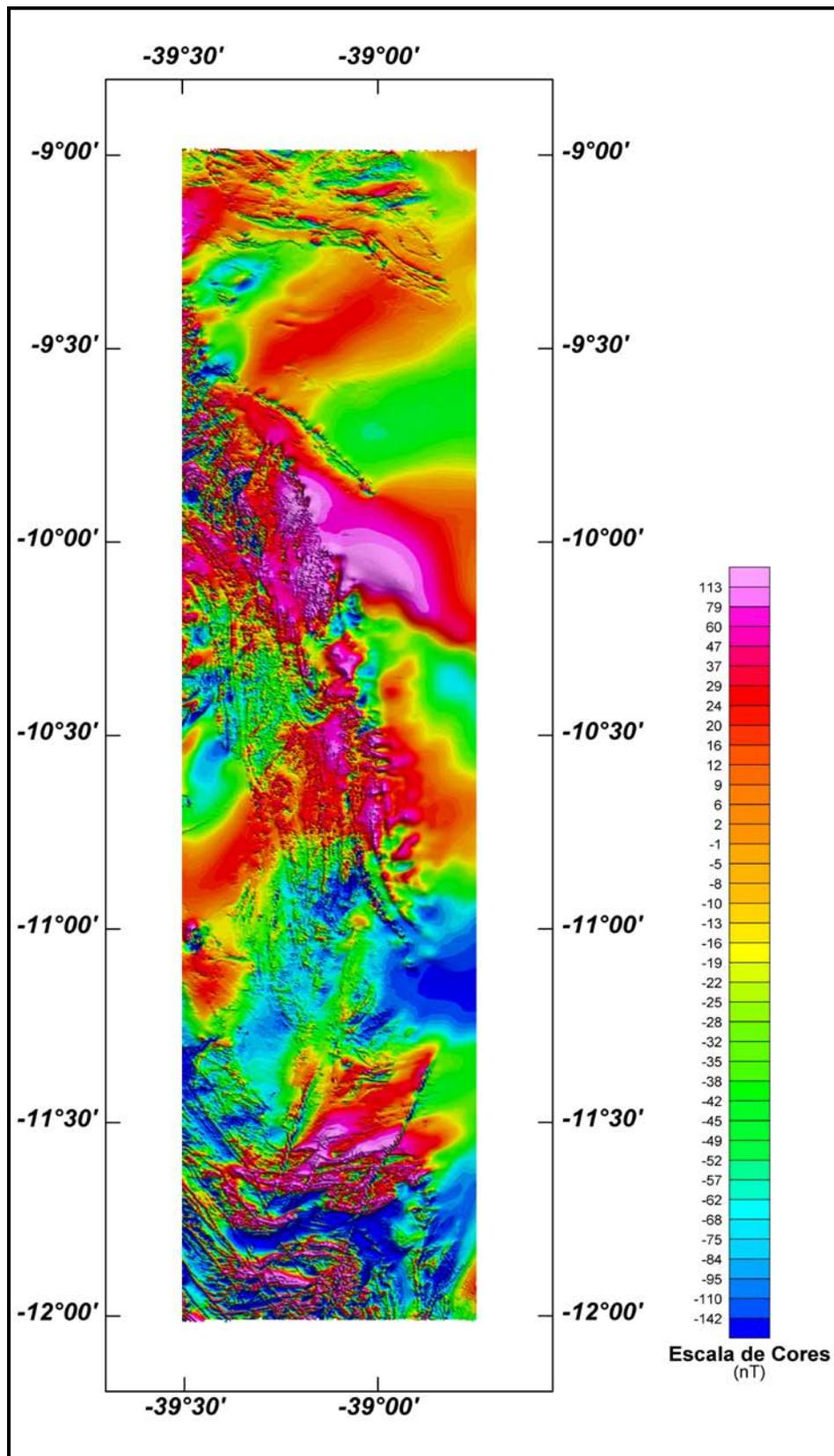


Figura 11 - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

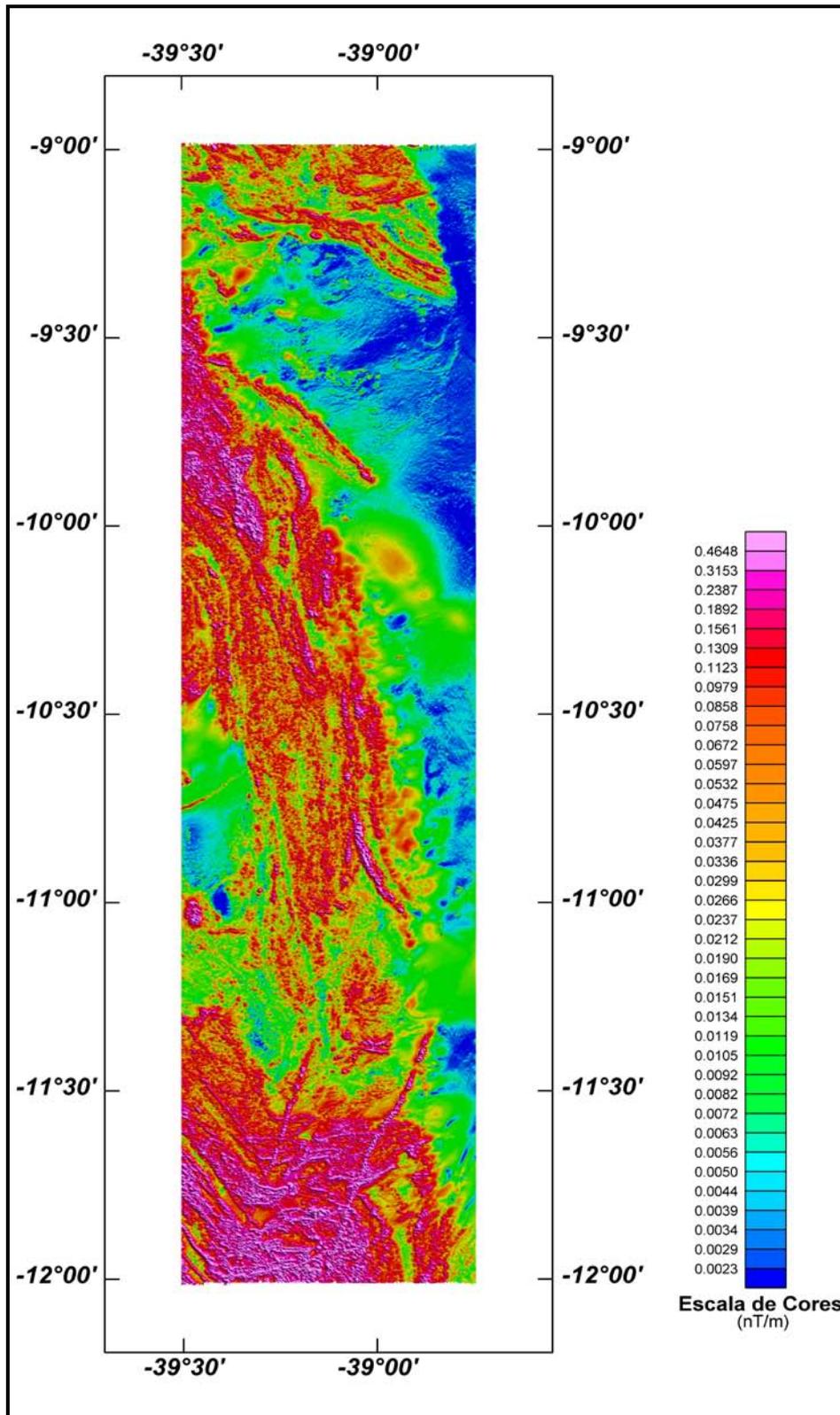


Figura 12 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

5.2 Mapas Radiométricos das Concentrações de K, eU, eTh 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 de escalas 1:100.000 e 1:250.000 a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno. Na escala 1:500.000 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.

O mapa do canal radiométrico de Contagem Total, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 13.

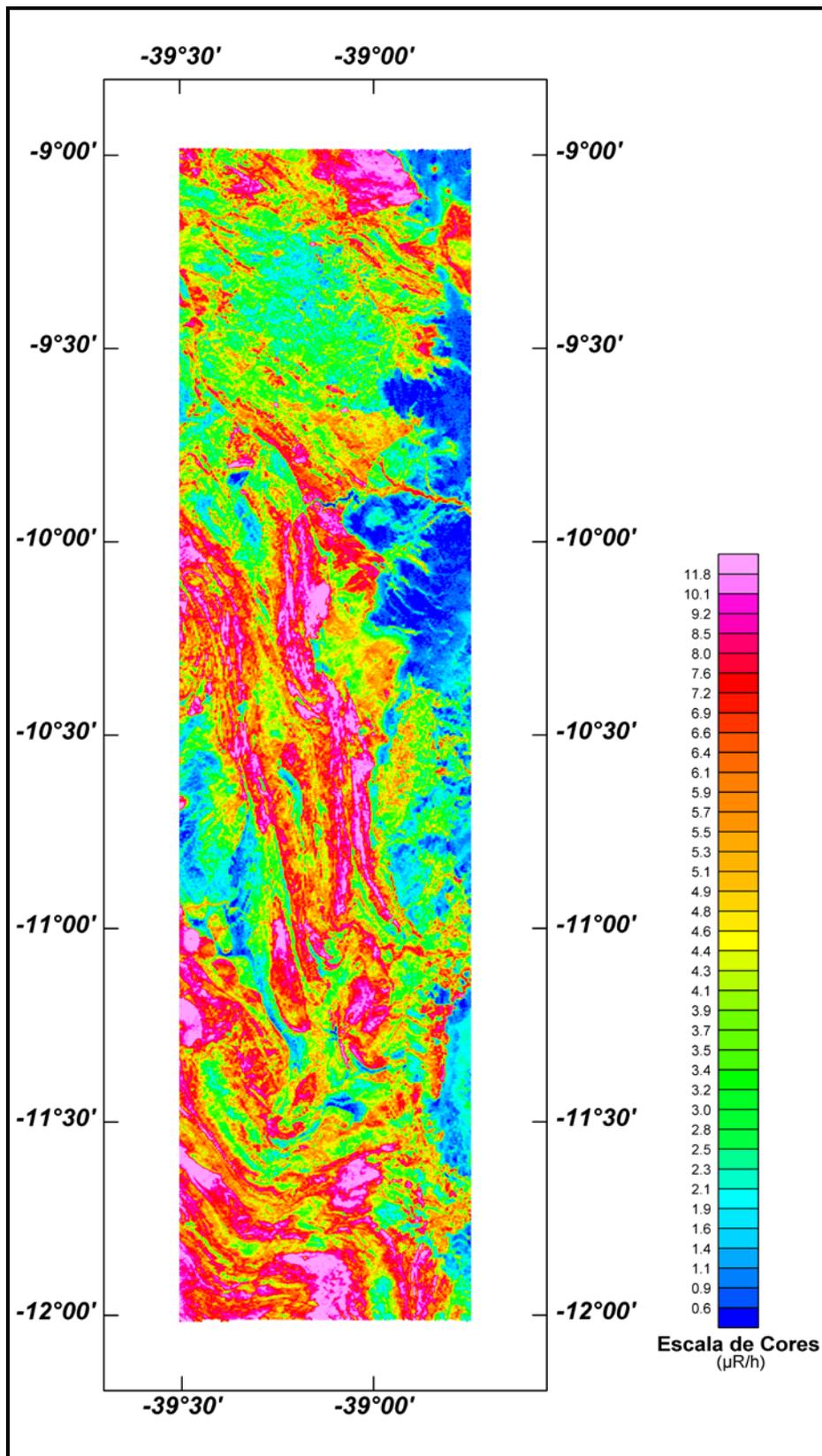


Figura 13 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total.

5.3 Mapa Radiométrico Ternário

Mapa elaborado apenas na escala 1:500.000 (folha única), expressa a razão entre os três canais radiométricos (K,U,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, Th) e a cor preta ausência dos três citados elementos.

O mapa radiométrico ternário, elaborado em escala reduzida, está sendo apresentado na Figura 14.

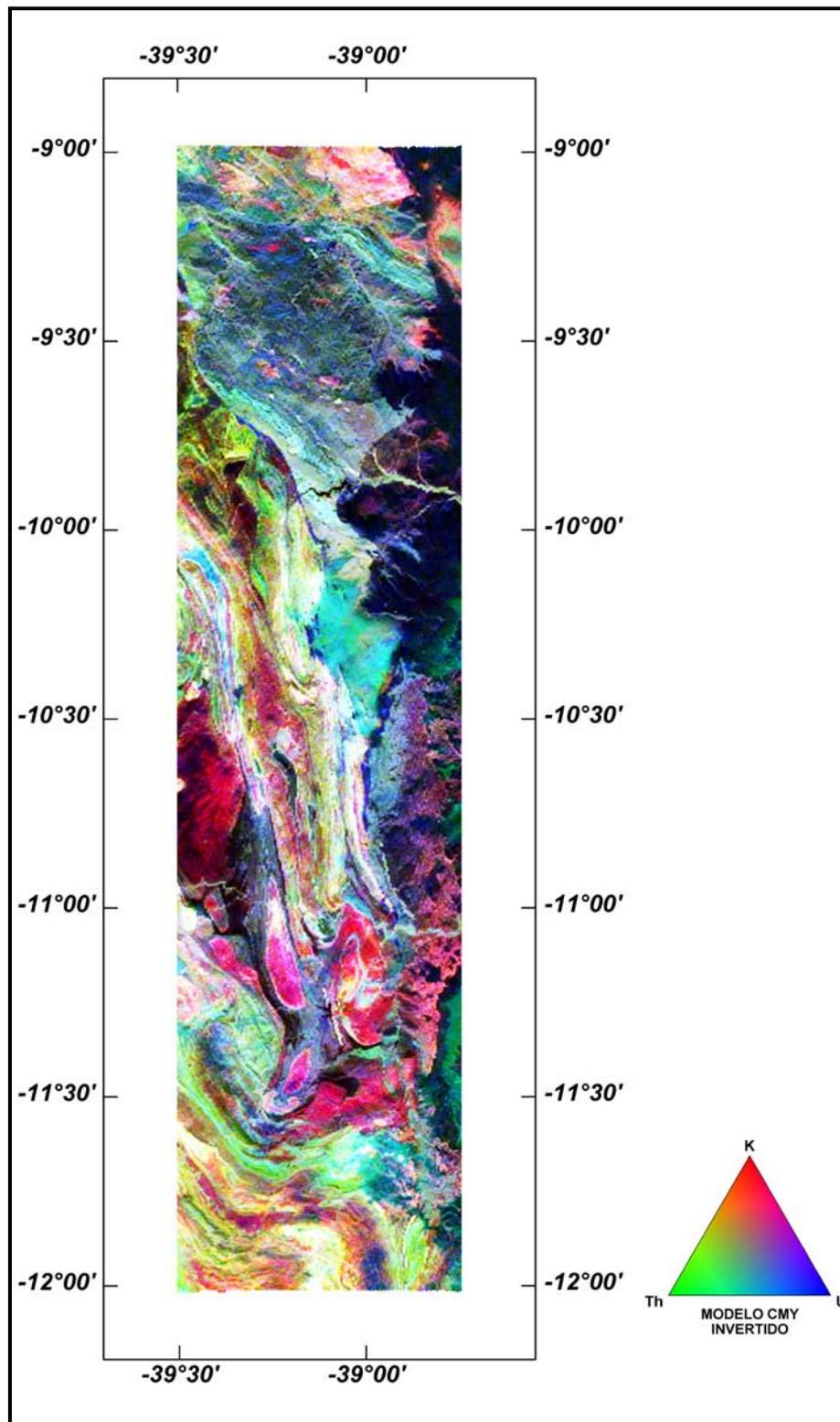


Figura 14 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY *Inverted*).

5.4 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. Os mapas das razões são apresentados em todas as escalas (1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000) com a imagem superposta à planimetria básica.

O mapa radiométrico da razão tório/potássio está elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, sendo apresentado na Figura 15.

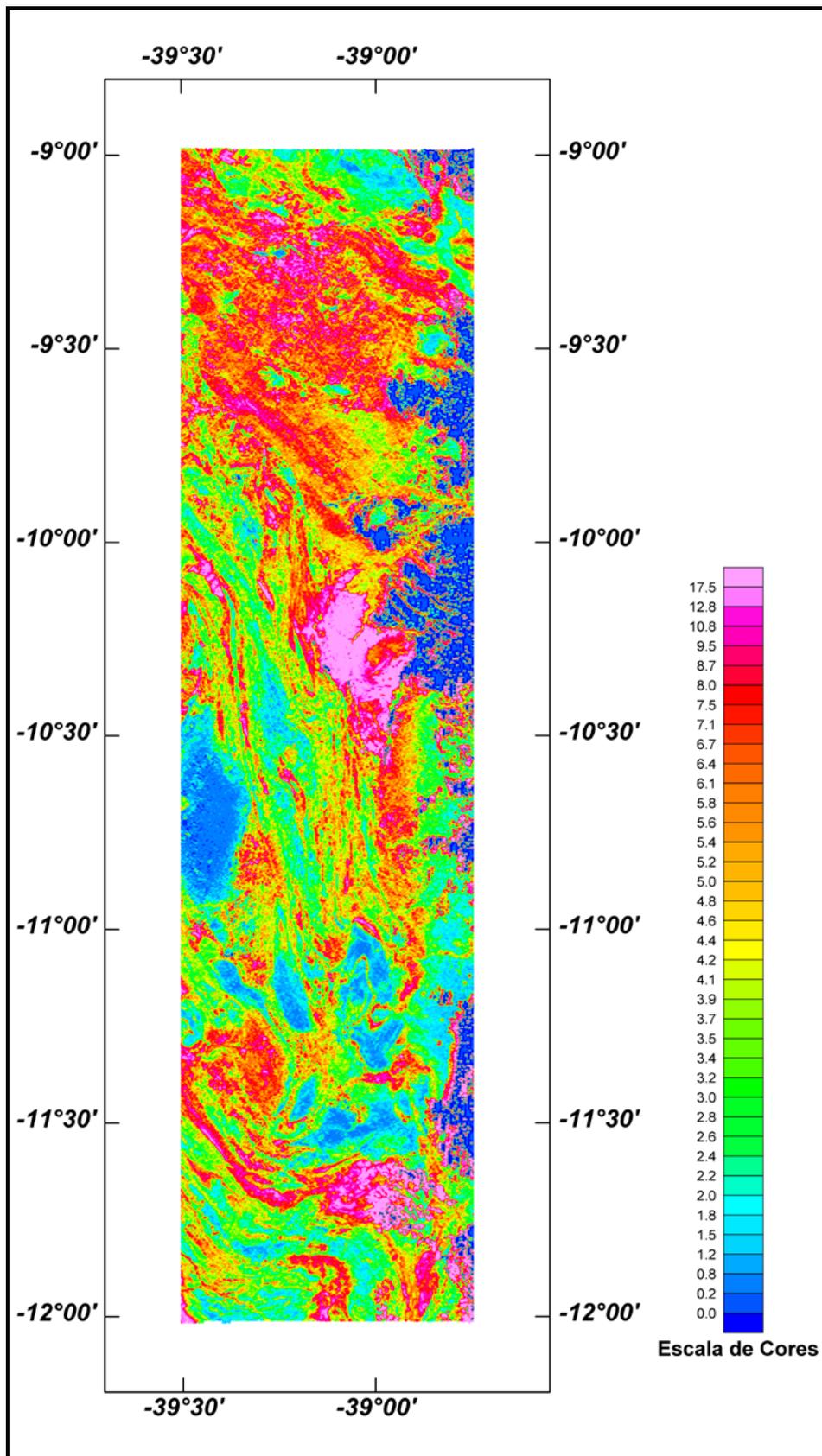


Figura 15 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio.

5.5 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 na escala de 1:500.000 em cores e pseudo-iluminado, com inclinação da fonte de luz de 45° e direção da mesma em 45°, com a planimetria superposta.

O mapa pseudo-iluminado do modelo digital do terreno, também elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está apresentado na Figura 16.

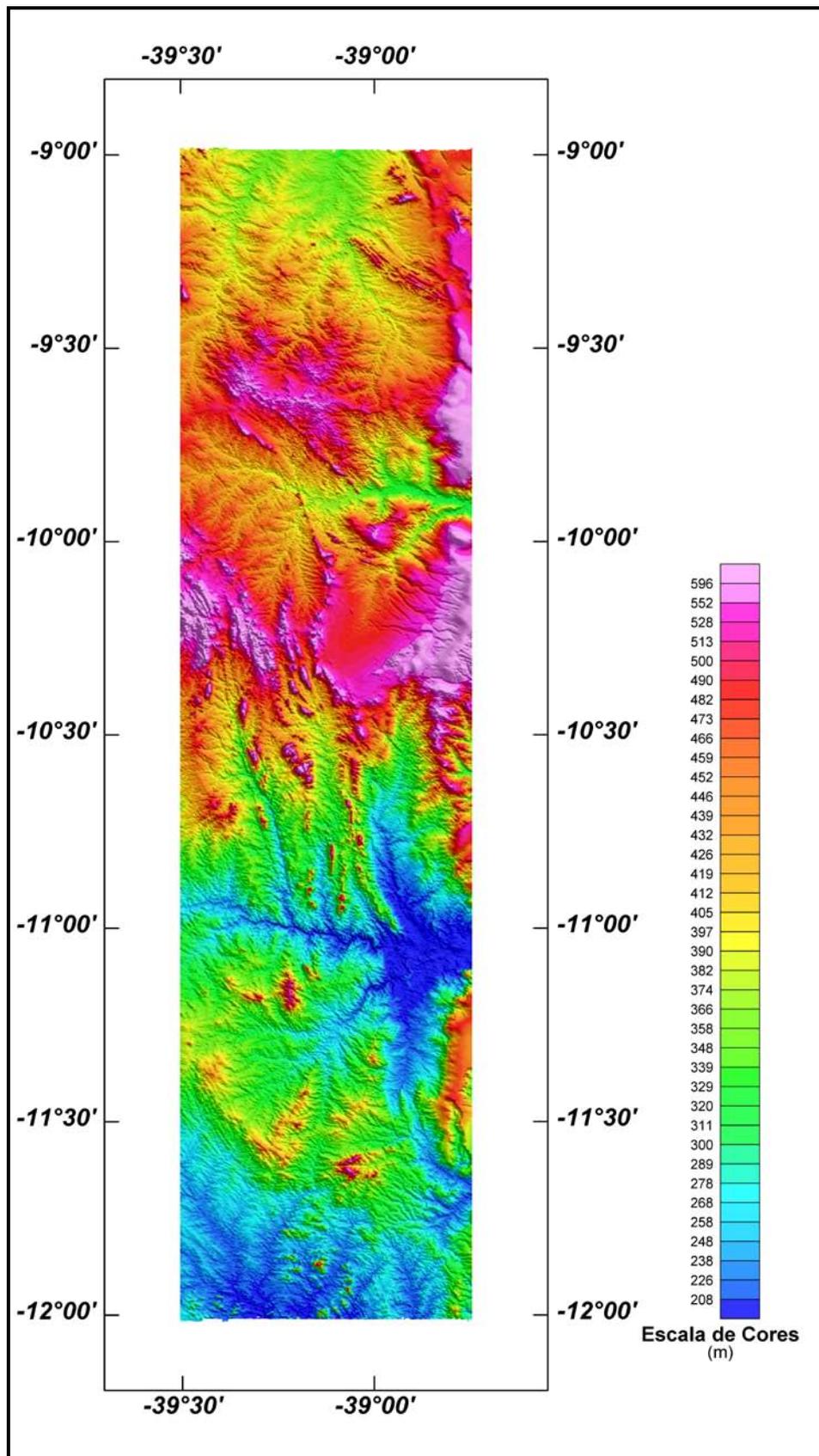


Figura 16 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

5.6 Mapa de Traço de Linhas de Vôo

Estes mapas apresentam 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. Os mapas de traço de linhas de vôo são apresentados somente em escala 1:100.000 na forma digital, não sendo portanto apresentados impressos, não obstante os arquivos de plotagem acompanharem os produtos finais.

5.7 Relatório Final

O relatório final está sendo apresentado em 16 volumes (Volume I - Texto Técnico e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano 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 16 (“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 Luis Paulo Pousa de Moura. A revisão e edição final estiveram a cargo de César Marinho Costa e do geólogo Alexandre Lisboa Lago da CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

5.8 Arquivos Digitais Finais

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 2(dois) DVD-ROMs em 4(quatro) cópias. A descrição do conteúdo das informações gravadas nos DVD-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, nas Tabelas 18, 19, 20 e 21.

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 24 (meridiano central 39° WGr). Maiores informações estão expostas no arquivo Leiname.PDF presente em cada mídia DVD, bem como no Anexo IV.

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

Os *grids* também são apresentados no formato *GEOSOFT*, interpolados em malha quadrada de 125 x 125 m. O método de interpolação utilizado para elaboração dos *grids* da magnetometria foi o *spline bidirecional* (*Bigrid*) e para os dados de gamaespectrometria, bem como o Modelo Digital do Terreno (Figura 16), a mínima curvatura (*Rangrid*).

A listagem fornecida no Anexo VI apresenta as linhas de vôo numeradas de 10010 a 14471 e as linhas de controle numeradas de 19010 a 19120. Todas estas linhas listadas foram aprovadas e utilizadas no processamento e estão organizadas por ordem crescente de numeração.

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

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

Tabela 18 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Magnetometria.

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de Vôo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
MAGBASE	Campo Magnético da Base Fixa	nT
MAGBRU	Campo Magnético não Compensado	nT
MAGCOM	Campo Magnético Compensado	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
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss

Tabela 19 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria.

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura do Vôo (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

Campo	Descrição	Unidade
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	μ R/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 20 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais.

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Leste	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 21 – 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 Vôo (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
VÔO	Número do Vôo	-

5.9 Arquivos de Poligonais

Estão sendo entregues, também, no formato *Geosoft PLY*, os arquivos correspondentes ao corte das folhas 1:100.000 e 1:250.000. Esses arquivos contemplam os pares cartesianos (X e Y) que definem o polígono relativo ao corte padrão das folhas IBGE. A sintaxe dos arquivos compreende sua codificação, seguida da extensão “ply”.

5.10 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 N° 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Os serviços de aquisição de dados do projeto foram supervisionados pelo fiscal da CPRM:

Ludwig Zellner	Assistente Executivo	DIGEOF-ERJ
Diogo Alves de Sordi	Geólogo	DIGEOF-ERJ

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

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DNPM. - 1985** – Manual Técnico de Geologia, Departamento Nacional da Produção Mineral. Brasília, Brasil, 354p.
- GEOSOFT - 2005** – Montaj Geophysics Levelling System: Tutorial and User Guide. Toronto, Canada, disponível em <http://www.geosoft.com>
- GRASTY, R. L. & MINTY, B. R. S. - 1995** - A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. AGSO, Australia, 86p.
- IAEA. - 1991** - Airborne gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria, 97p.
- IAEA. - 2003** – Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria, 173p.

**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO
GAMAESPECTRÔMETRO**

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

peak fwhm gain			peak fwhm gain		
A1	17.5	5.4	109	C1	
A2	17.5	5.4	109	C2	
A3	17.5	5.4	109	C3	
A4	17.5	5.4	109	C4	
B1	17.5	5.4	109	D1	55.1
B2	17.5	5.4	109	D2	55.1
B3	17.5	5.4	109	D3	55.1
B4	17.5	5.4	109	D4	55.1
DN	218.2	5.5	120	UP	55.0

EXPLORANIUM GAMMA RAY SPE

Foto tirada no dia 04/05/2010 no hangar em Jacarepaguá mostrando a resolução dos cristais do sistema Exploranium GR820 da aeronave PR-FAM

Aeronave: PR-FAM
Data da Calibração: 04/05/2010



Flight Log – Magnetometry & Spectrometry

Flight PADS Job Date 04/05/2010
Base HANGAR Client Area
Aircraft PR-FAM Pilot Operator Almir/Sandro

	GR-820	BOX A	BOX B	BOX D	ROI	ELEMENT	CHANNEL	STAB
S/N	8234	2653	2617	001	1	TOTAL COUNT	34-233	---
CAL					2	POTASSIUM	115-131	122
ADC	133				3	URANIUM	139-155	147
					4	THORIUM	202-233	218
					8	URANIUM UP	139-155	---

BOX A			BOX B			BOX D		
XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN
A1	5.4	109	B1	6.1	114	D1 UP	9.0	116
A2	6.2	96	B2	5.4	106	D2 UP	10.2	115
A3	5.1	102	B3	5.5	121	D3 DN	4.6	122
A4	5.6	111	B4	5.2	120	D4 DN	5.6	131

TOTAL	DOWN	UP
CANAL	218.2	55.0
FWHM	5.5	9.3

REFERENCE - Th < 7%	REFERENCE - Cs < 12%
BOX A & B	CRYSTALS D1 & D2
CRYSTALS D3 & D4	

Spec00130.ms

SAMPLE TEST			INITIAL		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11	Th	2210	11:51	2330	11:53
12	U	2420	11:55	2540	11:57
13	BG	2664	11:59	2784	12:01

Spec0131.ms

SAMPLE TEST			FINAL		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
21	Th	25680	18:22	25800	18:24
22	U	26200	18:31	26320	18:33
23	BG	26460	18:35	26580	18:37

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

Aeronave: PR-FAM

Data: 04/05/2010

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

Pacote de Cristais A (1.024 pol³)			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	1	344,403	62,481	118,479
TH1	Tório	1	392,465	97,978	249,781
U1	Urânio	1	409,135	154,549	123,835
K1	Potássio	1	499,878	62,552	118,407

Pacote de Cristais B (1.024 pol³)			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG2	<i>Background</i>	1	347,799	61,142	117,680
TH2	Tório	1	397,805	97,217	252,363
U2	Urânio	1	420,262	158,077	124,746
K2	Potássio	1	513,126	62,280	118,023

Pacote de Cristais D (512 pol³)			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG2	<i>Background</i>	1	212,456	43,154	76,413
TH2	Tório	1	247,199	67,604	153,481
U2	Urânio	1	253,194	98,586	79,017
K2	Potássio	1	298,696	42,303	74,536

Pacote de Cristais A (1.024 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	206642	37489	71087
Tório	600	235479	58787	149869
Urânio	600	245481	92729	74301
Potássio	600	299927	37531	71044

Pacote de Cristais B (1.024 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	208679	36685	70608
Tório	600	238683	58330	151418
Urânio	600	252157	94846	74848
Potássio	600	307876	37368	70814

Pacote de Cristais D (512 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	127474	25892	45848
Tório	600	148319	40562	92089
Urânio	600	151916	59152	47410
Potássio	600	179218	25382	44722

Pacotes de Cristais A+B+D (2.560 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	542795	100066	187543
Tório	600	622481	157679	393375
Urânio	600	649555	246727	196559
Potássio	600	787020	100281	186580

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 - 04/05/2010
WINDOW COUNTS:

                TIME (M)    K COUNTS    U COUNTS    TH COUNTS
B Pad          600.0    206642.    37489.     71087.
K Pad          600.0    299927.    37531.     71044.
U Pad          600.0    245481.    92729.     74301.
T Pad          600.0    235479.    58787.     149869.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:
    2.148E+01 (3.132E-01)    1.268E+00 (3.392E-02)    3.517E-01 (1.053E-02)
    2.168E-01 (6.421E-02)    1.768E+00 (3.600E-02)    2.392E-01 (5.463E-03)
    2.017E-01 (8.930E-02)    8.190E-02 (1.278E-02)    9.807E-01 (1.648E-02)

INVERSE A-MATRIX:
    4.696E-02 (6.918E-04)    -3.327E-02 (7.248E-04)    -8.729E-03 (4.188E-04)
   -4.504E-03 (1.795E-03)    5.753E-01 (1.162E-02)    -1.387E-01 (3.765E-03)
   -9.282E-03 (4.276E-03)    -4.120E-02 (6.556E-03)    1.033E+00 (1.720E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:
    K SENSITIVITY (A11) = 2.148E+01 (3.132E-01) COUNTS/ M PER PCT K
    U SENSITIVITY (A22) = 1.768E+00 (3.600E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
    TH SENSITIVITY (A33) = 9.807E-01 (1.648E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:
    K SENSITIVITY (A11) = 2.514E+01 (3.665E-01) COUNTS/ M PER PCT K

```

U SENSITIVITY (A22) = 2.068E+00 (4.212E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.167E+00 (1.961E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2439 (.0043)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3587 (.0094)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7171 (.0141)

U INTO TH (A = A32/A22): .0463 (.0072)

K INTO TH (B = A31/A11): .0094 (.0042)

K INTO U (G = A21/A11): .0101 (.0030)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.121E+02 (1.058E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 5.992E+01 (4.111E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.159E+02 (5.695E-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 - 04/05/2010				
WINDOW COUNTS:				
	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	208679.	36685.	70608.
K Pad	600.0	307876.	37368.	70814.
U Pad	600.0	252157.	94846.	74848.
T Pad	600.0	238683.	58330.	151418.
A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:				
2.285E+01 (3.286E-01)	1.418E+00 (3.635E-02)	3.648E-01 (1.076E-02)		
3.722E-01 (6.399E-02)	1.862E+00 (3.774E-02)	2.422E-01 (5.489E-03)		
2.666E-01 (8.922E-02)	1.144E-01 (1.289E-02)	1.005E+00 (1.685E-02)		
INVERSE A-MATRIX:				
4.440E-02 (6.450E-04)	-3.332E-02 (6.885E-04)	-8.079E-03 (3.953E-04)		
-7.454E-03 (1.605E-03)	5.508E-01 (1.109E-02)	-1.300E-01 (3.535E-03)		
-1.092E-02 (3.928E-03)	-5.381E-02 (6.183E-03)	1.011E+00 (1.681E-02)		
WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:				
K SENSITIVITY (A11) = 2.285E+01 (3.286E-01) COUNTS/ M PER PCT K				
U SENSITIVITY (A22) = 1.862E+00 (3.774E-02) COUNTS/ M PER PPM EU				
TH SENSITIVITY (A33) = 1.005E+00 (1.685E-02) COUNTS/ M PER PPM TH				
WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:				
K SENSITIVITY (A11) = 2.673E+01 (3.845E-01) COUNTS/ M PER PCT K				
U SENSITIVITY (A22) = 2.178E+00 (4.415E-02) COUNTS/ M PER PPM EU				
TH SENSITIVITY (A33) = 1.197E+00 (2.005E-02) COUNTS/ M PER PPM TH				

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2409 (.0042)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3628 (.0093)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7617 (.0137)

U INTO TH (A = A32/A22): .0614 (.0068)

K INTO TH (B = A31/A11): .0117 (.0039)

K INTO U (G = A21/A11): .0163 (.0028)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.134E+02 (1.076E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 5.826E+01 (4.077E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.149E+02 (5.684E-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 D:

" " " 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 D - 04/05/2010				
WINDOW COUNTS:				
	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	127474.	25892.	45848.
K Pad	600.0	179218.	25382.	44722.
U Pad	600.0	151916.	59152.	47410.
T Pad	600.0	148319.	40562.	92089.
A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:				
1.194E+01 (1.957E-01)	7.950E-01 (2.346E-02)	2.542E-01 (7.868E-03)		
1.306E-02 (5.274E-02)	1.064E+00 (2.255E-02)	1.670E-01 (4.169E-03)		
-1.339E-01 (7.050E-02)	3.731E-02 (1.002E-02)	5.756E-01 (1.015E-02)		
INVERSE A-MATRIX:				
8.362E-02 (1.402E-03)	-6.182E-02 (1.552E-03)	-1.899E-02 (9.655E-04)		
-4.122E-03 (4.498E-03)	9.527E-01 (1.996E-02)	-2.746E-01 (7.936E-03)		
1.972E-02 (1.037E-02)	-7.614E-02 (1.434E-02)	1.751E+00 (3.031E-02)		
WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:				
K SENSITIVITY (A11) = 1.194E+01 (1.957E-01) COUNTS/ M PER PCT K				
U SENSITIVITY (A22) = 1.064E+00 (2.255E-02) COUNTS/ M PER PPM EU				
TH SENSITIVITY (A33) = 5.756E-01 (1.015E-02) COUNTS/ M PER PPM TH				
WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:				
K SENSITIVITY (A11) = 1.397E+01 (2.290E-01) COUNTS/ M PER PCT K				
U SENSITIVITY (A22) = 1.245E+00 (2.638E-02) COUNTS/ M PER PPM EU				
TH SENSITIVITY (A33) = 6.850E-01 (1.208E-02) COUNTS/ M PER PPM T				

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2901 (.0061)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4416 (.0123)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7473 (.0179)

U INTO TH (A = A32/A22): .0351 (.0094)

K INTO TH (B = A31/A11): -.0112 (.0059)

K INTO U (G = A21/A11): .0011 (.0044)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.943E+02 (7.901E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 4.173E+01 (3.385E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 7.527E+01 (4.517E-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+D:

" " " 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+D - 04/05/2010				
WINDOW COUNTS:				
	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	542795.	100066.	187543.
K Pad	600.0	787020.	100281.	186580.
U Pad	600.0	649555.	246727.	196559.
T Pad	600.0	622481.	157679.	393375.
A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:				
5.627E+01 (7.478E-01)	3.481E+00 (7.957E-02)	9.707E-01 (2.239E-02)		
6.020E-01 (1.074E-01)	4.694E+00 (9.245E-02)	6.484E-01 (1.227E-02)		
3.344E-01 (1.503E-01)	2.336E-01 (2.213E-02)	2.562E+00 (4.137E-02)		
INVERSE A-MATRIX:				
1.793E-02 (2.394E-04)	-1.313E-02 (2.232E-04)	-3.472E-03 (1.170E-04)		
-2.002E-03 (4.304E-04)	2.172E-01 (4.253E-03)	-5.423E-02 (1.293E-03)		
-2.158E-03 (1.052E-03)	-1.809E-02 (1.653E-03)	3.958E-01 (6.369E-03)		
WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:				
K SENSITIVITY (A11) = 5.627E+01 (7.478E-01) COUNTS/ M PER PCT K				
U SENSITIVITY (A22) = 4.694E+00 (9.245E-02) COUNTS/ M PER PPM EU				
TH SENSITIVITY (A33) = 2.562E+00 (4.137E-02) COUNTS/ M PER PPM TH				
WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:				
K SENSITIVITY (A11) = 6.584E+01 (8.749E-01) COUNTS/ M PER PCT K				
U SENSITIVITY (A22) = 5.491E+00 (1.082E-01) COUNTS/ M PER PPM EU				

TH SENSITIVITY (A33) = 3.049E+00 (4.923E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2531 (.0028)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3789 (.0065)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7416 (.0096)

U INTO TH (A = A32/A22): .0498 (.0046)

K INTO TH (B = A31/A11): .0059 (.0027)

K INTO U (G = A21/A11): .0107 (.0019)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 8.197E+02 (1.964E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.599E+02 (6.931E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 3.061E+02 (9.615E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Coefficientes de Espalhamento *Compton*

RESULTADO	
Coefficiente	Valor Obtido em 04/05/2010
α	0,2531 ± 0,0028
β	0,3789 ± 0,0065
γ	0,7416 ± 0,0096
a	0,0498 ± 0,0046
b	0,0059 ± 0,0027
g	0,0107 ± 0,0019

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

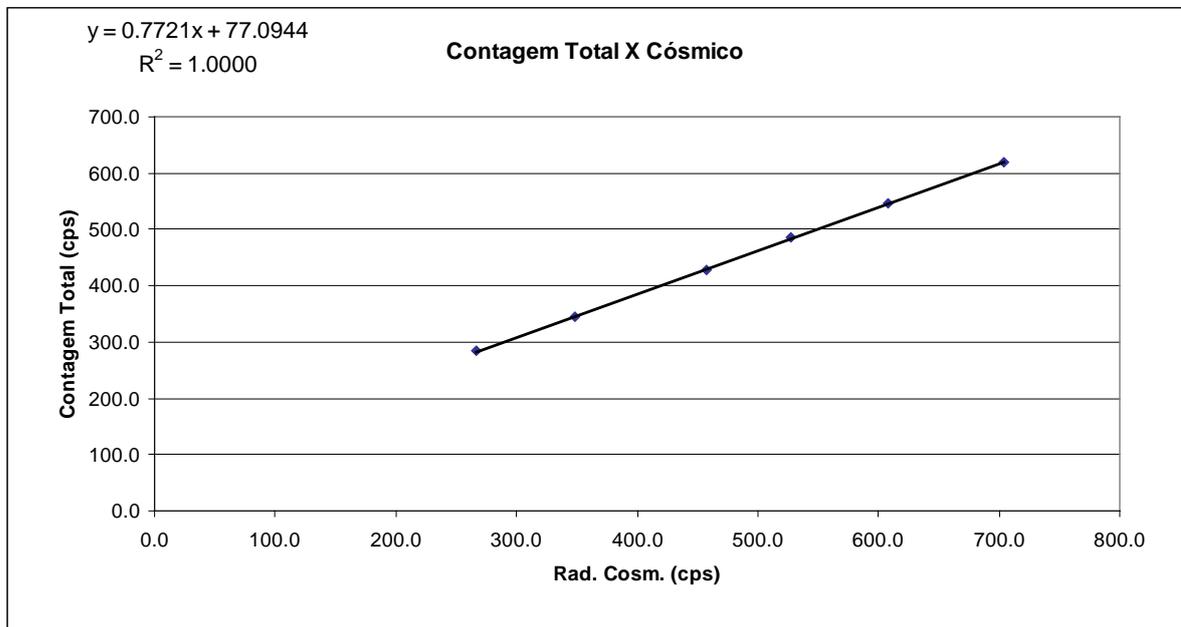
Aeronave: PR-FAM

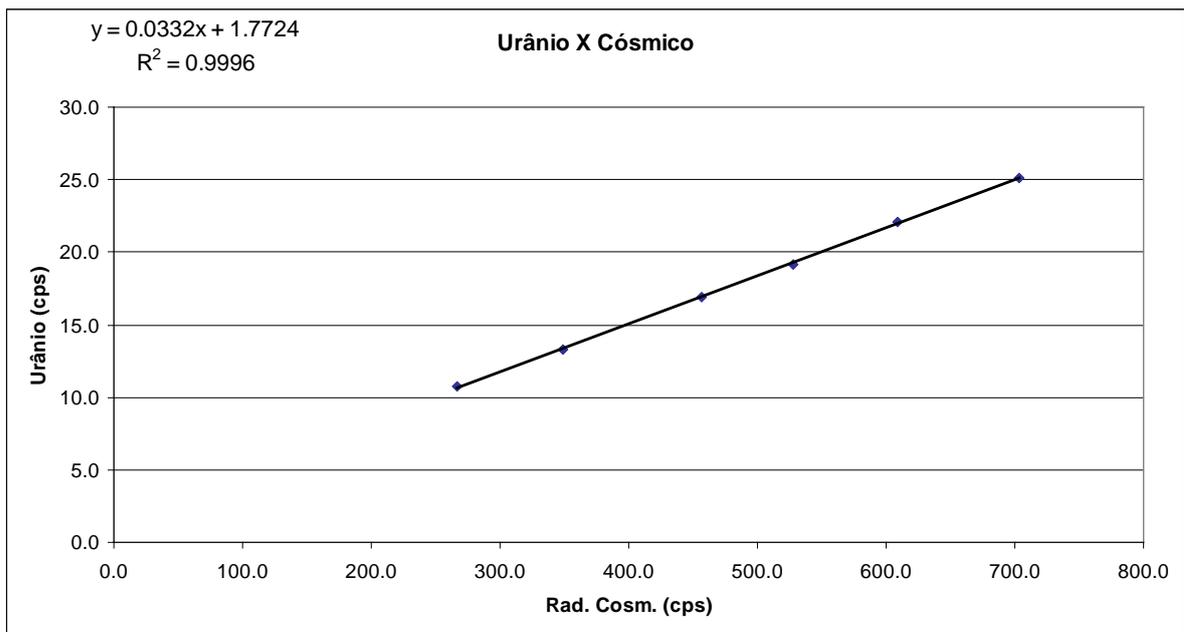
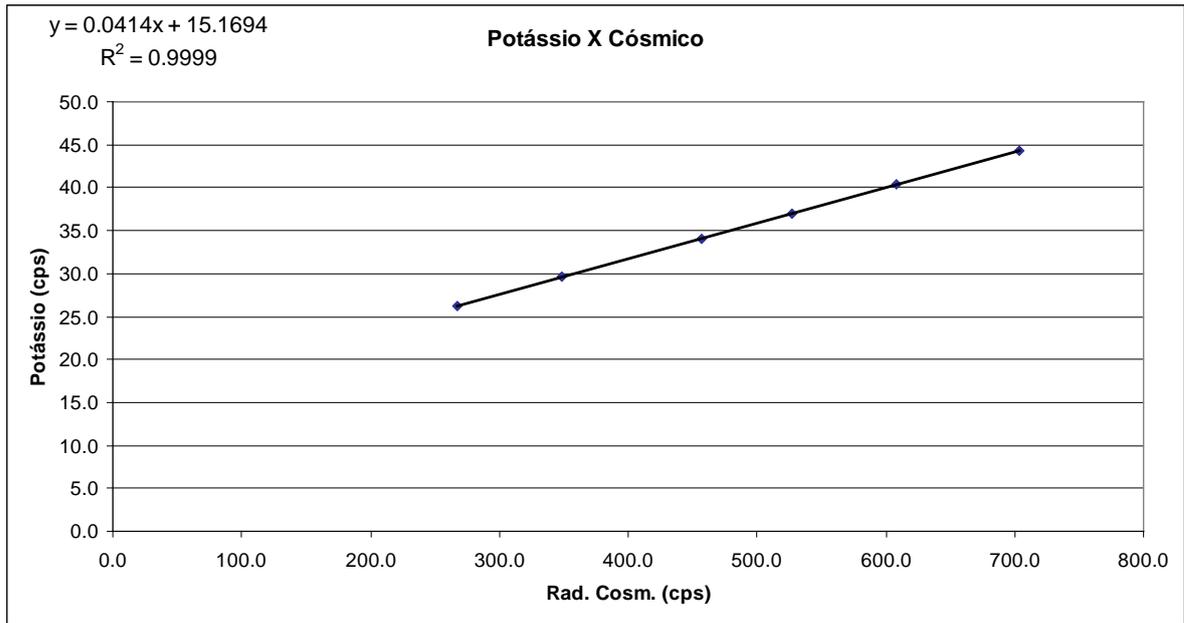
**RESULTADO DO VÔO CÔSMICO DA AERONAVE CESSNA C-208B – CARAVAN
– PR-FAM**

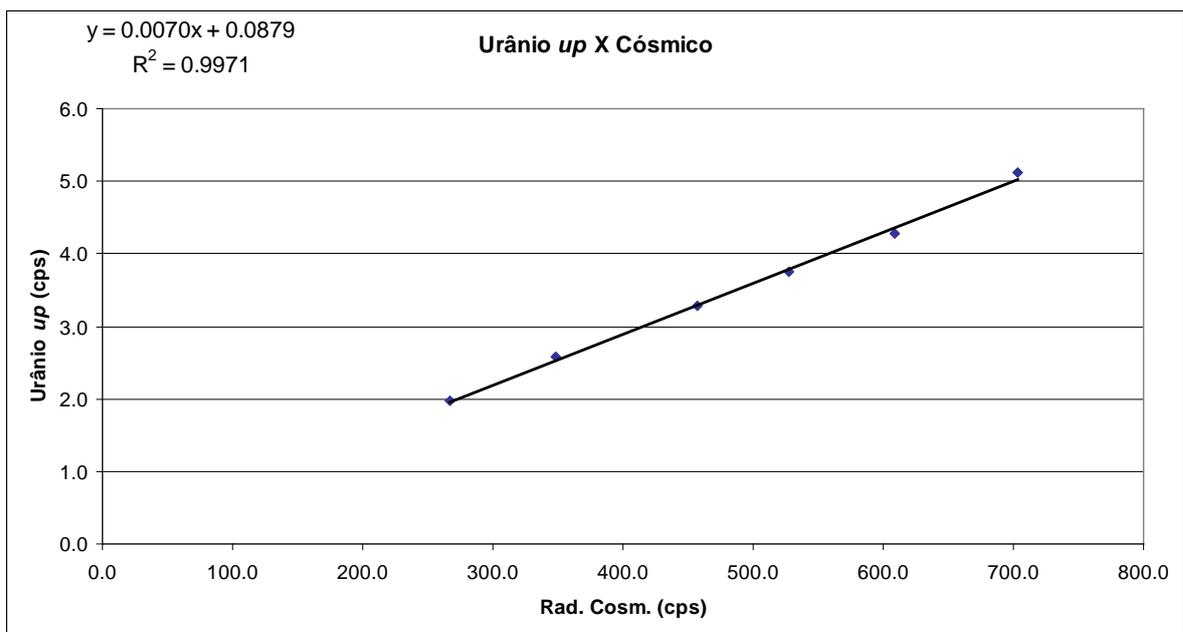
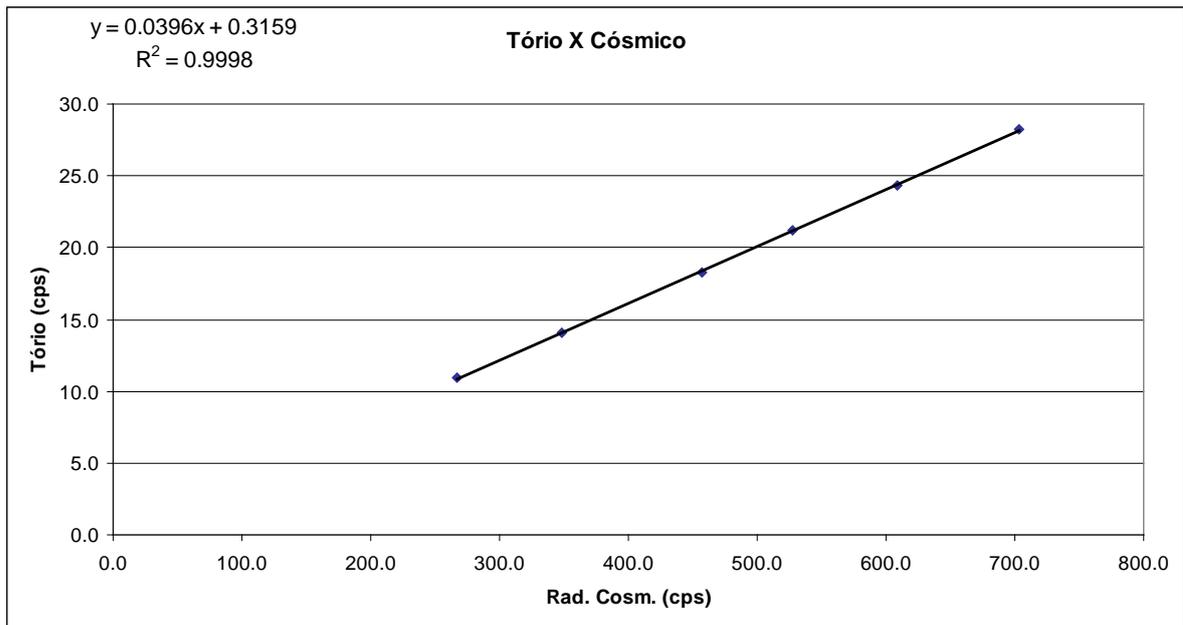
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 poI^3)

Rio de Janeiro, 9 de junho de 2010

Altitude (m)	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	Uup (cps)
1578,70	266,966	283,610	26,270	10,705	10,993	1,967
2227,80	348,344	345,996	29,584	13,278	14,043	2,576
2863,50	457,197	429,179	33,970	16,930	18,312	3,290
3191,90	527,618	484,941	36,919	19,145	21,181	3,751
3516,50	608,423	546,684	40,428	22,133	24,324	4,271
3853,10	703,659	620,625	44,280	25,093	28,262	5,116







RESULTADO		
CANAL	Background Aeronave	Stripping Cósmico
CT	77,0944	0,7721
K	15,1694	0,0414
U	1,7724	0,0332
Th	0,3159	0,0396
Uup	0,0879	0,0070

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

Aeronave: PR-FAM

Vôo	Contagem total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
5	297,18	25,19	12,23	10,63	2,47	238
	297,15	25,04	11,97	12,00	1,97	238
6	273,47	24,09	10,99	10,80	2,04	251
	312,20	25,35	13,40	10,88	2,31	244
7	-	-	-	-	-	-
	325,69	27,03	14,16	11,78	2,31	240
8	273,99	25,18	11,41	10,49	2,07	237
	291,58	23,89	12,56	11,43	2,36	248
9	-	-	-	-	-	-
	291,63	25,25	11,83	11,64	1,91	246
10	290,41	24,30	12,27	10,56	1,99	236
	334,13	26,52	14,75	11,89	2,69	239
11	305,47	25,33	13,21	10,01	2,54	239
	348,56	26,80	16,65	9,97	2,90	240
12	-	-	-	-	-	-
	330,16	27,67	14,19	11,11	2,69	237
14	272,80	23,76	11,32	9,87	1,89	239
	328,47	26,12	14,93	11,12	2,50	240
15	-	-	-	-	-	-
	306,36	26,09	12,75	11,35	2,53	239
16	275,60	24,39	11,37	11,10	2,20	239
	297,10	25,72	12,54	10,94	2,34	241
17	-	-	-	-	-	-
	341,38	27,88	14,78	11,16	2,92	242
18	282,62	24,26	12,02	10,71	2,02	237
	461,11	34,06	22,80	15,71	4,10	375
20	269,42	24,31	10,86	10,53	2,06	237
	310,70	26,67	12,87	11,62	2,02	239
21	-	-	-	-	-	-
	298,44	24,80	12,42	11,93	2,31	242
22	264,26	23,25	10,18	10,60	1,97	236
	294,87	25,55	12,19	10,84	2,45	238
23	-	-	-	-	-	-
	297,18	24,57	11,78	11,74	2,46	240
24	267,93	23,77	11,00	10,03	2,36	236
	296,63	24,82	12,20	10,97	2,37	238
25	-	-	-	-	-	-
	301,21	25,85	11,82	10,76	2,14	241
26	276,70	24,17	10,57	10,46	2,00	238

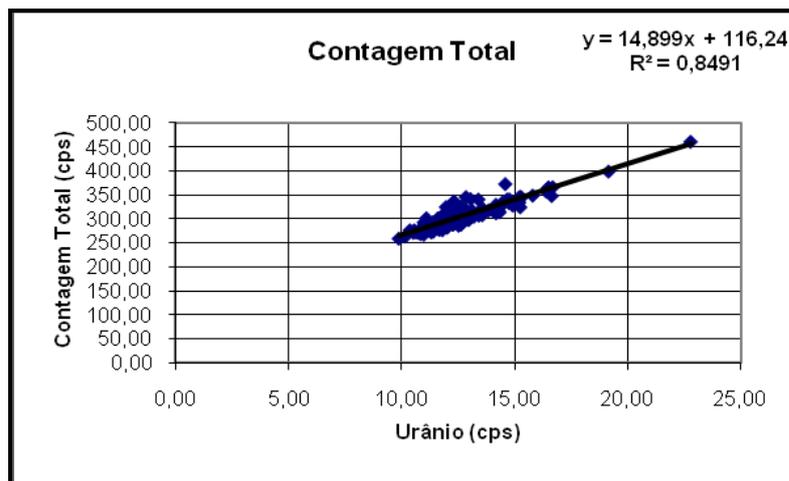
Vôo	Contagem	Potássio	Urânio	Tório	Urânio	Cósmico
	284,13	24,12	11,79	10,79	2,04	241
27	-	-	-	-	-	-
	302,67	26,78	11,94	11,71	2,10	243
28	271,85	24,98	10,53	10,73	2,18	239
	296,10	24,75	12,22	11,35	2,21	241
29	-	-	-	-	-	-
	301,99	26,12	11,11	11,62	2,23	243
30	277,16	23,81	11,82	10,89	1,89	238
	330,22	28,16	14,47	11,63	2,66	239
31	281,30	24,96	11,64	10,48	2,26	238
	290,68	24,60	11,35	10,83	2,28	240
32	259,54	23,27	9,89	10,68	2,03	237
	290,33	25,20	12,25	10,72	2,25	240
33	-	-	-	-	-	-
	307,00	24,99	12,78	12,11	2,16	241
34	281,90	24,55	11,61	10,49	2,11	242
	337,38	29,27	12,33	13,63	1,86	244
35	-	-	-	-	-	-
	315,78	28,06	12,94	11,58	2,35	242
36	272,55	24,17	10,66	10,99	1,86	241
	301,64	26,23	11,61	11,09	1,97	241
37	-	-	-	-	-	-
	319,72	27,32	12,84	11,60	2,11	241
38	287,16	25,77	12,53	11,33	2,04	236
	292,93	25,67	11,40	10,97	1,80	236
38	287,16	25,77	12,53	11,33	2,04	236
	292,93	25,67	11,40	10,97	1,80	236
39	-	-	-	-	-	-
	316,49	27,62	12,88	11,51	2,11	239
40	277,24	23,84	10,78	10,32	2,07	239
	307,46	26,05	11,80	11,01	2,08	243
41	272,44	24,61	10,76	10,69	1,70	240
	293,11	25,25	11,01	11,36	2,02	240
41	272,44	24,61	10,76	10,69	1,70	240
	293,11	25,25	11,01	11,36	2,02	240
42	273,21	24,32	10,93	10,67	1,92	239
	311,76	27,51	12,30	11,35	1,99	241
43	282,71	25,35	11,17	10,02	2,21	236
	315,84	28,79	12,52	10,69	2,47	237
44	-	-	-	-	-	-
	318,21	27,71	12,44	11,05	2,33	237

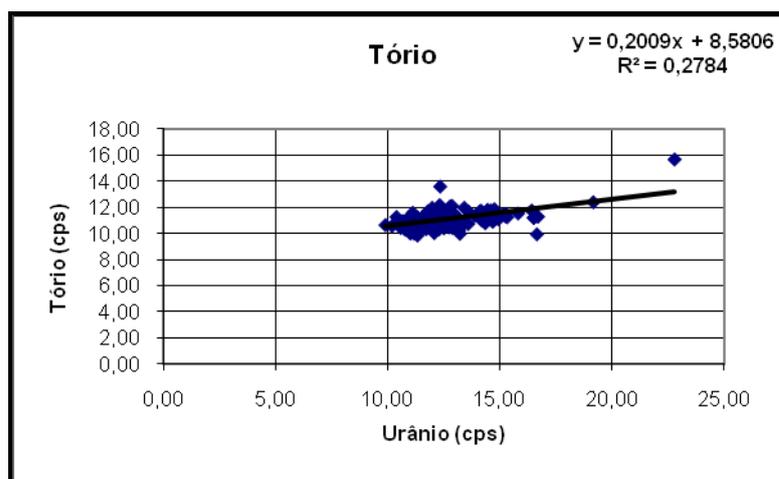
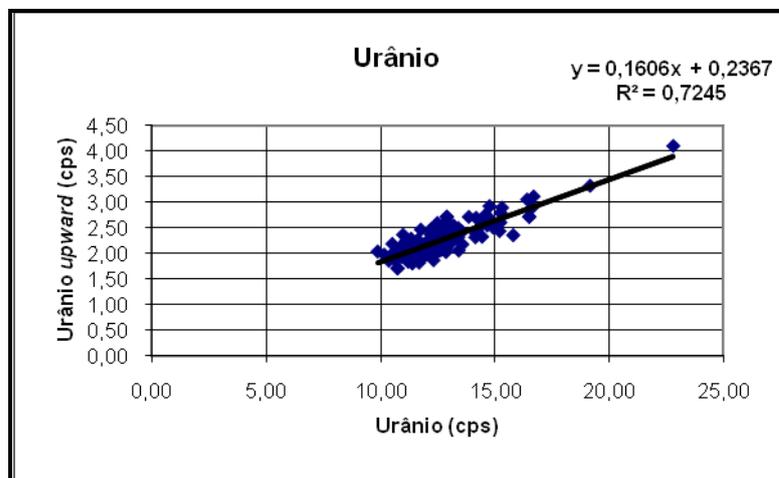
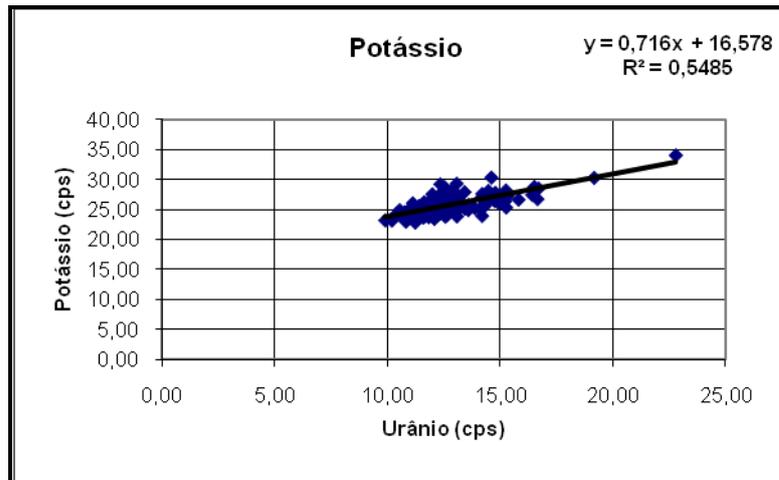
Vôo	Contagem	Potássio	Urânio	Tório	Urânio	Cósmico
46	275,62	23,07	10,80	10,73	1,94	240
	317,72	26,99	12,57	11,63	2,41	240
47	289,32	24,95	12,30	10,78	2,35	238
	314,98	25,85	12,27	11,59	2,11	240
48	-	-	-	-	-	-
	325,22	27,61	11,98	11,83	2,13	240
54	277,13	22,92	11,22	10,11	1,83	247
	306,51	25,17	12,49	11,20	2,33	244
55	-	-	-	-	-	-
	326,83	27,61	12,66	11,65	2,06	243
56	278,59	24,46	11,24	10,72	2,15	242
	334,21	27,29	12,31	12,21	2,30	239
57	-	-	-	-	-	-
	310,81	26,39	13,04	11,16	2,37	244
59	299,31	24,37	12,62	11,11	2,06	242
	288,51	24,22	12,64	11,37	2,21	243
60	301,41	25,20	12,88	10,47	2,52	241
	373,13	30,38	14,60	11,80	2,75	243
61	276,17	23,66	11,07	11,11	2,04	242
	346,11	28,33	12,86	12,15	2,08	240
62	274,36	23,27	10,83	10,75	2,00	238
	279,62	24,51	11,34	11,23	2,02	240
63	-	-	-	-	-	-
	294,62	26,22	11,62	10,79	2,00	241
64	279,18	23,75	11,16	10,97	2,20	241
	341,83	29,37	13,06	11,10	2,20	242
65	307,44	25,22	13,43	10,86	2,05	242
	341,05	27,97	13,41	12,00	2,49	244
66	284,82	23,53	12,07	10,06	2,08	238
	287,25	23,73	11,58	11,36	2,11	243
67	280,93	24,06	11,00	11,14	2,17	242
	282,84	24,06	11,65	11,33	2,13	245
68	-	-	-	-	-	-
	318,42	26,88	13,13	11,24	2,47	241
70	295,34	25,28	12,10	11,29	2,23	242
	307,74	25,85	12,68	11,86	2,10	246
71	280,38	24,23	11,53	10,93	2,13	241
	296,22	25,04	11,96	10,84	2,19	243
72	290,90	24,95	11,62	11,34	1,94	242
	298,51	24,98	12,98	10,69	2,43	244
74	296,53	23,76	12,05	10,93	2,09	242

Vôo	Contagem	Potássio	Urânio	Tório	Urânio	Cósmico
	357,50	27,49	16,42	11,79	3,05	244
75	-	-	-	-	-	-
	345,58	27,27	15,32	11,28	2,89	242
76	346,65	28,24	15,25	11,54	2,60	242
	399,34	30,32	19,17	12,43	3,32	246
77	-	-	-	-	-	-
	325,01	25,41	15,26	11,34	2,79	247
78	365,67	28,79	16,51	11,24	2,71	249
	299,87	25,09	12,99	10,66	2,34	245
78	365,67	28,79	16,51	11,24	2,71	249
	299,87	25,09	12,99	10,66	2,34	245
79	303,87	23,93	13,07	11,08	2,19	241
	349,22	26,71	15,81	11,57	2,35	239
80	279,24	24,17	11,70	10,37	1,81	239
	308,39	24,98	13,58	10,77	2,42	244
81	-	-	-	-	-	-
	333,80	27,46	14,45	11,85	2,32	248
82	277,04	24,32	10,38	11,30	1,85	244
	297,90	25,09	12,50	10,43	2,59	241
83	-	-	-	-	-	-
	288,93	24,77	12,29	10,80	1,96	242
84	306,36	25,33	12,51	10,92	2,34	241
	307,93	25,10	12,90	10,59	2,62	245
85	-	-	-	-	-	-
	312,39	24,01	14,19	11,03	2,38	245
86	285,15	23,98	10,99	10,92	2,08	245
	310,34	25,36	12,91	11,14	2,71	243
86	285,15	23,98	10,99	10,92	2,08	245
	310,34	25,36	12,91	11,14	2,71	243
88	271,58	23,74	10,79	11,00	1,93	245
	341,06	26,75	14,68	10,94	2,54	246
89	-	-	-	-	-	-
	322,79	25,81	13,59	11,72	2,17	245
90	284,32	24,17	11,12	10,61	1,99	239
	318,58	25,30	13,87	11,38	2,71	239
91	-	-	-	-	-	-
	318,85	25,64	14,30	11,36	2,49	244
92	297,26	25,60	12,28	10,35	2,37	245
	366,73	28,57	16,70	11,32	3,11	259
93	-	-	-	-	-	-
	334,78	26,45	15,21	11,47	2,43	262

Vôo	Contagem	Potássio	Urânio	Tório	Urânio	Cósmico
94	308,06	26,07	13,17	10,25	2,36	244
	305,42	26,31	12,73	10,50	2,18	255
95	-	-	-	-	-	-
	306,25	25,77	12,81	10,83	2,28	261
96	277,54	24,42	11,39	10,65	2,29	241
	315,51	25,25	14,11	11,74	2,31	255
97	-	-	-	-	-	-
	298,72	25,45	12,73	11,12	2,21	260
98	278,00	24,04	11,67	10,63	2,16	241
	314,56	26,12	14,35	10,82	2,66	261
99	-	-	-	-	-	-
	343,56	27,46	15,18	11,53	2,56	242

CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	a_{tc}	14,8990
Potássio	a_k	0,7160
Urânio <i>upward</i>	a_u	0,1606
Tório	a_t	0,2009





ANEXO I-e – Calibração Dinâmica – Resultado dos Testes

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 - 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 é utilizado 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.

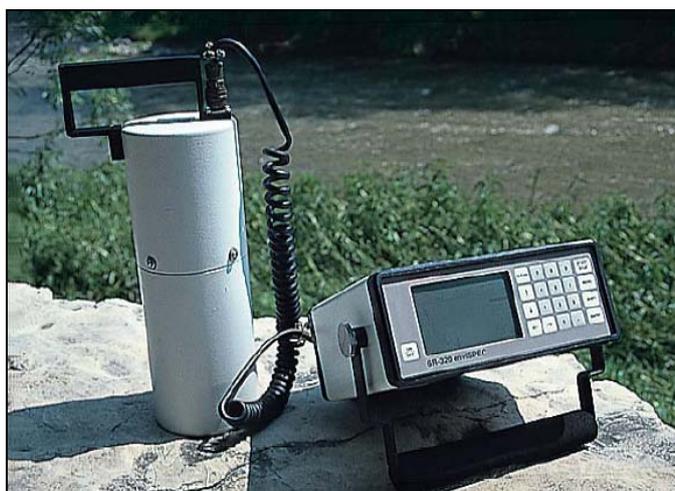


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Cerca de 66 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, referem-se à calibração do sistema instalado na aeronave PR-FAM, efetuada em 23/05/2010, na Pista de Calibração Dinâmica de Maricá, RJ:

Aeronave	Data da Calibração
PR-FAM	05/05/2010

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

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT(*) (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAM	Nº de Amostras: 66								
	MÉDIA	13,93	2,29	2,38	31,10	3857,69	701,65	197,50	273,50
	DESVIO PADRÃO	3,82	0,72	0,85	10,97	993,32	185,96	61,31	95,00
	ERRO NA MÉDIA (1)	0,46	0,09	0,10	1,33	120,46	22,55	7,43	11,52
	INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,04	0,04				

- (*) Valor obtido através da expressão:

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$$

$$E = \text{Taxa de Exposição } (\mu\text{R/h})$$
- (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 ($\mu\text{R/h}$)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAM	Nº de Amostras: 8								
	MÉDIA	0.06	-0.04*	-0.21*	0.90	150.88	-7.13	0.25	7.63
	DESVIO PADRÃO	0.15	0.05	0.26	0.38	11.49	3.00	5.04	3.16
	ERRO NA MÉDIA(1)	0.05	0.02	0.09	0.13	4.06	1.06	1.78	1.12
	INCERTEZA (%) (2)	0.89	0.00	0.00	0.15				

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

3 Levantamento Aéreo

Foi utilizado na aeronave o gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2.560 pol³ 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	3202,93	170,98	29,41	156,23
	DESVIO PADRÃO	277,37	35,29	12,09	20,52
	ERRO NA MÉDIA	21,15	2,69	0,92	1,56
	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	13,67	2,29	2,38	30,20	3706,81	708,78	197,25	265,87
	DESVIO PADRÃO	3,82	0,72	0,86	10,84	993,32	185,96	61,31	95,00
	ERRO NA MÉDIA(1)	0,46	0,09	0,10	1,32	120,46	22,55	7,43	11,52
	INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,04	0,04				

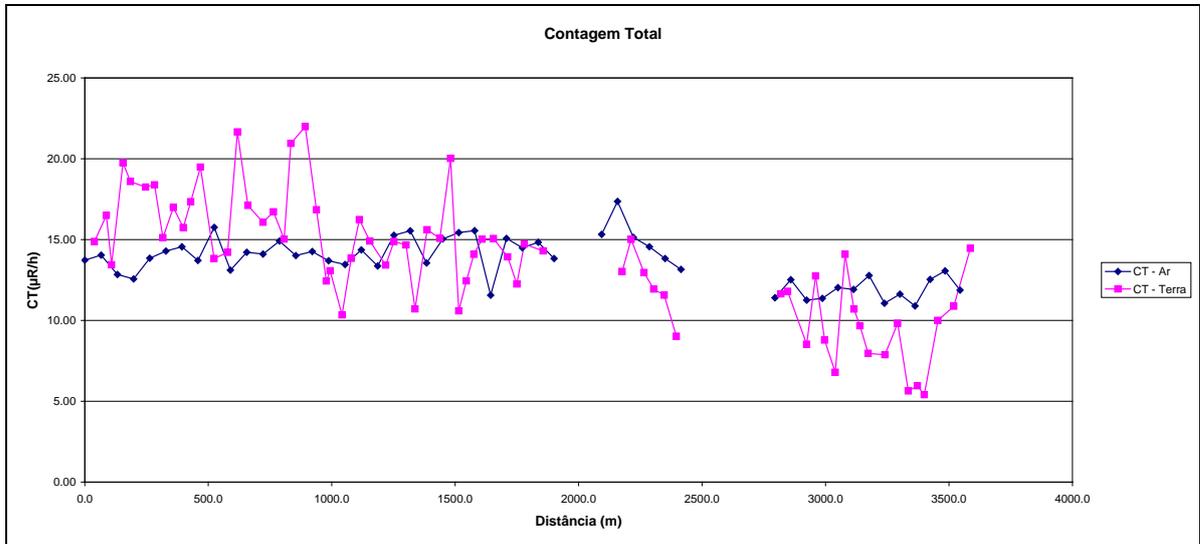
cpm = contagens por minuto

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade.

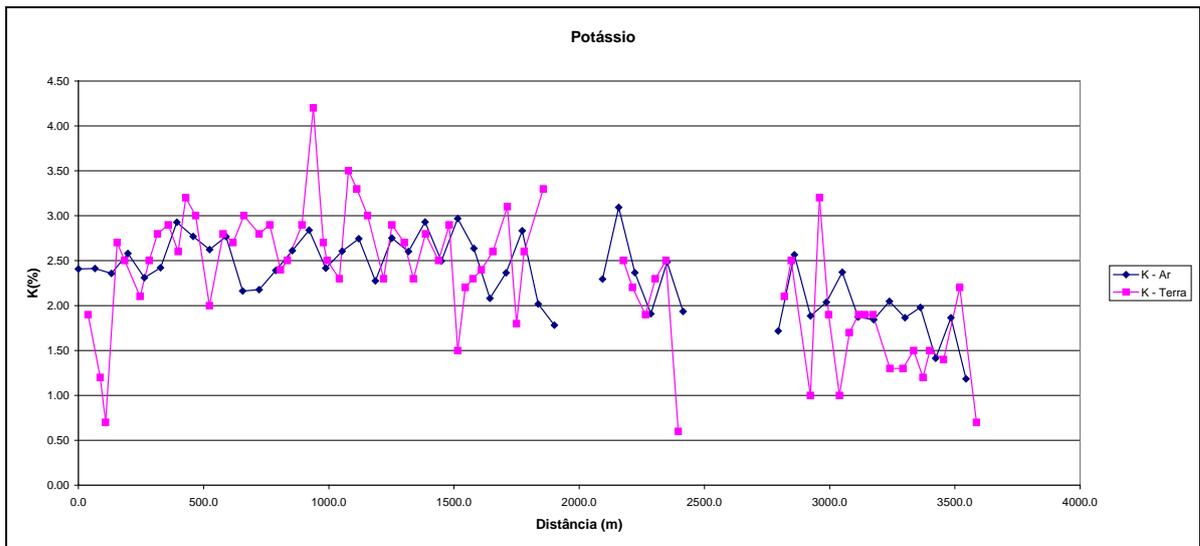
AERONAVE	SENSIBILIDADE (S)			
	CT (cps / μ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
PR-FAM	234,30	74,66	12,36	5,17

As Figuras a seguir apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre para cada aeronave envolvida:

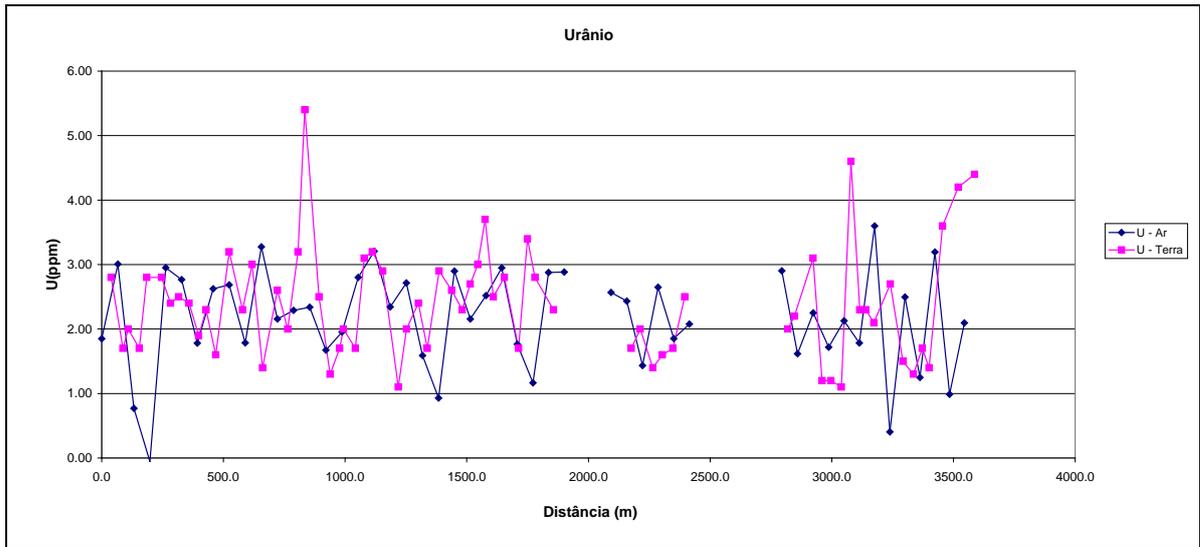
Aeronave: PR-FAM



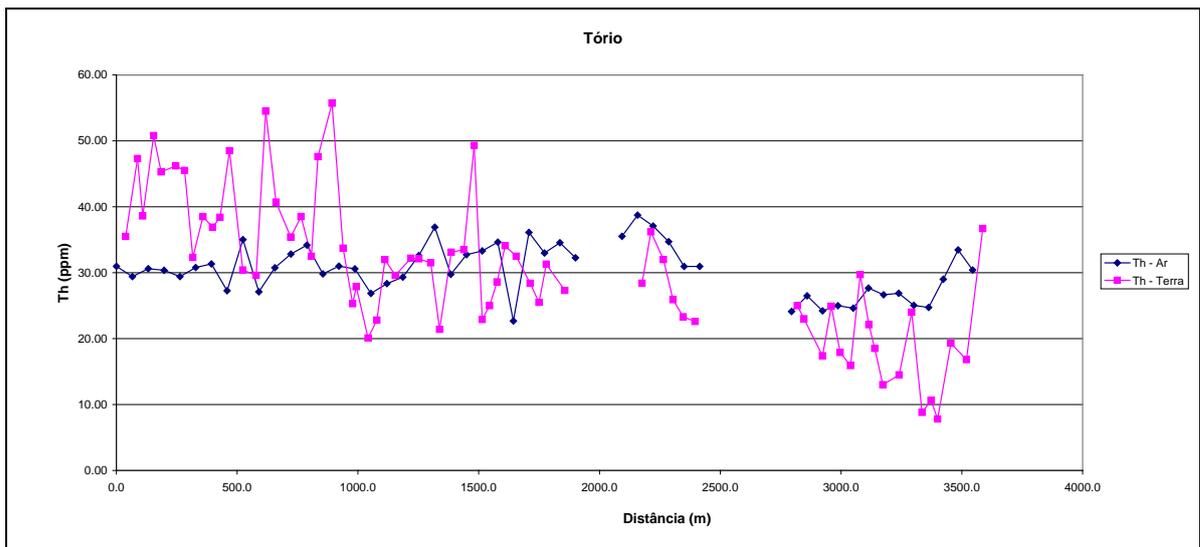
Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total .



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio.



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio.



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório.

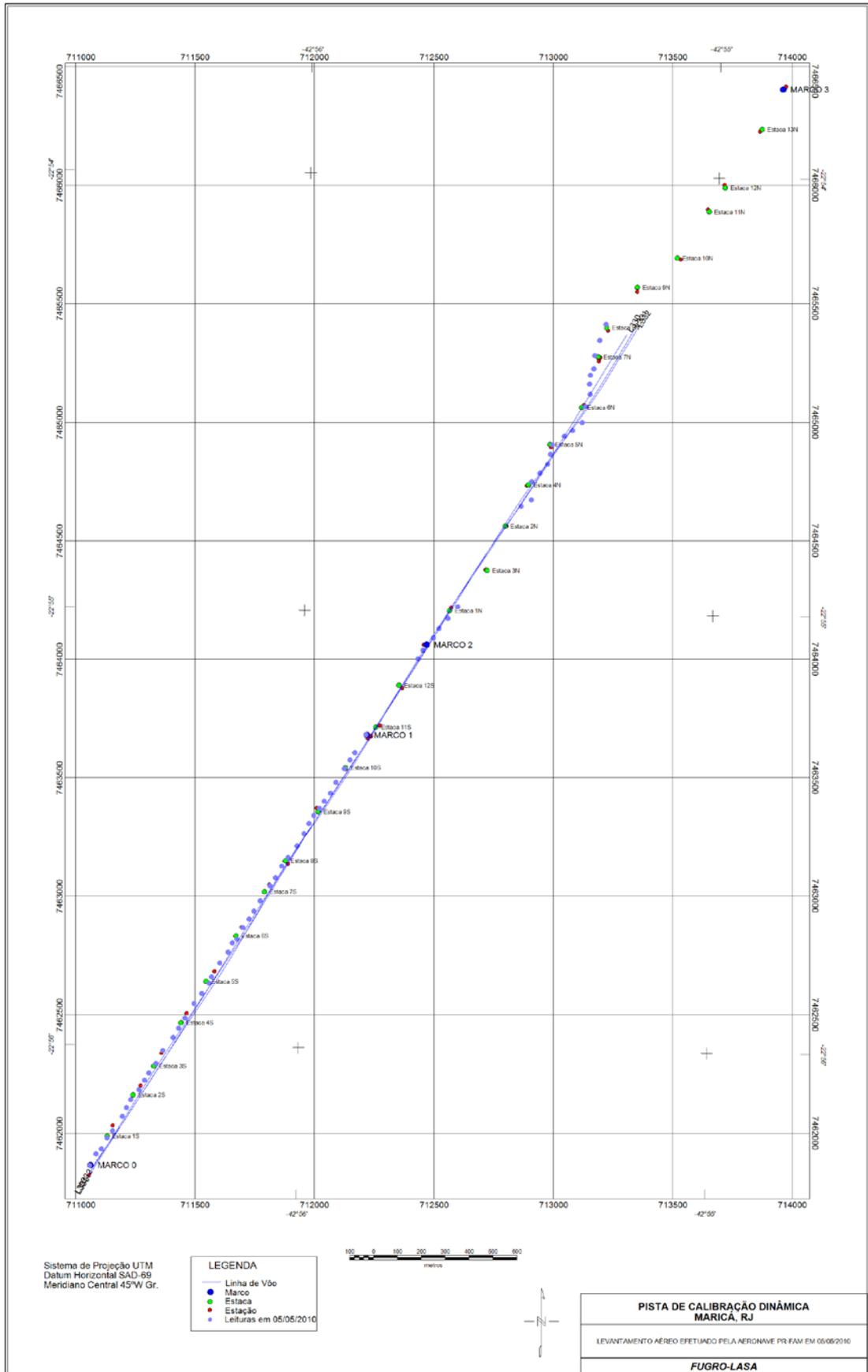
**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 23/05/2010
DADOS BRUTOS**

Estação	Estaca	UTM Leste (m)	UTM Norte (m)	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711014,4	7461820,2	15,1	1,9	2,8	36,4	4099	662	231	321
2		711040,7	7461869,0	16,7	1,2	1,7	48,2	4523	559	266	423
3		711063,8	7461890,3	13,7	0,7	2,0	39,5	3621	402	229	347
4		711087,3	7461936,1	20,0	2,7	1,7	51,7	5631	895	283	454
5	Estaca 1S	711110,5	7461966,5	18,9	2,5	2,8	46,2	5233	843	278	406
6		711151,3	7462027,5	18,5	2,1	2,8	47,1	4907	757	283	414
7		711168,9	7462064,2	18,6	2,5	2,4	46,4	5075	841	271	408
8		711186,4	7462097,8	15,4	2,8	2,5	33,2	4360	812	208	292
9	Estaca 2S	711221,2	7462140,4	17,2	2,9	2,4	39,4	4834	871	238	347
10		711244,6	7462180,0	16,0	2,6	1,9	37,8	4560	801	220	332
11		711262,1	7462210,6	17,6	3,2	2,3	39,3	4844	933	234	346
12		711291,2	7462250,1	19,7	3,0	1,6	49,4	5236	941	271	434
13	Estaca 3S	711320,4	7462305,1	14,1	2,0	3,2	31,3	3755	645	213	276
14		711364,0	7462359,9	14,5	2,8	2,3	30,5	3991	808	192	269
15		711387,3	7462399,6	21,9	2,7	3,0	55,4	5488	905	396	452
16		711413,6	7462442,3	17,4	3,0	1,4	41,6	4846	896	228	366
17	Estaca 4S	711451,5	7462503,3	16,3	2,8	2,6	36,3	4495	836	227	320
18		711483,4	7462545,9	17,0	2,9	2,0	39,4	4656	874	230	346
19		711515,4	7462588,5	15,3	2,4	3,2	33,4	4122	754	223	295
20		711524,3	7462616,1	21,2	2,5	5,4	48,5	5504	905	339	428
21	Estaca 5S	711559,3	7462674,1	22,2	2,9	2,5	56,6	6031	974	322	497
22		711594,2	7462719,8	17,1	4,2	1,3	34,6	4881	1103	194	304
23		711611,8	7462759,5	12,7	2,7	1,7	26,2	3676	745	159	231
24		711632,0	7462774,6	13,3	2,5	2,0	28,8	3786	731	179	253
25	Estaca 6S	711655,5	7462823,5	10,6	2,3	1,7	21,0	3609	618	135	185
26		711681,6	7462860,1	14,1	3,5	3,1	23,7	4034	926	174	210
27		711702,1	7462893,6	16,5	3,3	3,2	32,9	4533	928	221	290
28		711728,3	7462936,3	15,2	3,0	2,9	30,5	4437	865	204	269
29	Estaca 7S	711769,1	7463000,4	13,7	2,3	1,1	33,1	3707	698	181	290
30		711792,4	7463033,9	15,1	2,9	2,0	33,0	4164	838	198	290
31		711818,7	7463082,8	14,9	2,7	2,4	32,4	4216	790	203	285
32		711844,9	7463119,3	11,0	2,3	1,7	22,3	3124	641	141	197
33	Estaca 8S	711882,6	7463168,0	15,9	2,8	2,9	34,0	4315	837	220	300
34		711911,8	7463219,9	15,3	2,5	2,6	34,4	4167	756	216	303
35		711932,4	7463262,7	20,3	2,9	2,3	50,2	5428	940	288	441
36		711952,8	7463296,3	10,9	1,5	2,7	23,8	2997	500	167	211
37	Estaca 9S	711976,0	7463326,7	12,7	2,2	3,0	25,9	3578	670	184	229
38		711996,4	7463357,2	14,3	2,3	3,7	29,5	3893	712	214	261
39		712022,5	7463390,7	15,3	2,4	2,5	35,0	4193	746	218	308
40		712046,0	7463436,5	15,3	2,6	2,8	33,4	4297	784	216	295
41	Estaca 10S	712081,0	7463494,5	14,2	3,1	1,7	29,3	4019	844	175	257
42		712104,3	7463531,1	12,5	1,8	3,4	26,4	3573	598	194	234
43		712124,7	7463561,5	15,0	2,6	2,8	32,2	4030	775	211	284
44	Marco 1	712171,4	7463637,8	14,6	3,3	2,3	28,2	4076	901	181	249
45		712389,7	7463957,8	13,3	2,5	1,7	29,3	3807	729	175	257

Estação	Estaca	UTM Leste (m)	UTM Norte (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
46	Estaca 13S	712410,1	7463994,5	15,3	2,2	2,0	37,1	4150	710	218	326
47		712453,6	7464046,2	13,2	1,9	1,4	32,9	3674	608	186	289
48		712477,0	7464085,8	12,2	2,3	1,6	26,8	3396	666	161	236
49		712514,6	7464128,4	11,8	2,5	1,7	24,2	3379	689	151	213
50	Estaca 1N	712555,2	7464177,0	9,3	0,6	2,5	23,5	2387	301	162	207
51		712820,6	7464601,0	9,3	2,1	2,0	16,7	2693	579	119	147
52		712863,7	7464628,1	12,1	2,5	2,2	23,9	3591	710	158	211
53	Estaca 4N	712864,8	7464705,0	8,8	1,0	3,1	18,3	2313	373	149	162
54		712899,5	7464741,4	13,0	3,2	1,2	25,8	3878	845	148	227
55		712931,4	7464777,9	9,0	1,9	1,2	18,8	2563	518	115	166
56		712943,4	7464820,8	7,0	1,0	1,1	16,8	1907	319	102	148
57	Estaca 5N	712952,5	7464860,7	14,3	1,7	4,6	30,6	3818	624	236	271
58		713001,5	7464896,9	11,0	1,9	2,3	23,0	3013	580	156	203
59		713036,0	7464921,0	9,9	1,9	2,3	19,4	2791	551	138	172
60		713076,4	7464954,3	8,2	1,9	2,1	13,9	2386	523	108	124
61	Estaca 6N	713088,8	7465021,8	8,1	1,3	2,7	15,4	2274	409	126	137
62		713109,4	7465073,8	10,1	1,3	1,5	24,9	2906	447	150	219
63		713107,2	7465117,0	5,9	1,5	1,3	9,7	1707	383	72	86
64		713110,6	7465153,8	6,2	1,2	1,7	11,5	1809	356	88	102
65	Estaca 7N	713125,2	7465181,3	5,7	1,5	1,4	8,7	1781	391	69	77
66		713128,8	7465236,7	9,9	1,4	3,0	20,2	2797	454	155	179
67		713149,7	7465301,0	11,1	2,2	4,2	17,7	3111	644	166	158
68		713176,3	7465368,3	14,7	0,7	4,4	37,6	3648	443	267	332
1	*	722923,6	7461381,0	0,3	-0,1	0,3	0,8	157	-6	10	8
2	*	722923,6	7461381,0	0,0	0,0	-0,4	1,0	157	-3	-4	8
3	*	722923,6	7461381,0	0,3	0,0	-0,1	1,2	164	-6	3	10
4	*	722923,6	7461381,0	0,0	-0,1	0,0	0,4	160	-11	2	3
5	*	722923,6	7461381,0	0,0	0,0	-0,4	1,0	134	-11	-4	8
6	*	722923,6	7461381,0	-0,2	0,0	-0,4	0,3	134	-7	-5	3
7	*	722923,6	7461381,0	0,1	0,0	-0,4	1,1	154	-4	-2	9
8	*	722923,6	7461381,0	0,1	-0,1	-0,3	1,4	147	-9	2	12

*Background na Lagoa de Maricá

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



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

ANEXO I-f – Atenuação Atmosférica – Resultado dos Testes

SUMÁRIO

1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PR-FAM.

Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

- Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica
- Tabela 1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica
- a) Médias Terra, Água e Terra-Água
 - b) Médias em cps
 - c) Médias em Logaritmo
- Figura 1 - Coeficientes de Atenuação
- a) Contagem Total
 - b) Potássio
 - c) Urânio
 - d) Tório

Aeronave: PR-FAM

Data da Calibração: 13/08/2010

1 - Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave.

Em 05/08/2010 foram realizados vôos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) na pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*), nas proximidades de Maricá (RJ), 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 aerolevante (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 vôo (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 (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 vôo (100m);

- **H** é a altura medida.

Os valores das médias obtidas são apresentados na Tabela 1a:

Tabela 1a – Médias Terra, Água e Terra-Água.

MÉDIAS SOBRE A TERRA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	3827,255	319,014	100,553	174,587
331	3777,167	311,326	103,505	171,890
332	3739,132	310,301	101,993	166,691
400	3466,612	282,460	98,432	152,913
500	2807,330	224,446	81,836	122,520
600	2511,995	200,522	72,672	108,956
700	2103,920	162,623	63,114	91,394
800	1910,983	144,259	59,848	79,039

MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	430,003	35,284	22,025	7,796
331	434,765	35,927	22,351	7,757
332	439,832	36,073	22,521	8,022
400	432,276	34,843	22,334	8,047
500	433,566	34,023	22,880	7,974
600	433,760	33,814	22,240	8,053
700	427,325	33,468	21,864	8,456
800	421,047	33,168	21,795	8,250

MÉDIAS TERRA-ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	3397,252	283,730	78,528	166,791
331	3342,402	275,399	81,154	164,133
332	3299,300	274,228	79,472	158,669
400	3034,336	247,617	76,098	144,866
500	2373,764	190,423	58,956	114,546
600	2078,235	166,708	50,432	100,903
700	1676,595	129,155	41,250	82,938
800	1489,936	111,091	38,053	70,789

* Valores corrigidos do Tempo Morto

A Tabela 1b apresenta os valores radiométricos nas diferentes altitudes, com as seguintes correções aplicadas:

- Tempo Morto
- *Background*
- Espalhamento Compton

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

LINHA	Altura Efetiva (m)	TC (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	91,84	3397,252	187,418	28,843	166,791
331	94,64	3342,402	177,318	32,041	164,133
332	96,29	3299,300	178,479	31,850	158,669
400	107,35	3034,336	156,687	31,847	144,866
500	140,08	2373,764	118,098	22,144	114,546
600	158,08	2078,235	103,599	17,110	100,903
700	190,39	1676,595	76,542	12,533	82,938
800	208,07	1489,936	63,274	12,936	70,789

A Tabela 1c apresenta o logaritmo neperiano dos valores da Tabela 1b:

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln TC (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
330	91,84	8,131	5,233	3,362	5,117
331	94,64	8,114	5,178	3,467	5,101
332	96,29	8,101	5,184	3,461	5,067
400	107,35	8,018	5,054	3,461	4,976
500	140,08	7,772	4,772	3,098	4,741
600	158,08	7,639	4,641	2,840	4,614
700	190,39	7,425	4,338	2,528	4,418
800	208,07	7,306	4,147	2,560	4,260

Os valores de μ obtidos são correspondentes aos coeficientes angulares das equações das retas obtidas pelos gráficos das figuras 1a, 1b, 1c e 1d, conforme mostra o quadro 1, a seguir:

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
Contagem Total	-0,0072
Potássio	-0,0090
Urânio	-0,0086
Tório	-0,0072

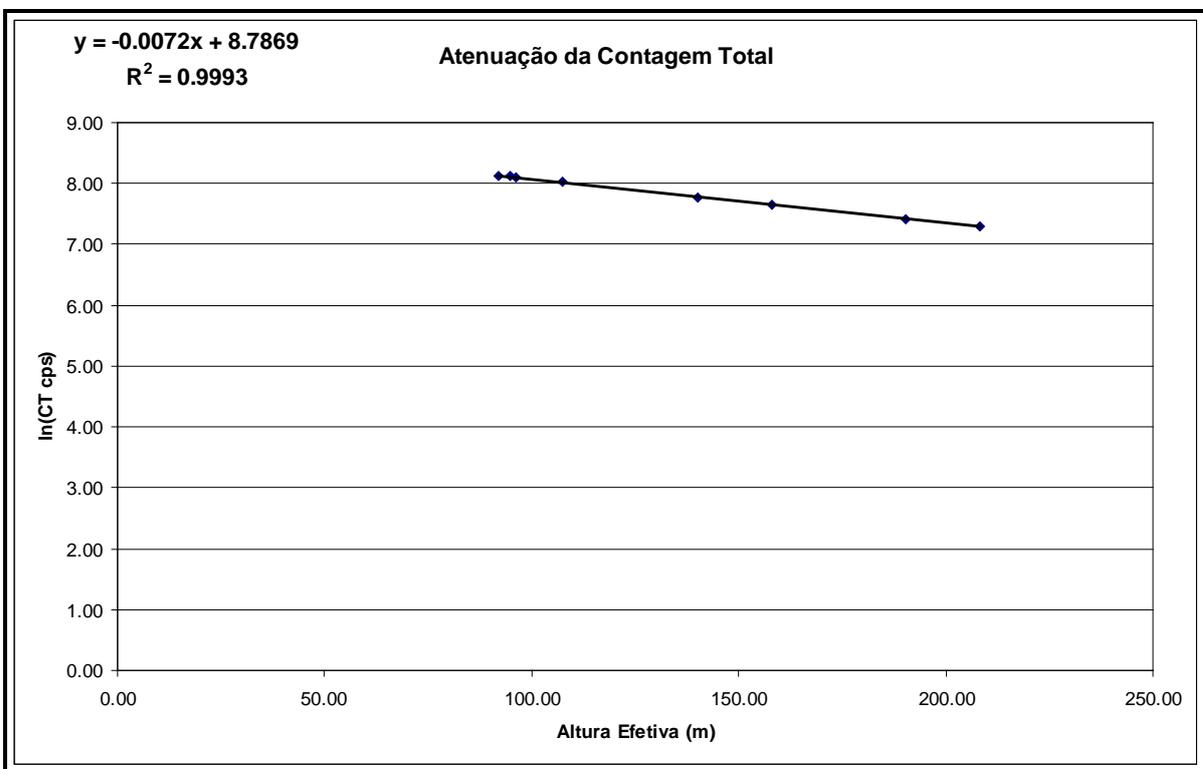


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

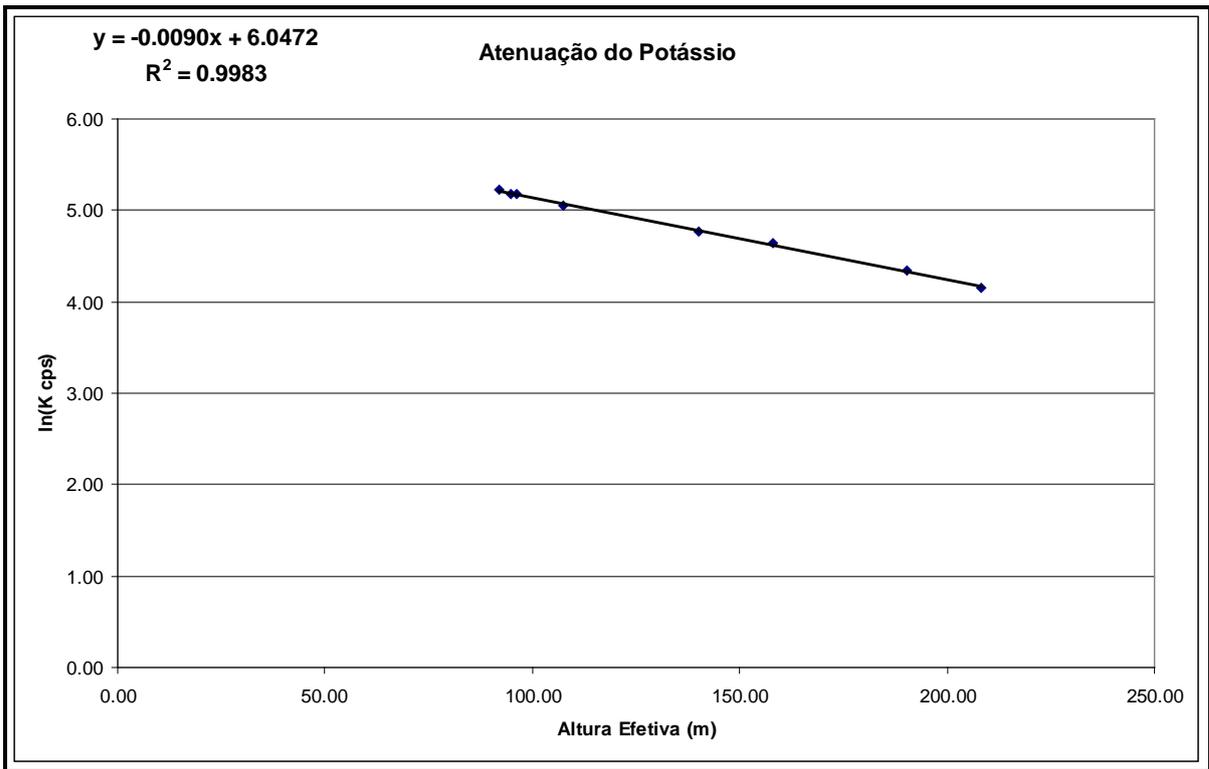


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação – Potássio.

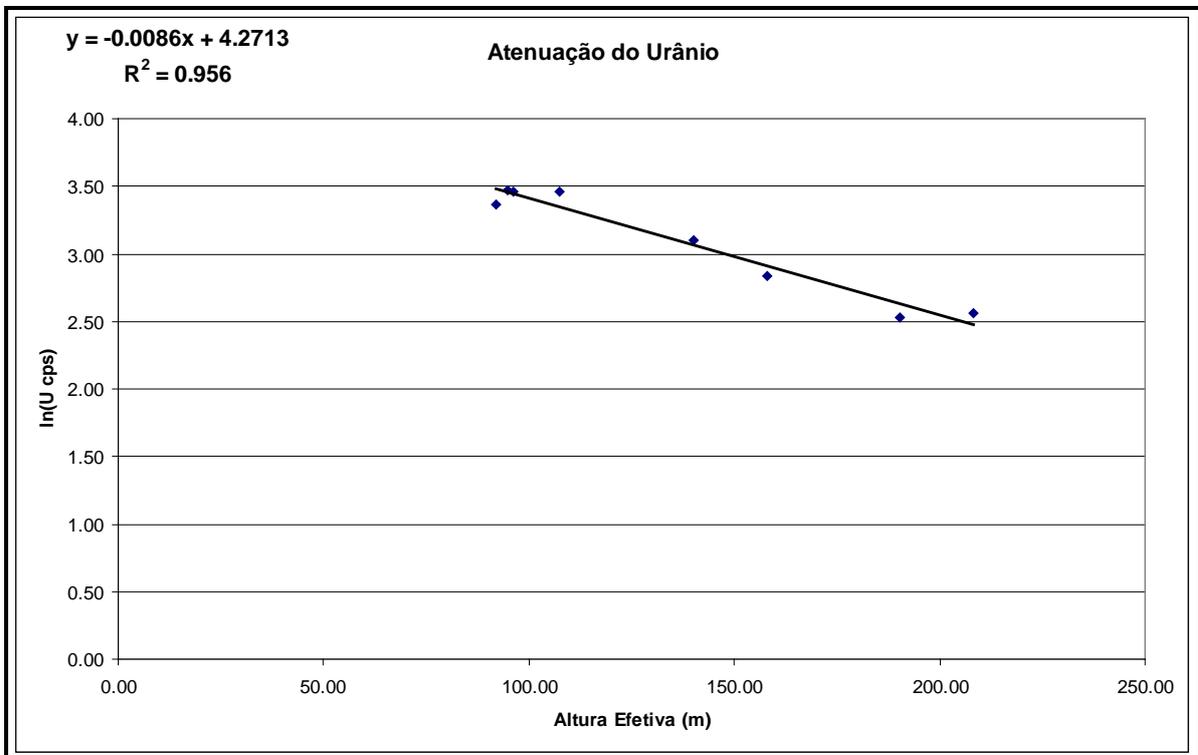


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

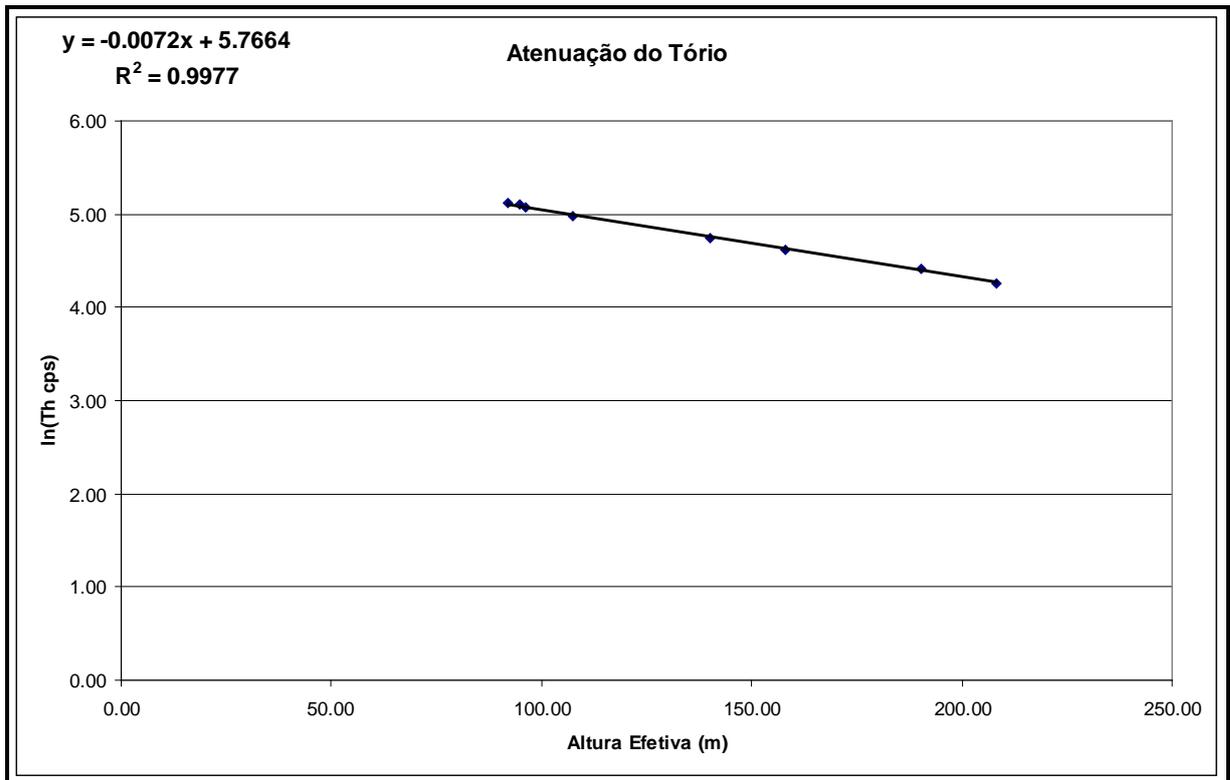


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Alímetros

Teste de Altimetro – PR-FAM

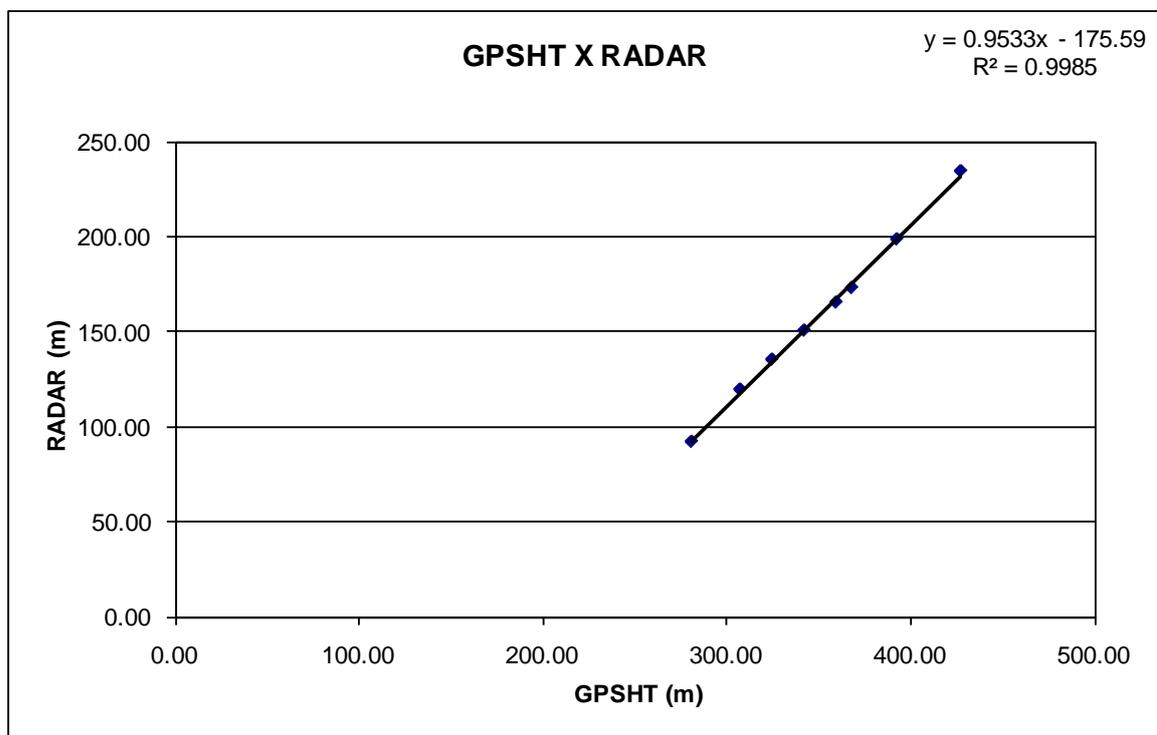
Projeto	29026
Aeronave	PR-FAM
Base	Jí Paraná-RO
Data	10/03/10
Voo	210

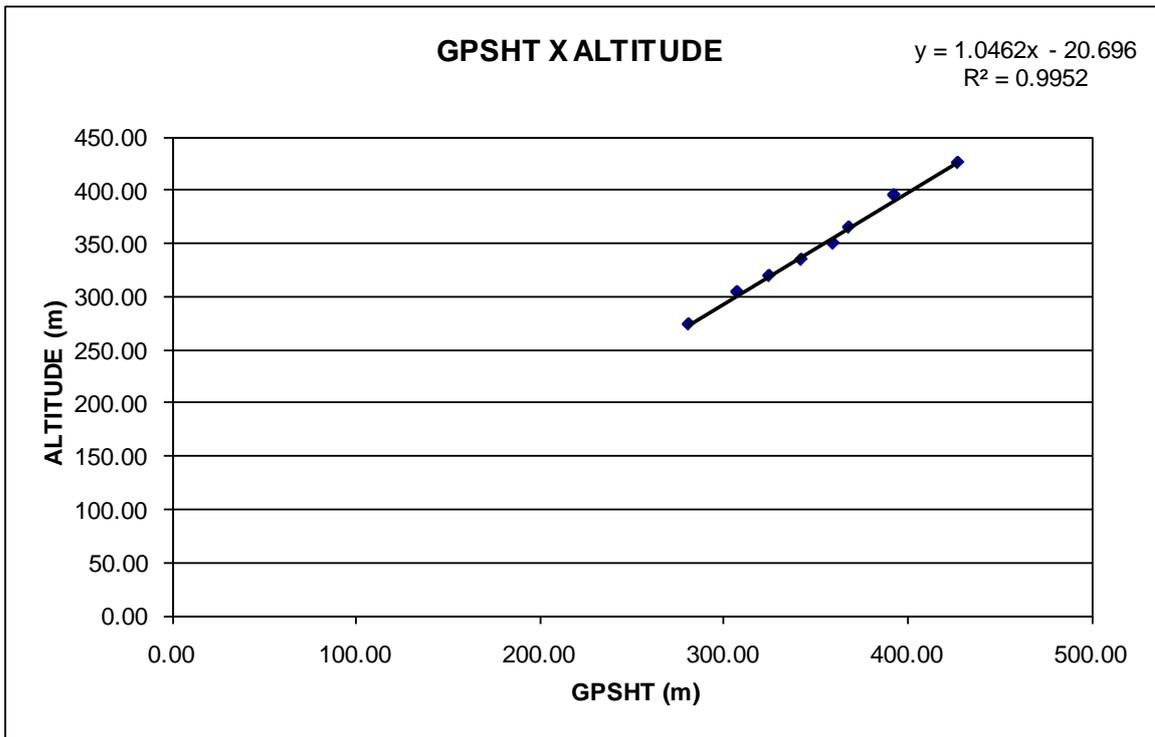
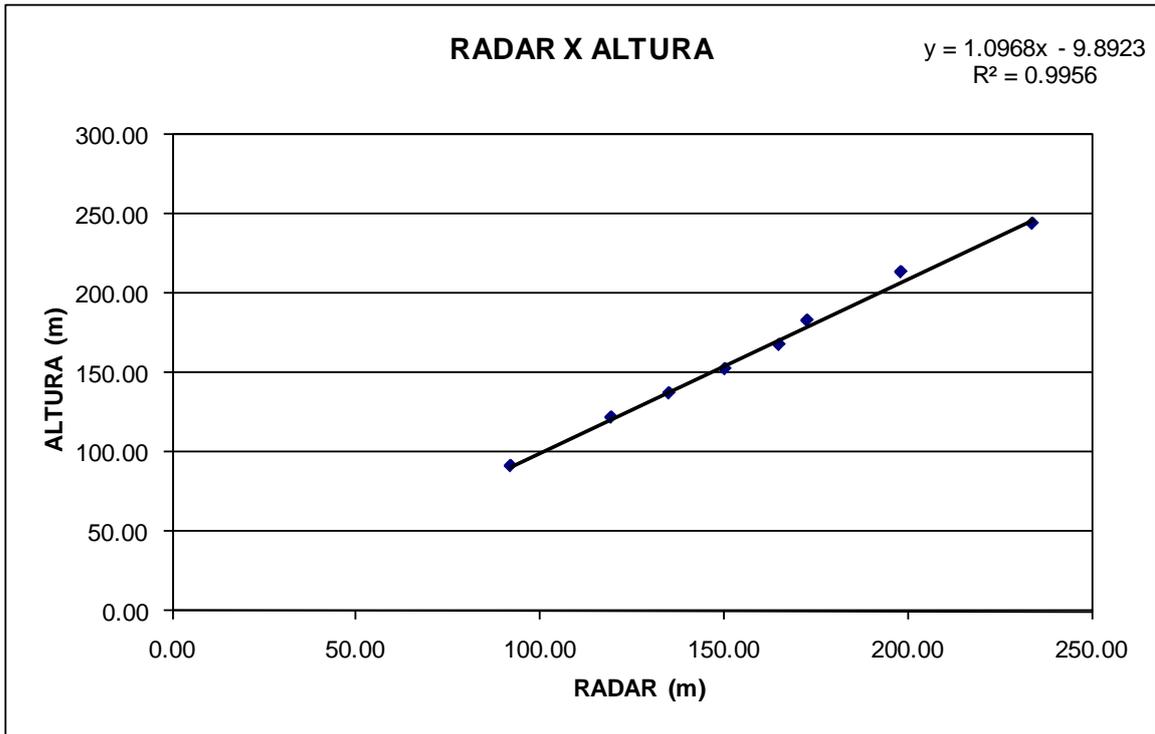
Altitude da Pista: 182 m (ROTAER)

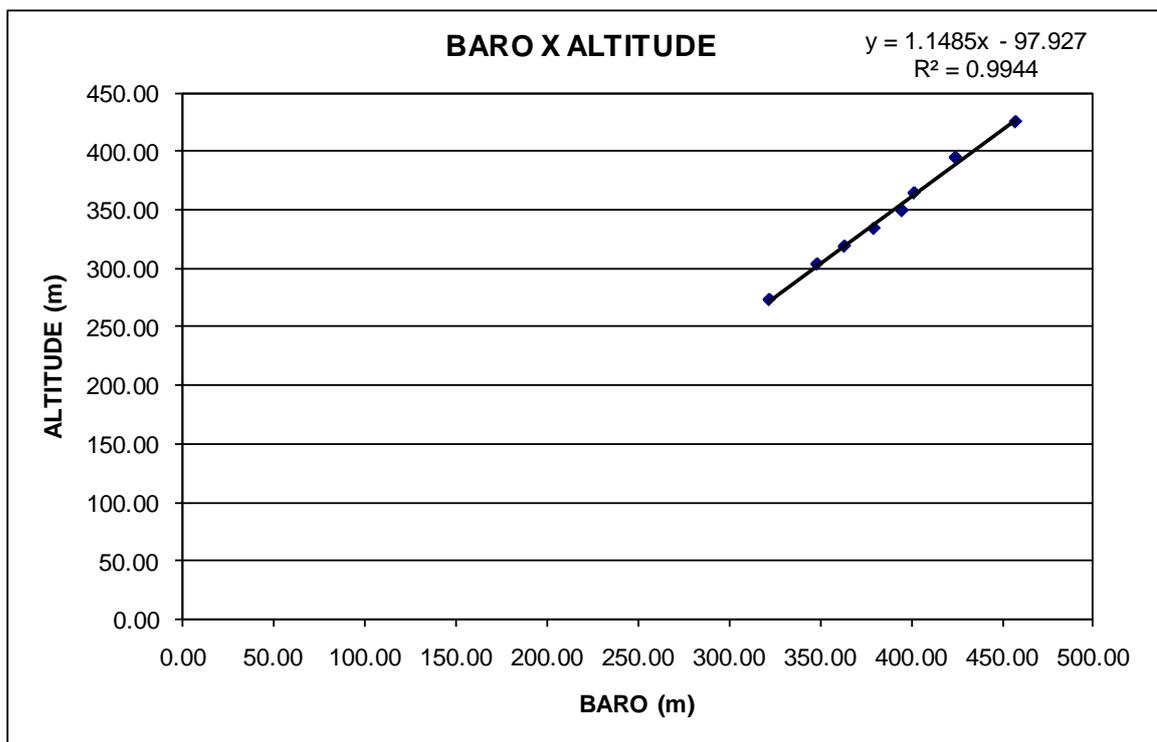
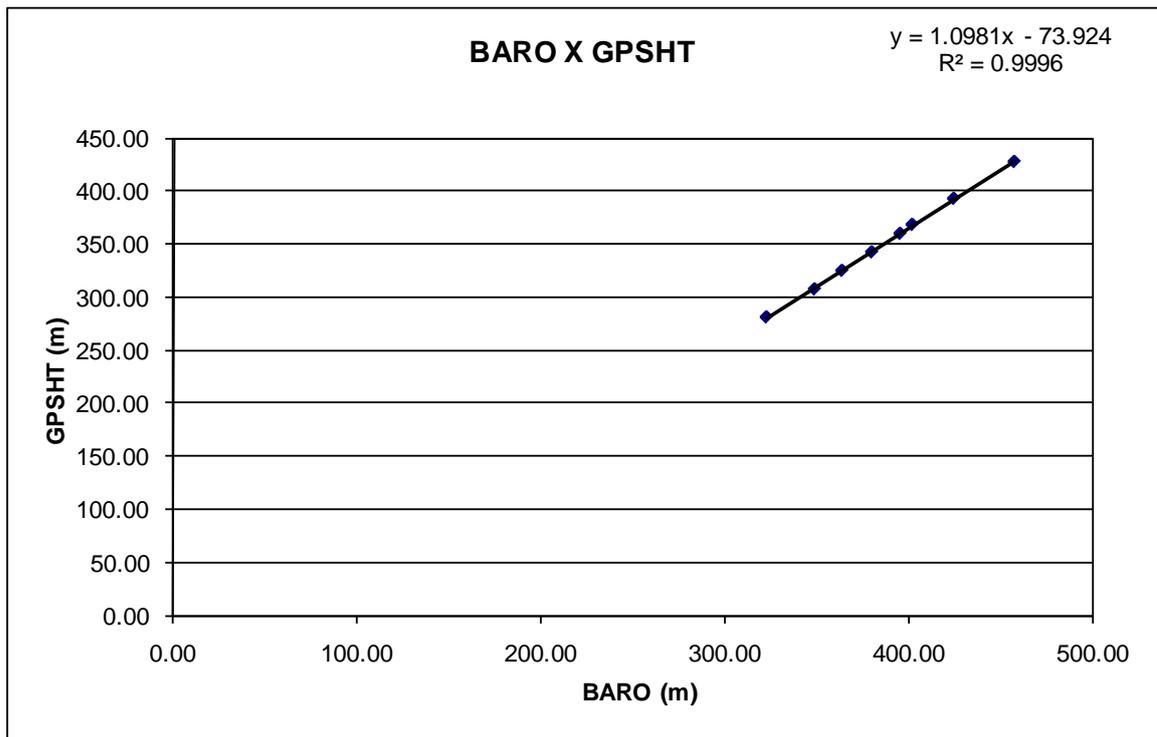
ALTURA = Altura Teórica

ALTITUDE = Altura teórica somada com a altitude da Pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR (m)	BARO (m)
300	91,44	273,44	280,90	91,94	322,17
400	121,92	303,92	307,29	119,36	348,36
450	137,16	319,16	324,70	135,11	363,31
500	152,40	334,40	342,19	150,37	379,49
550	167,64	349,64	359,61	165,12	394,93
600	182,88	364,88	368,08	172,77	401,52
700	213,36	395,36	392,62	198,32	424,11
800	243,84	425,84	427,38	234,13	457,05





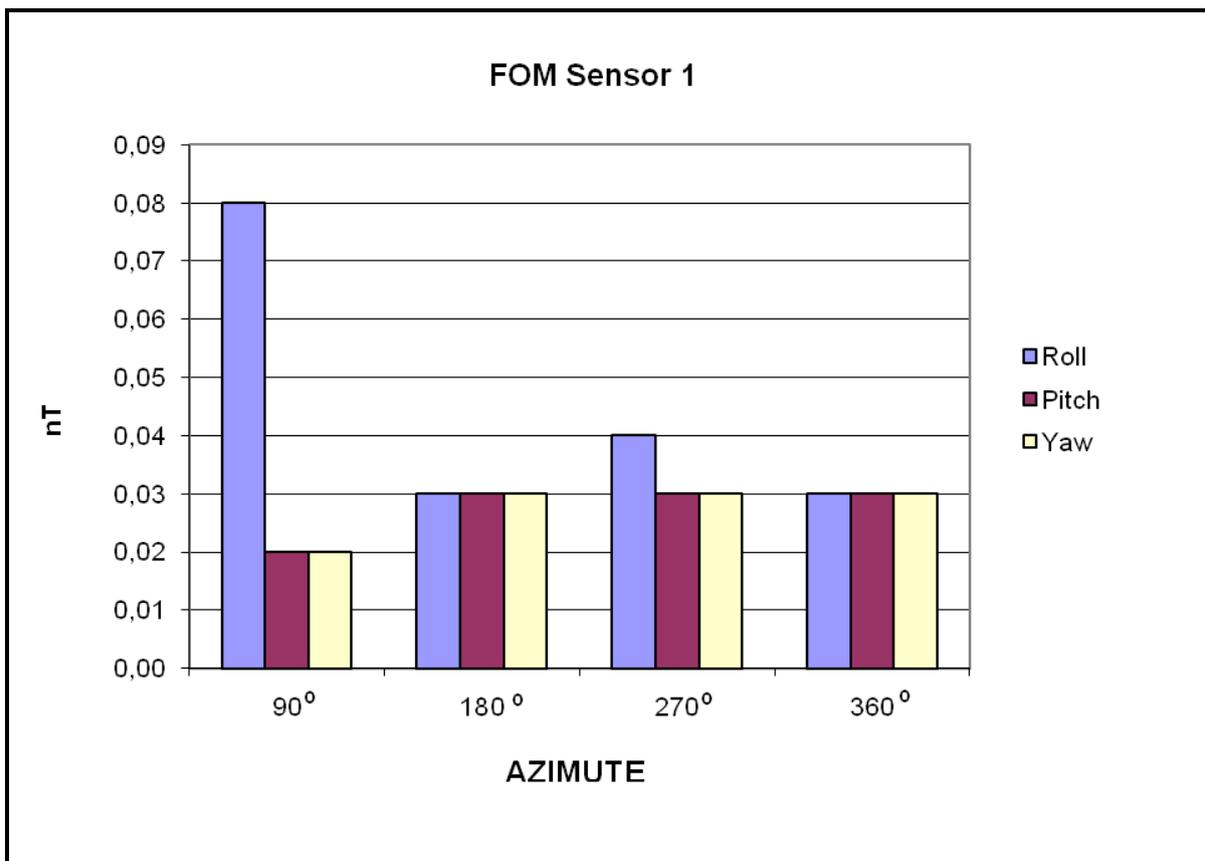


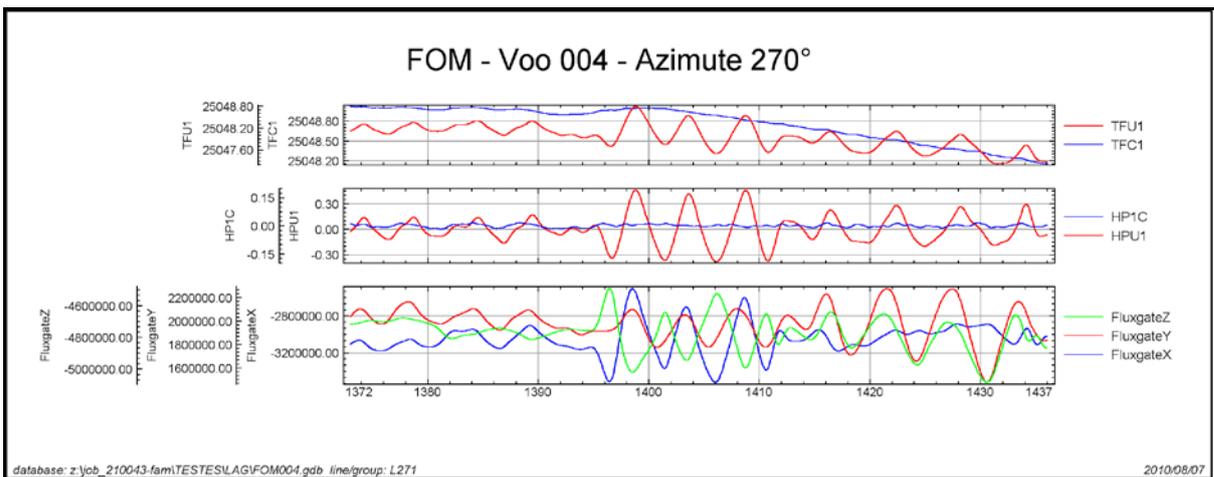
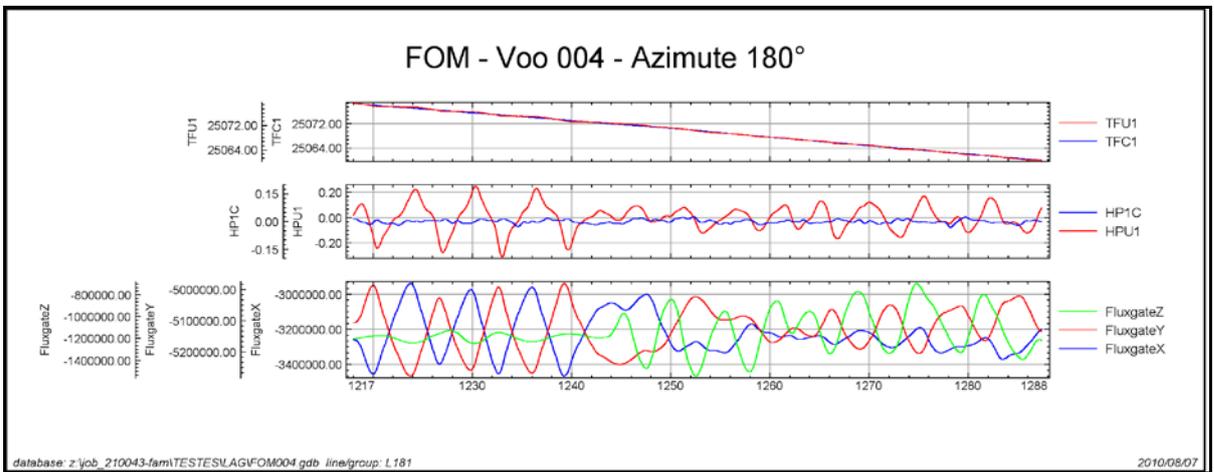
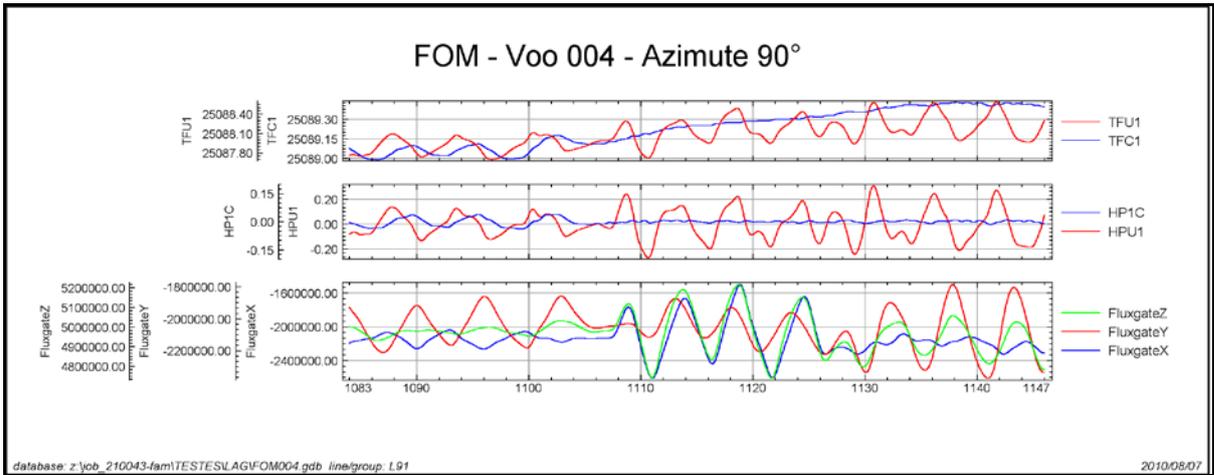
Anexo II-b – Compensação Magnética

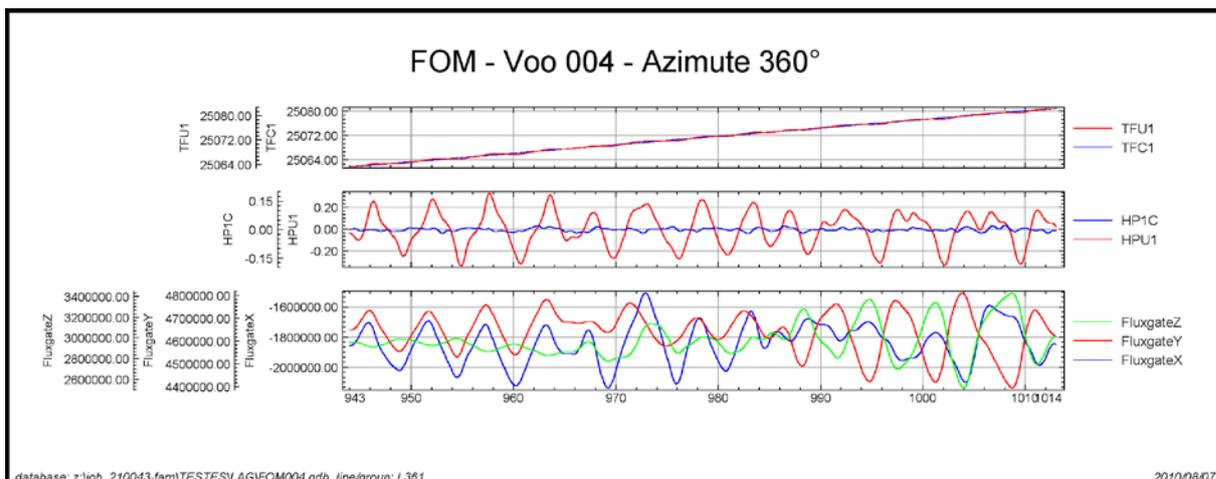
Compensação Magnética – PR-FAM

Nº Job	210043
Base	Paulo Afonso - BA
Aeronave	PR-FAM
Data	07/08/10
Nº Voo	4

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,08	0,02	0,02	0,12
181	180°	0,03	0,03	0,03	0,09
271	270°	0,04	0,03	0,03	0,10
361	360°	0,03	0,03	0,03	0,09
TOTAL					0,40







TFIU – Campo Magnético Total não compensado

TFC1B – Campo Magnético Total compensado

HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado

HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado

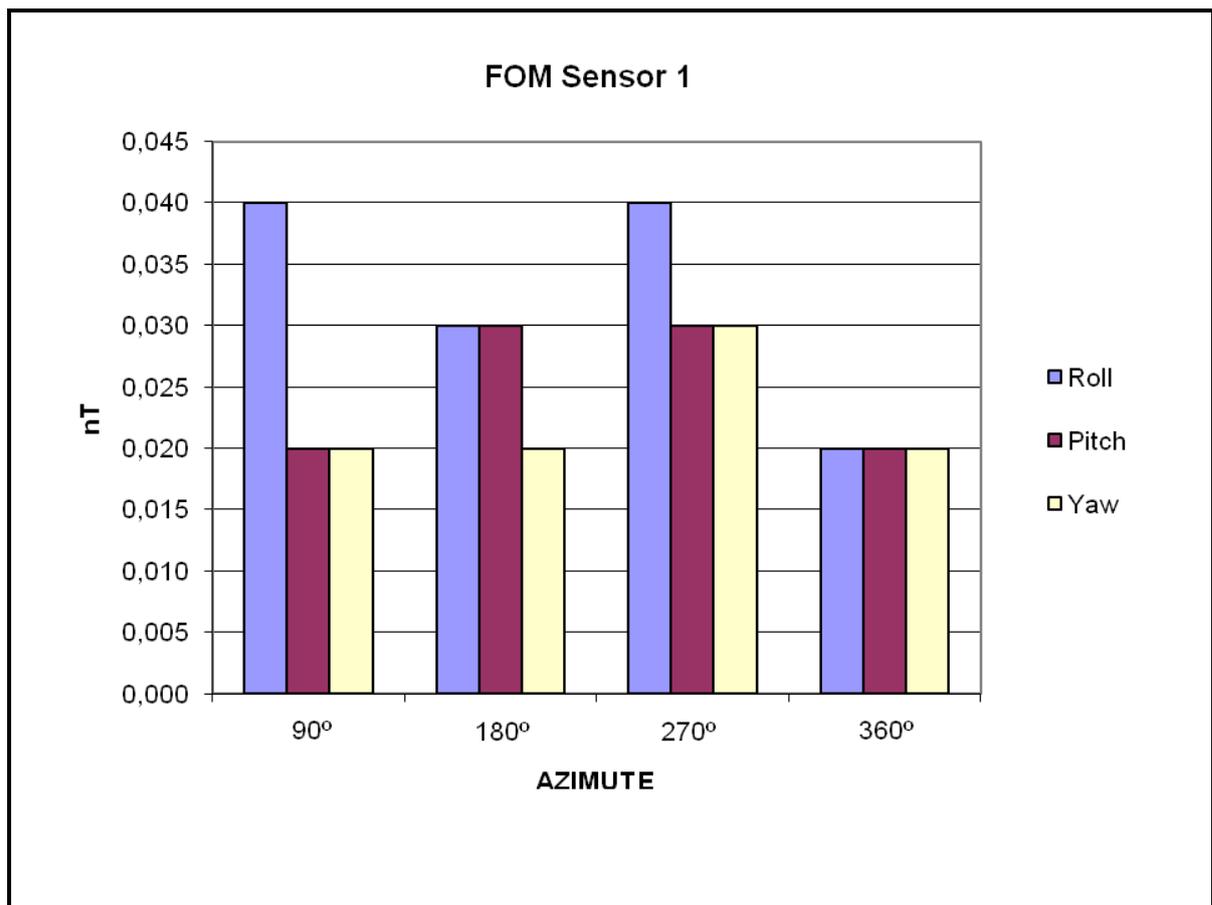
FluxgateX – Componente X da Fluxgate

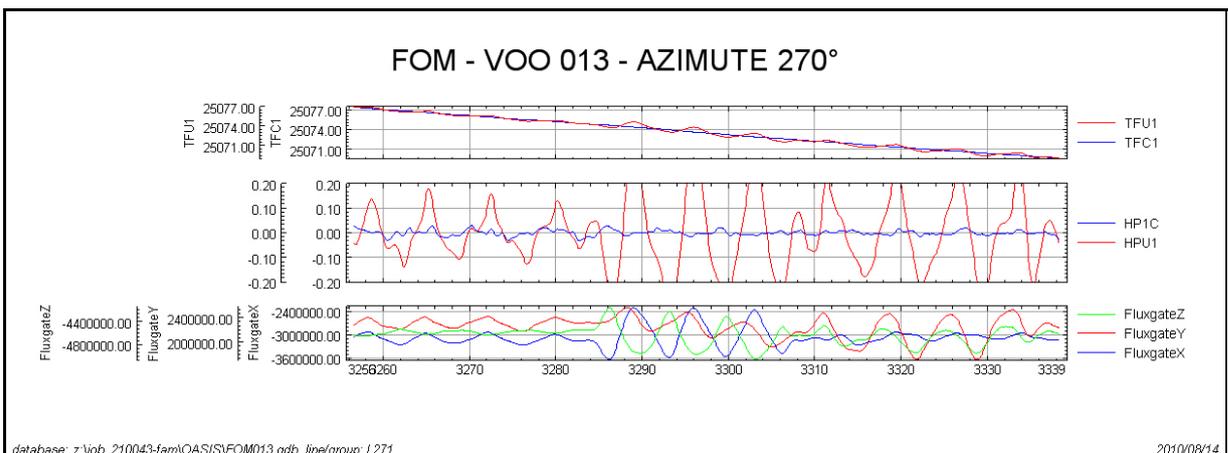
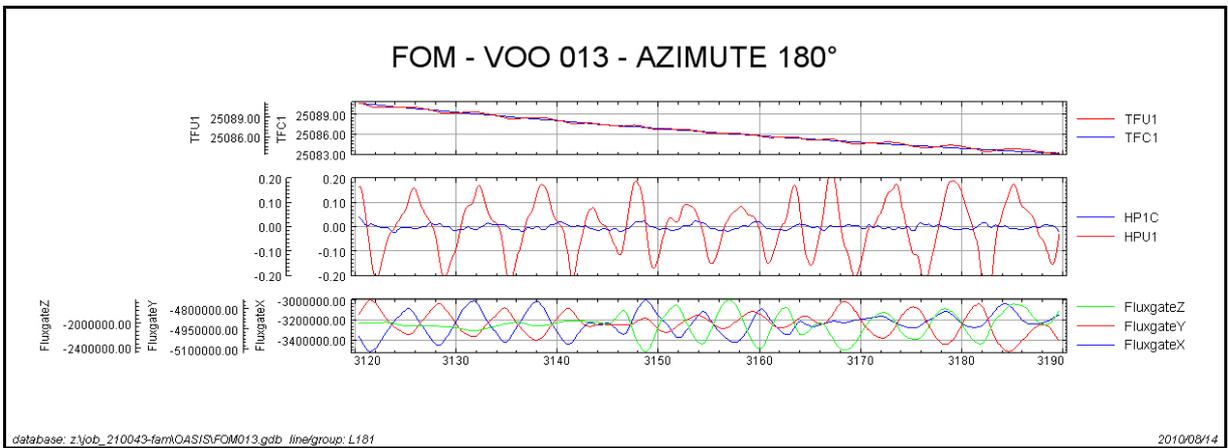
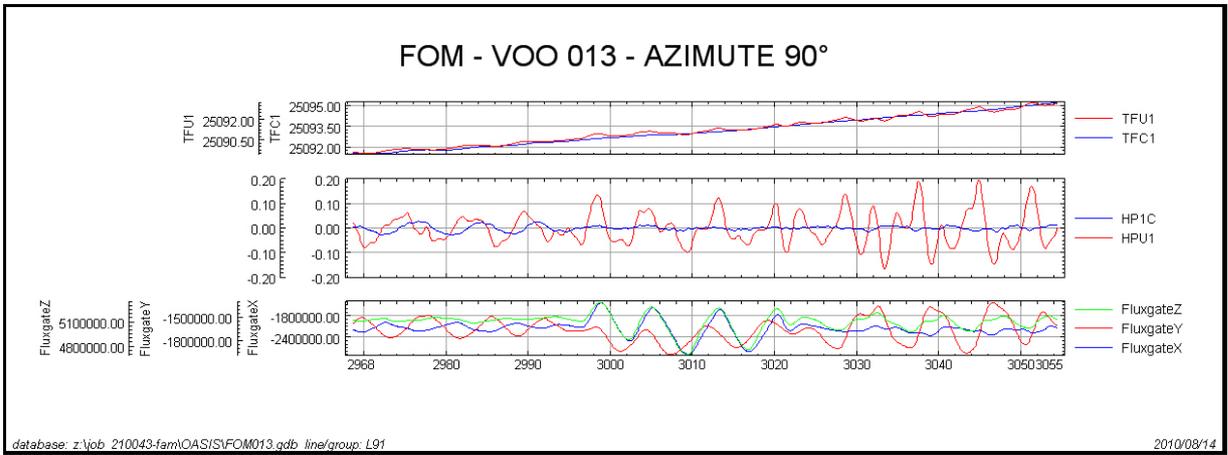
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate

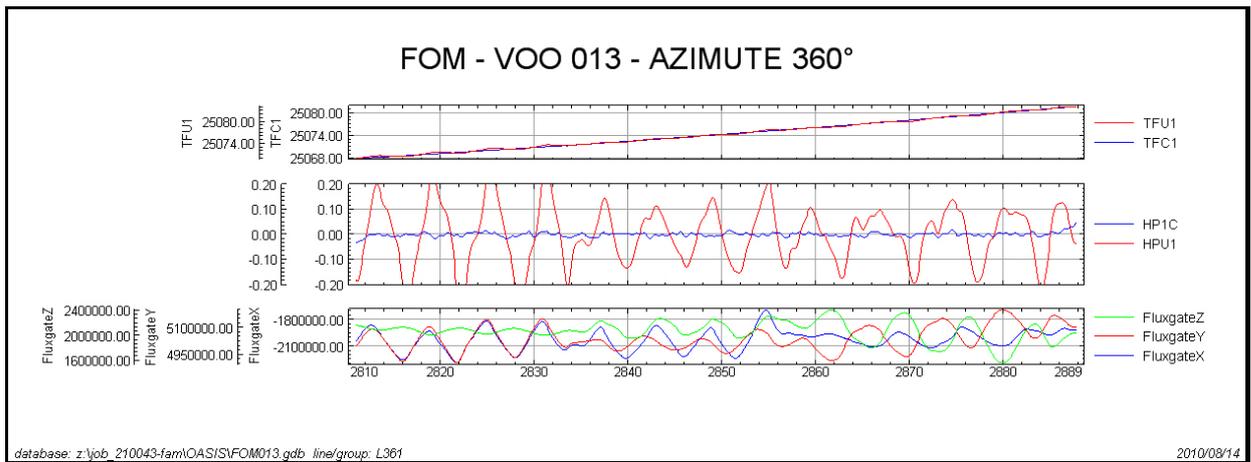
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Nº Job	210043
Base	Paulo Afonso - BA
Aeronave	PR-FAM
Data	14/08/10
Nº Voo	13

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,04	0,02	0,02	0,08
181	180°	0,03	0,03	0,02	0,08
271	270°	0,04	0,03	0,03	0,10
361	360°	0,02	0,02	0,02	0,06
TOTAL					0,32







TF1U – Campo Magnético Total não compensado

TFC1B – Campo Magnético Total compensado

HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado

HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado

FluxgateX – Componente X da Fluxgate

FluxgateY – Componente Y da Fluxgate

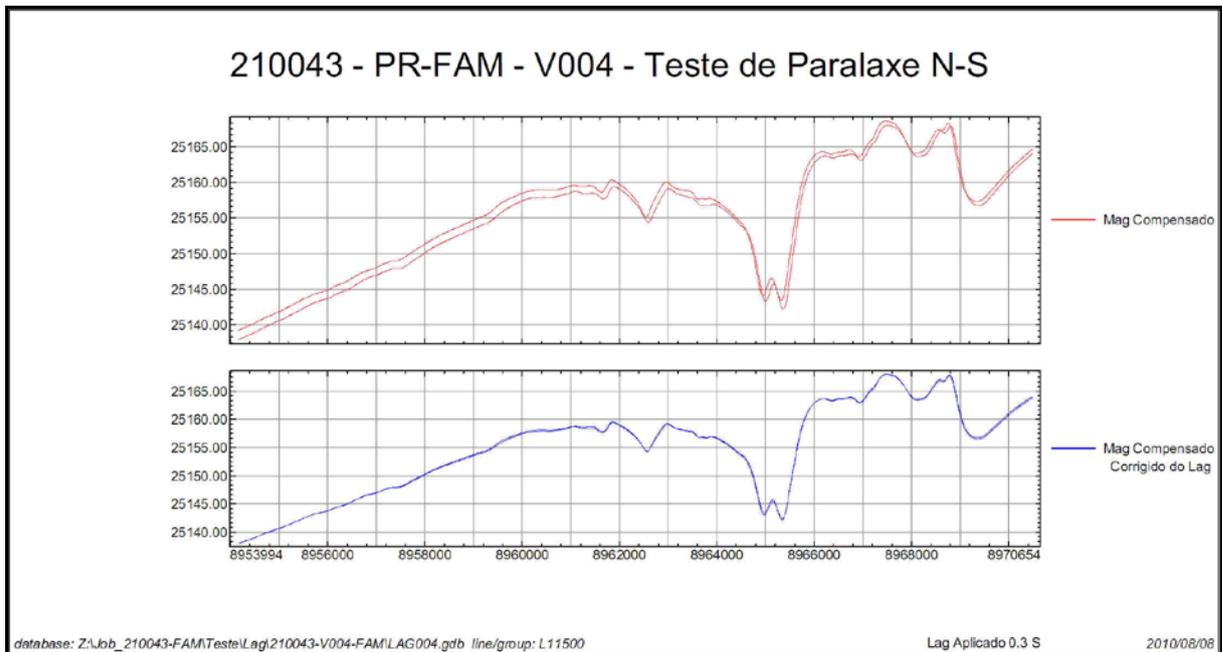
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Anexo II-c – Teste de Paralaxe

Paralaxe – PR-FAM

Teste de Paralaxe

Projeto	210043
Base	Paulo Afonso - BA
Aeronave	PR-FAM
Data	07/08/2010
Vôo	004



ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO

ANEXO IV – CONTEÚDO DOS DVD-ROMs

Este arquivo apresenta a relação do conteúdo dos arquivos digitais que compõem o acervo do Projeto Aerogeofísico Oeste de Tucano.

Um total de 2 DVD-ROMs e 1 CD-ROM compõem a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

Mídia	Conteúdo
CD#01	- Relatório Final
DVD#01	- Banco de Dados <i>Geosoft</i> - Grids - Mapas <i>Geosoft</i> (<i>Todas as Escalas</i>) - Arquivo de Metadados do Projeto
DVD#2	- Arquivos de Mapas no Formato PDF - Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000 e 1:250.000 <i>Geosoft</i> PLY - Arquivos com as Articulações da Folhas 1:100.000 e 1:250.000 (PDF) - Arquivos de Plotagem de Mapas HPGL - Arquivos XYZ – Magnetometria , Cruzamentos e Gamaespectrometria

Estrutura dos Arquivos de Mapas:

- A codificação para os arquivos de mapas é apresentada a seguir, onde o asterisco presente refere-se a codificação das folhas:
 - 1013_*_1DV = 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)
 - 1013_*_Mag = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)
 - 1013_*_Sinal = Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)
 - 1013_*_MDT = Modelo Digital do Terreno
 - 1013_*_CT = Contagem Total ($\mu\text{R/h}$)
 - 1013_*_Kperc = Potássio (%)
 - 1013_*_eU = Urânio (ppm)
 - 1013_*_eTh = Tório (ppm)
 - 1013_*_ThKRAZAO = Razão Tório/Potássio
 - 1013_*_UThRAZAO = Razão Urânio/Tório
 - 1013_*_UKRAZAO = Razão Urânio/Potássio
 - 1013_*_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)
 - 1013_*_PATH = Traços das Linhas de Vôo

Exemplos:

1013_SC24VD3_Mag.MAP – *Geosoft* MAP da Folha SC.24-V-D-III Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

1013_SC24VD_Sinal.MAP – *Geosoft* MAP da Folha SC.24-V-D Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

10913_ThK_500.MAP – *Geosoft* MAP da Folha Única na Escala 1:500.000 da Razão Tório/Potássio

Observações:

- A codificação para os arquivos PRN segue a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas *Geosoft* (*.MAP)
- A sigla HPGL significa: *Hewlett-Packard Graphics Language* ©.
- O prefixo 1096 em todos os arquivos corresponde ao nº do projeto na Base Aero da CPRM.

Arquivos de GRIDS:

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1013_Mag.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1013_1DV.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1013_Sinal.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1013_CT.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	µR/h
1013_Kperc.grd	Concentração de Potássio	%
1013_eU.grd	Concentração de Urânio	ppm
1013_eTh.grd	Concentração de Tório	ppm
1013_ThKRAZAO.grd	Razão Tório/Potássio	-
1013_UKRAZAO.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1013_UTHRAZAO.grd	Razão Urânio/Tório	-
1013_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m

Arquivos de Banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1013_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1013_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1013_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1013_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1013_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
1013_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1013_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1013_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1013_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

Arquivos de Cruzamentos:

Arquivo	Conteúdo
1013_Cruzamentos_20.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

Arquivos de Poligonais :

Arquivo	Conteúdo
SC24VD3.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-V-D-III
SC24VD6.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-V-D-VI
SC24XC1.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-X-C-I
SC24XC4.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-X-C-IV
SC24YB3.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Y-B-III
SC24YB6.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Y-B-VI
SC24YD3.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Y-D-III
SC24YD6.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Y-D-VI
SC24ZA1.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Z-A-I
SC24ZA4.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Z-A-IV
SC24ZC1.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Z-C-I
SC24ZC4.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Z-C-IV
SC24VD.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-V-D
SC24XC.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-X-C
SC24YB.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Y-B
SC24YD.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Y-D
SC24ZA.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Z-A
SC24ZC.PLY	Polígono Referente à Folha SC.24-Z-C

ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO

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

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
L10010	5	3861	7924
L10011	6	3572	4045
L10020	6	5063	9600
L10030	6	9976	11280
L10031	8	3472	6671
L10040	12	2282	6515
L10041	14	2683	3100
L10050	12	6704	10516
L10051	14	13227	13698
L10060	14	3293	7828
L10070	14	8183	11273
L10071	14	11852	13033
L10080	15	2069	6099
L10081	15	10916	11384
L10090	15	6445	10686
L10100	16	2786	6759
L10101	16	11534	11999
L10110	16	7099	11362
L10120	17	2267	6399
L10121	17	11165	11643
L10130	17	6738	10975
L10140	18	2691	3970
L10141	29	2138	2582
L10142	31	9093	11978
L10150	20	2653	3645
L10151	20	5978	6720
L10152	31	6001	8870
L10160	20	4189	5871
L10161	31	12159	14436
L10162	36	4755	5283
L10170	21	2169	3745
L10171	31	2608	5619
L10180	21	4235	5702
L10181	32	2493	5438
L10190	21	5828	7420
L10191	32	5585	8574
L10200	21	7817	9337
L10201	33	2209	5200
L10210	21	9445	10998
L10211	33	6380	9372

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
L10220	21	11356	12839
L10221	33	9581	12644
L10230	22	2515	7042
L10240	22	7573	11675
L10241	33	5313	5732
L10250	23	2090	6611
L10260	23	6722	11127
L10270	24	2409	6988
L10280	24	7081	11668
L10290	25	2050	6557
L10300	25	6651	11122
L10310	26	2223	4099
L10311	33	12763	15392
L10320	26	4327	5985
L10321	36	5600	6425
L10322	36	6825	8823
L10330	26	6097	10710
L10340	26	10816	15193
L10350	27	1909	6434
L10360	27	6686	11062
L10370	28	2161	4341
L10371	34	3793	6258
L10380	28	4596	6606
L10381	34	8821	11205
L10390	28	6880	10552
L10391	34	6382	7328
L10400	28	10851	14300
L10401	34	7635	8582
L10410	29	2884	7483
L10420	29	7605	11941
L10430	30	2404	4257
L10431	35	2644	5406
L10440	30	4907	6682
L10441	35	5519	8156
L10450	36	9778	13339
L10451	57	5093	5856
L10460	37	1422	6038
L10470	37	6408	10776
L10480	38	2259	6941
L10490	38	7085	9511

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
L10491	38	10407	12385
L10500	39	2326	6945
L10510	39	7488	11867
L10520	40	2503	4411
L10521	40	5164	7976
L10530	40	8275	12647
L10540	41	2317	7048
L10550	41	7271	11629
L10560	42	2770	7386
L10570	42	7565	12063
L10580	43	2300	6852
L10590	43	7112	11608
L10600	44	1979	6623
L10610	44	6832	11259
L10620	46	2796	7355
L10630	46	7526	11884
L10640	47	2302	6851
L10650	47	7074	11493
L10660	48	2005	6606
L10670	48	6856	11283
L10680	54	2582	7333
L10690	54	7608	9899
L10691	54	10163	12339
L10692	66	4669	4931
L10700	55	2369	4157
L10701	57	2218	4860
L10710	55	4367	6144
L10711	57	7316	9861
L10720	56	2278	6636
L10730	56	6856	11106
L10740	59	2181	6975
L10750	59	7144	11728
L10760	59	11877	13543
L10761	60	2544	4267
L10762	64	8974	10216
L10770	60	4523	7597
L10771	64	7502	8655
L10780	60	7744	10467
L10781	66	9790	11592
L10790	60	10666	13238

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
L10791	66	7898	9592
L10800	61	2261	6990
L10810	61	7136	11486
L10820	61	11635	14323
L10821	62	9930	11945
L10830	61	14571	17063
L10831	62	7317	9175
L10840	62	2403	7130
L10850	62	12045	14513
L10851	63	2734	4554
L10860	63	4700	9145
L10870	63	9229	13407
L10880	64	2699	7393
L10890	64	10348	14639
L10900	65	2175	5192
L10901	67	9027	10661
L10910	65	5294	8047
L10911	67	6870	8472
L10920	66	2006	4465
L10921	66	5576	7772
L10930	66	11831	16060
L10940	67	1993	6669
L10950	67	11287	13853
L10951	68	2442	4252
L10960	68	4475	8811
L10970	68	8957	13190
L10980	70	4677	9213
L10990	70	9497	13844
L11000	71	1801	6084
L11010	71	6350	10611
L11020	72	2091	6522
L11030	72	6703	11006
L11040	72	11151	12545
L11041	75	1937	4964
L11050	72	12631	13961
L11051	75	5121	8124
L11060	74	1926	6265
L11070	74	6686	11106
L11080	74	11264	12658
L11081	75	8569	11605

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
L11090	74	12776	14112
L11091	75	11796	14788
L11100	76	1870	6219
L11110	76	6382	10840
L11120	76	10992	12756
L11121	77	1335	3992
L11130	76	13061	14765
L11131	77	4084	6183
L11132	88	4275	4806
L11140	78	2074	6523
L11150	78	6718	11085
L11160	78	11242	15712
L11170	78	15779	16840
L11171	79	7405	10772
L11180	79	1942	6317
L11190	79	10985	13032
L11191	80	9224	11598
L11200	79	13194	15239
L11201	80	6338	8764
L11210	80	1715	6184
L11220	80	11775	16133
L11230	80	16237	16942
L11231	81	1604	5343
L11240	81	5556	9991
L11250	81	10219	11617
L11251	82	2231	5499
L11260	82	5648	9915
L11270	82	10098	12245
L11271	83	9183	11605
L11280	82	12401	14363
L11281	83	6411	8693
L11290	83	1625	6261
L11300	83	11718	14598
L11301	84	2291	3607
L11310	84	3776	8363
L11320	84	8540	12789
L11330	84	12963	15100
L11331	86	9148	11526
L11340	84	15186	17125
L11341	86	6235	8569

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
L11350	85	1736	6135
L11360	85	6496	10738
L11370	86	1669	6065
L11380	86	11688	14658
L11381	97	9052	10408
L11390	88	1613	3957
L11391	88	5512	7580
L11400	88	7678	12013
L11410	88	12136	13355
L11411	89	1850	5057
L11420	88	13579	14884
L11421	89	5162	8130
L11430	89	8781	9976
L11431	90	5783	9081
L11440	89	10113	11487
L11441	90	2524	5546
L11450	90	9363	12620
L11451	91	1726	2816
L11460	90	12783	16209
L11461	91	3392	4467
L11470	91	4619	8972
L11480	91	9153	10639
L11481	92	4443	7447
L11490	92	7629	11852
L11500	92	12076	15099
L11501	93	2317	3634
L11510	93	3831	8202
L11520	93	8403	11223
L11521	94	2866	4297
L11530	94	4506	8944
L11540	94	9129	12712
L11541	95	2248	2944
L11550	95	3145	7638
L11560	95	7822	11582
L11561	96	1839	2404
L11570	96	2590	7001
L11580	96	7181	11472
L11590	96	11916	13697
L11591	97	1760	4379
L11600	97	4542	8831

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
L11610	98	1974	6308
L11620	98	6719	11041
L11630	98	11205	12972
L11631	99	2281	4874
L11640	11	12883	17232
L11650	6	13016	15784
L11651	11	10873	12585
L11660	5	15834	17811
L11661	11	3651	4732
L11662	99	5075	5620
L11663	99	7569	8344
T19010	5	8468	9631
T19020	5	9917	11027
T19030	5	11363	12510
T19040	5	13007	14101
T19050	5	14333	15495
T19060	8	7546	8717
T19070	8	8968	10057
T19080	8	10357	11510
T19090	8	11786	12873
T19100	8	13096	14259
T19110	10	3543	4623
T19120	6	11632	12790
T19130	10	5094	5687
T19131	36	3308	3896
T19140	10	6552	7641

LINHA	VÔO	FIDUCIAL INICIAL	FIDUCIAL FINAL
T19150	10	7877	9124
T19160	10	9314	10412
T19170	10	10658	11900
T19180	11	8737	9828
T19181	34	3144	3254
T19190	9	8608	9816
T19200	9	7289	8390
T19210	9	5866	7069
T19220	9	4508	5613
T19230	9	2984	4183
T19240	9	1619	2727
T19250	7	8086	9239
T19260	7	6726	7819
T19270	7	5289	6447
T19280	7	3914	5002
T19290	7	2462	3661
T19300	7	1149	2229
T19310	5	2130	3248
T19320	11	5757	6454
T19321	29	951	1371
T19330	8	1901	3005
T19340	6	1971	3066