



**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 MÉDIO SÃO FRANCISCO**

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

**VOLUME I**

**TEXTO TÉCNICO**

**2009  
LASA ENGENHARIA E 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

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

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

José Ribeiro Mendes  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

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

Reinaldo Santana Correa de Brito  
Departamento de Recursos Minerais - DEREM

Maria Laura Vereza de Azevedo  
Divisão de Geofísica - DIGEOF

**Superintendências Regionais**

Manfredo Ximenes Ponte  
Superintendente de Belém

Marcelo de Araújo Vieira  
Superintendente de Belo Horizonte

Maria Abadia Camargo  
Superintendente de Goiânia

Marco Antonio de Oliveira  
Superintendente de Manaus

José Alcides Fonseca Ferreira  
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

## APRESENTAÇÃO

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 o de Levantamentos Geofísicos.

De acordo com o *Programa de Atividades Técnicas 2006 (PAT 2006)*, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 17 de Julho de 2008, celebrou com a LASA Engenharia e Prospecções S.A. o Contrato nº 031/PR/08 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco*, o qual localiza-se ao norte do Estado da Bahia, compreendendo também parte do Estado de Pernambuco e parte do Estado do Piauí, na Região Nordeste do Brasil.

Para a etapa de aquisição de dados foi utilizada uma aeronave de propriedade da LASA Engenharia e Prospecções S.A., o Cessna Caravan 208, prefixo PR-FAK, a qual realizou o projeto no período entre 25.09.2008 e 16.01.2009, totalizando 74.740 km de perfis.

Como bases de operações para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas as cidades de Petrolina (PE) e Remanso (BA). Foi empregado magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de césio da SCINTREX, modelo CS-2 e gamaespectrômetro da Radiation Solution, modelo RS-500, de 256 canais espectrais, bem como o sistema de navegação GPS com receptor de 12 canais da marca Trimble AgGPS-132.

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 283,93 hs de voo, que resultaram no levantamento efetivo de 74.740 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM - Serviço Geológico do Brasil em uma área de 35.059 km<sup>2</sup>. O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de fevereiro e março de 2009.

Os produtos finais do Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (4 exemplares), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a XV), 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 ao milionésimo 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 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 Vôo (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, exceto o Relatório Final do Projeto, gravado em CD-ROM individual.

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

**PROJETO AEROGEOFÍSICO MÉDIO SÃO FRANCISCO**

**ÍNDICE DOS VOLUMES**

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

**VOLUME XII**

**ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**

- MAPA DE CONTOURNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)  
(Folhas I a III)
- MAPA DE CONTOURNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)  
(Folhas I a III)
- MAPA DE CONTOURNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)  
(Folhas I a III)

**VOLUME XIII**

**ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**

- MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL  
(Folhas I a III)
- MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO  
(Folhas I a III)
- MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO  
(Folhas I a III)
- MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO  
(Folhas I a III)

**VOLUME XIV**

**ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**

- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO  
(Folhas I a III)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO  
(Folhas I a III)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO  
(Folhas I a III)

**VOLUME XV**

**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 MÉDIO SÃO FRANCISCO**

**VOLUME I - TEXTO TÉCNICO**

**SUMÁRIO**

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>AQUISIÇÃO DE DADOS.....</b>	<b>4</b>
2.1	Características do Levantamento .....	4
2.2	Equipamentos Utilizados .....	4
2.2.1	Aeronave.....	5
2.2.2	Aeromagnetômetro .....	5
2.2.3	Aerogamaespectrômetros .....	6
2.2.4	Sistemas de Aquisição de Dados .....	6
2.2.5	Sistema de Vídeo .....	7
2.2.6	Altímetros .....	8
2.2.7	Sistema de Navegação e Posicionamento.....	8
2.2.8	Magnetômetro Terrestre .....	8
2.3	Planejamento e Mobilização .....	8
2.3.1	Elaboração do Plano de Voo.....	9
2.3.2	Estatística das Operações.....	9
2.3.3	Mapa do Projeto de Voo .....	11
2.3.4	Testes dos Equipamentos.....	11
2.3.5	Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores ( <i>downward</i> e <i>upward</i> ) .....	22
2.3.6	Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i> .....	23
2.3.7	Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i> .....	25
2.4	Compilação de Dados .....	25
2.5	Equipe Técnica na Base de Operações.....	27
<b>3</b>	<b>PROCESSAMENTO DE DADOS.....</b>	<b>28</b>
3.1	Fluxo de Processamento.....	28
3.1.1	Preparação do Banco de Dados do Levantamento.....	28

3.1.2	Processamento dos Dados Magnetométricos.....	28
3.1.2.1	Correção do Erro de Paralaxe .....	28
3.1.2.2	Remoção da Variação Magnética Diurna.....	29
3.1.2.3	Nivelamento dos Perfis .....	29
3.1.2.4	Micronivelamento dos Perfis .....	30
3.1.2.5	Remoção do IGRF .....	30
3.1.3	Processamento dos Dados Gamaespectrométricos .....	30
3.1.3.1	Correção do Tempo Morto.....	31
3.1.3.2	Aplicação de Filtragem .....	31
3.1.3.3	Correção do Erro de Paralaxe .....	31
3.1.3.4	Cálculo da Altura Efetiva ( $h_e$ ) de Vôo .....	31
3.1.3.5	Remoção do Background da Aeronave e Cósmico .....	31
3.1.3.6	Remoção do <i>Background</i> do Radônio.....	32
3.1.3.7	Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> ( $a_1$ e $a_2$ ).....	33
3.1.3.8	Correção do Efeito <i>Compton</i> .....	34
3.1.3.9	Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica).....	34
3.1.3.10	Conversão para Concentração de Elementos .....	35
3.1.4	Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K.....	36
3.2	Interpolação e Contorno.....	36
3.3	Arquivo Final de Dados .....	36
3.4	Equipe Envolvida no Processamento dos Dados.....	37
<b>4.</b>	<b>CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>5.</b>	<b>PRODUTOS FINAIS.....</b>	<b>40</b>
5.1	Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzidos do IGRF).....	43
5.2	Mapas Radiométricos das Concentrações de K, eU, eTh e Contagem Total .....	44
5.3	Mapa Radiométrico Ternário .....	44
5.4	Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K.....	44
5.5	Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno .....	44
5.6	Mapa de Traço de Linhas de Vôo .....	44
5.7	Relatório Final.....	45
5.8	Arquivos Digitais Finais .....	45
5.9	Arquivos de Poligonais .....	49
5.10	Produtos Originais.....	49
<b>6.</b>	<b>PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.....</b>	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>

<b>ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO GAMAESPECTRÔMETRO .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO I-a - RESULTADO DOS TESTES DA RESOLUÇÃO DOS CRISTAIS DETECTORES (DOWNWARD e UPWARD).....</b>	<b>56</b>
Aeronave: PR-FAK .....	57
<b>ANEXO I-b - RESULTADO DO TESTE DOS COEFICIENTES DE ESPALHAMENTO <i>COMPTON</i>.....</b>	<b>59</b>
Aeronave: PR-FAK .....	60
<b>ANEXO I-c - DETERMINAÇÃO DOS <i>BACKGROUNDS</i> DA AERONAVE E CÓSMICO.....</b>	<b>68</b>
Aeronave: PR-FAK .....	69
<b>ANEXO I-d - DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO .....</b>	<b>73</b>
Aeronave: PR-FAK .....	74
<b>ANEXO I-e - CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES .....</b>	<b>80</b>
Aeronave: PR-FAK .....	86
<b>ANEXO I-f - ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADOS DOS TESTES.....</b>	<b>91</b>
Aeronave: PR-FAK .....	93
<b>ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS .....</b>	<b>97</b>
<b>Anexo II-a – Teste de Altímetros.....</b>	<b>97</b>
Teste de Altímetro – PR-FAK .....	98
<b>Anexo II-b – Compensação Magnética .....</b>	<b>101</b>
Compensação Magnética – PR-FAK.....	102
<b>Anexo II-c – Teste de Paralaxe.....</b>	<b>108</b>
Paralaxe – PR-FAK .....	109
<b>ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO IV – CONTEÚDO DOS DVD-ROMs.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO .....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO VI – LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS NO PROCESSAMENTO .....</b>	<b>122</b>

## ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico. ....	1
Figura 2 - Vértices do Projeto .....	2
Figura 3 – Aeronave Cessna C208B Caravan – PR-FAK.....	5
Figura 4 – Mapa das Linhas de Vôo.....	9
Figura 5 - Gráfico da Estatística das Operações.....	10
Figura 6 - Movimentos de Roll, Pitch e Yaw .....	12
Figura 7 - Fluxograma do Processamento de Dados .....	38
Figura 8 – Cronograma Geral das Operações.....	39
Figura 9 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000.....	43
Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000.....	43
Figura 11 - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) .....	50
Figura 12 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF).....	50
Figura 13 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total.....	51
Figura 14 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY Invertido).....	51
Figura 15 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio.....	52
Figura 16 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno .....	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.....	6
Tabela 4 - Quilometragem Produzida e Área Levantada. ....	9
Tabela 5 - Estatística das Operações. ....	10
Tabela 6 – Testes de Manobras. ....	13
Tabela 7 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo.....	14
Tabela 8 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativa.....	18
Tabela 9 - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis. ....	23
Tabela 10 – Coeficientes de Espalhamento Compton. ....	24
Tabela 11 - <i>Background</i> da Aeronave e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> . ....	24
Tabela 12 - Constantes de Calibração do Radônio.....	33
Tabela 13 – Coeficientes <i>Skyshine</i> . ....	33
Tabela 14 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica. ....	35
Tabela 15 - Coeficientes de Sensibilidade.....	35
Tabela 16 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.....	36
Tabela 17 – Zonas UTM das Folhas Cartográficas. ....	40
Tabela 18 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.....	41
Tabela 19 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.....	42
Tabela 20 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Magnetometria. ....	47
Tabela 21 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria. ....	48
Tabela 22 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais. ....	49
Tabela 23 – Arquivo de Cruzamentos XYZ – Magnetometria. ....	49

## 1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico abrange a porção norte do Estado da Bahia e parte dos Estados de Pernambuco e Piauí, localizados na região Nordeste do Brasil, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 74.740,00 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de vôo e controle espaçadas de 500 m e 10 km, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada. A altura de vôo foi fixada em 100 m sobre o terreno.

Uma equipe participou do levantamento, utilizando a aeronave Cessna C208B Caravan prefixo PR-FAK tendo realizado seus trabalhos entre 25/09/2008 e 16/01/2009.

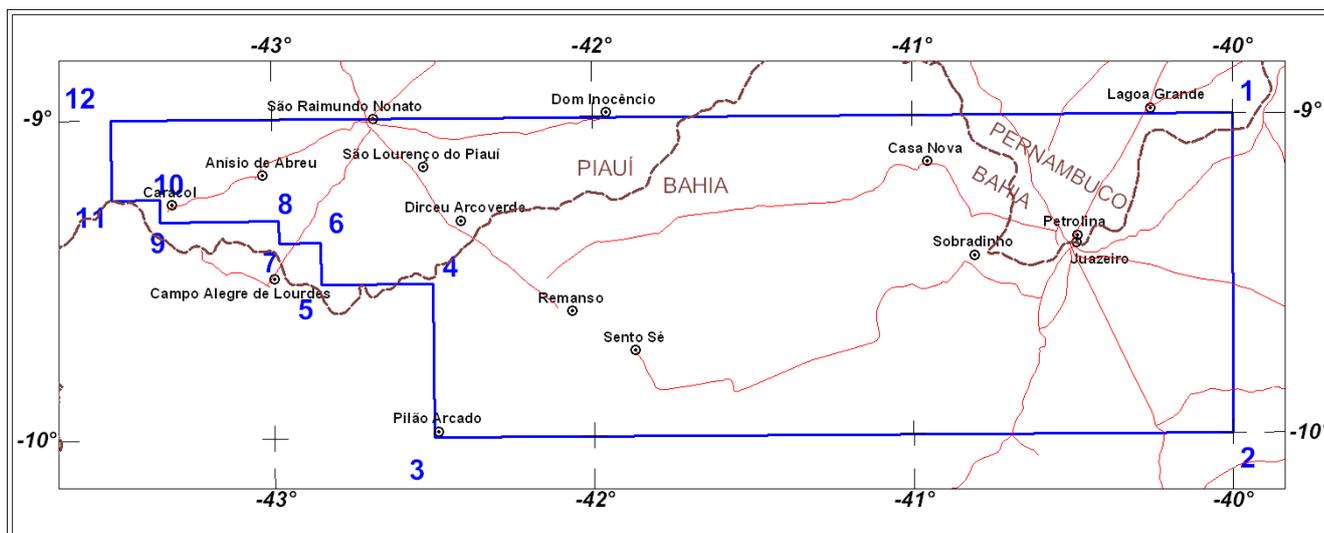


Figura 2 - Vértices do Projeto

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto.

VÉRTICE	LATITUDE	LONGITUDE
1	-09°00'00''	-40°00'00''
2	-10°00'00''	-40°00'00''
3	-10°00'00''	-42°30'00''
4	-09°31'12''	-42°30'00''
5	-09°31'12''	-42°51'00''
6	-09°23'24''	-42°51'00''
7	-09°23'24''	-42°58'48''
8	-09°09'12''	-42°58'48''
9	-09°09'12''	-43°21'00''
10	-09°15'00''	-43°21'00''
11	-09°15'00''	-43°30'00''
12	-09°00'00''	-43°30'00''

Para a realização das atividades, foram utilizadas as cidades de Petrolina (PE) e Remanso (BA) como bases de operações.

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. Duas estações fixas para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foram instaladas nas bases de operações utilizadas durante o levantamento.

As calibrações do sistema detector aerogamaespectrométrico 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 Engenharia e Prospecções S.A., no Rio de Janeiro, e envolveu a aplicação das rotinas do sistema *GEOSOFT Oasis Montaj* (versão 5.1.8), 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 utilizados para 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 Médio São Francisco.

Tabela 2 - Equipamentos Utilizados.

Prefixo da Aeronave	<b>PR-FAK</b>
Modelo da Aeronave	Caravan C208B
Fabricante da Aeronave	Cessna
Aeromagnetômetro	Scintrex CS-2
Gamaespectrômetro	Radiation Solution RS-500
Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio	2.048 pol <sup>3</sup> <i>down</i> e 512 pol <sup>3</sup> <i>up</i>
Sistema de Navegação	FASDAS
Sistema de Aquisição GPS	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”
Câmera de Vídeo	Panasonic CP474
Radar Altímetro	King 405
Altímetro Barométrico	Fugro/Enviro
Magnetômetro Terrestre de Prótons <i>Overhauser</i>	GEM Systems GSM-19
Sistema de Aquisição	FASDAS

### 2.2.1 Aeronave

O levantamento foi efetuado pela aeronave Cessna, modelo C208 Caravan, prefixo PR-FAK (Figura 3). Esta aeronave é um turbo-hélice de 675 SHP, monomotor, de asa alta, trem de pouso fixo, operando a uma velocidade média de 270 km/h, com autonomia de 6,5 horas.



Figura 3 – Aeronave Cessna C208B Caravan – PR-FAK.

### 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 compensador e integrado aos outros dados pelo sistema de aquisição FASDAS:

Sensor: Scintrex CS-2  
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 7,4 m no terreno.

### 2.2.3 Aerogamaespectrômetros

Foi utilizado o gamaespectrômetro Radiation Solution, modelo RS-500, 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 dos gamaespectrômetros 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 deste equipamento são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 74 metros no terreno.

Cada sistema detector voltado para baixo (*downward looking*) é constituído por dois conjuntos de cristais de iodeto de sódio (NaI) de 1024 polegadas cúbicas, totalizando 2.048 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 rígido e posteriormente transferidos para o disco magnético, para efeito de *backup* e transferência dos dados para o computador de processamento.

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	Barômetro	mBar
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 PR-FAK utiliza-se de um sistema de vídeo VHS, modelo Panasonic CP474, constituído por câmera de alta definição acoplada ao gravador. Monitores de 5" estão disponíveis nas cabines para visualização em tempo real. A câmera é instalada em uma 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 incluído no sistema aerogeofísico. O radar altímetro utilizado pela aeronave PR-FAK foi o KING, modelo 405. 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. A aeronave utilizou o modelo FUGRO/ENVIRO apresentando precisão e alcance equivalentes 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 pelos respectivos sistemas de aquisição de dados e enviadas aos computadores de navegação, ficando disponíveis aos pilotos através de indicadores analógicos e das telas dos computadores.

As coordenadas GPS (latitude/longitude) são armazenadas nos discos rígidos dos sistemas 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 foram utilizados dois magnetômetros portáteis GEM, modelo GSM-19 de resolução de 0,1 nT e envoltória de ruídos em nível equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a intervalos de 3 segundos e armazenadas na memória do próprio equipamento.

Os magnetômetros foram instalados nos aeroportos de Petrolina (PE) e Remanso (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 das bases de operação, instaladas nas cidades de Petrolina (PE) e Remanso (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 119, de 24.07.2008.

### 2.3.1 Elaboração do Plano de Vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco foram programadas 774 linhas de vôo e 11 linhas de controle, totalizando 74.740,00 km de perfis geofísicos, conforme a Tabela 4 a seguir. A Figura 4 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

Tabela 4 - Quilometragem Produzida e Área Levantada.

Área (km <sup>2</sup> )	Total de Linhas de Vôo (km)	Total de Linhas de Controle (km)	Total de Linhas de Vôo+Controle (km)
35.058,78	71.230,00	3.510,00	74.740,00

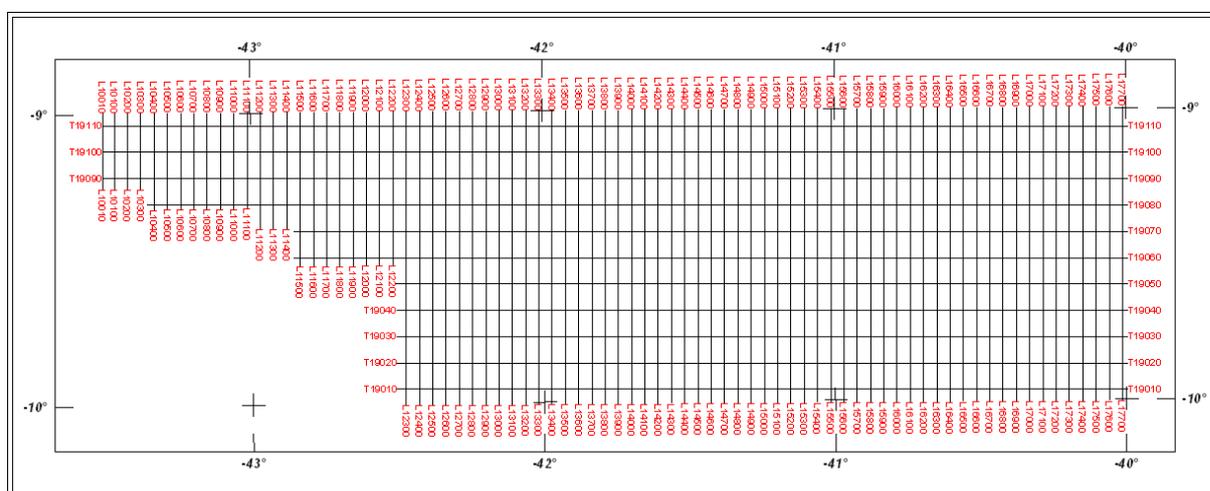


Figura 4 – Mapa das Linhas de Vôo.

### 2.3.2 Estatística das Operações

O Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco foi executado entre 25/09/2008 e 16/01/2009. Foram gastas cerca de 283,93 horas de vôo produtivo para a aquisição dos dados e testes. A Tabela 5 e o gráfico da Figura 5, a seguir, mostram as estatísticas obtidas durante a fase de aquisição dos dados.

Tabela 5 - Estatística das Operações.

Item	Indicadores do Levantamento	Nº Dias	%
1	Produção	73	64.04%
2	Meteorologia	3	2.63%
3	Manutenção de Aeronave	14	12.28%
4	Tempestade Magnética	0	0.00%
5	Falha de Equipamento	3	2.63%
6	Testes Contratuais	3	2.63%
7	Outros	18	15.79%
	Total*	114	100.00%

\* Número de dias despendido pela aeronave.

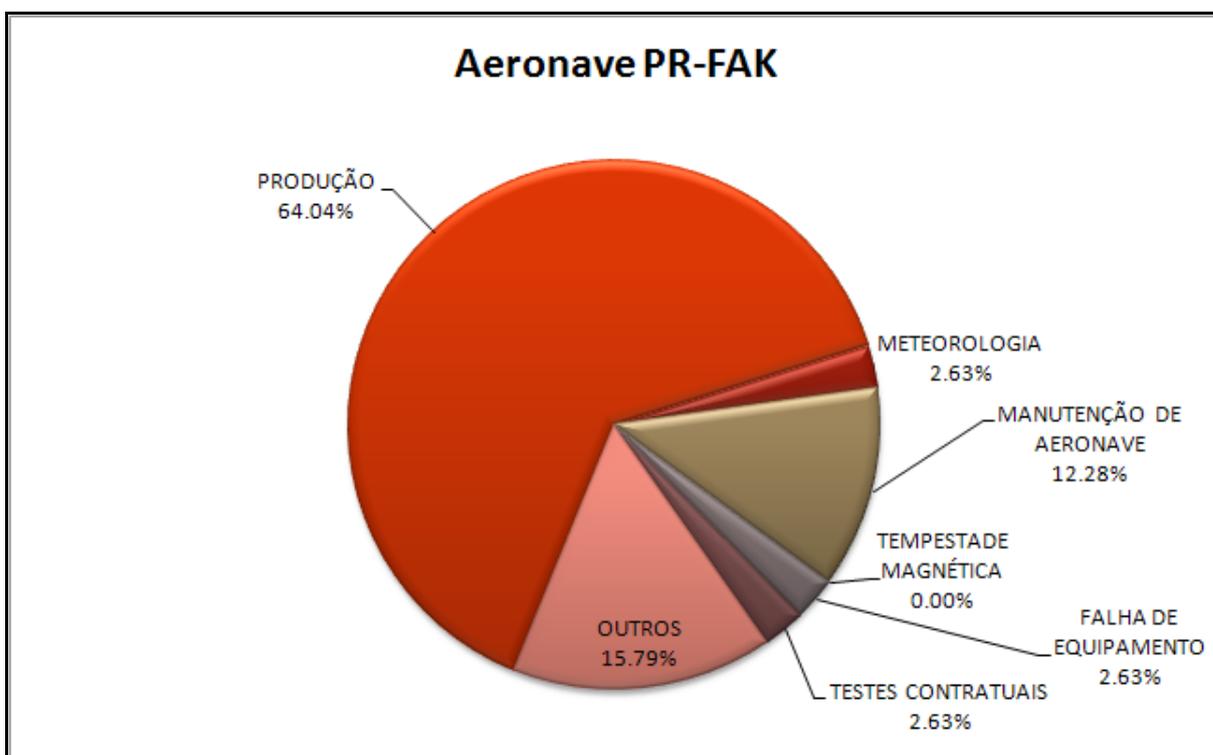


Figura 5 - Gráfico da Estatística das Operações.

### 2.3.3 Mapa do Projeto de Vôo

O mapa do projeto de vôo foi obtido por *software* específico (Geonave), calculando 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 projetadas no sistema cartográfico 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* de cada aeronave e usados para medir o acoplamento dos três eixos com o *background* do campo magnético na região. Os sensores *fluxgate* são muito sensíveis às mudanças de atitude sendo usados para monitorar acuradamente os efeitos decorrentes de tais mudanças. A resposta de frequência e amostragem do módulo utilizado para medir os sinais do *fluxgate* é equivalente ao do módulo de processamento do sensor de vapor de césio do magnetômetro da aeronave, havendo, portanto, perfeita sincronia dos eventos nos dois sistemas.

As séries de movimentos, envolvendo as manobras do tipo *Roll*, *Pitch* e *Yaw* (Figura 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.

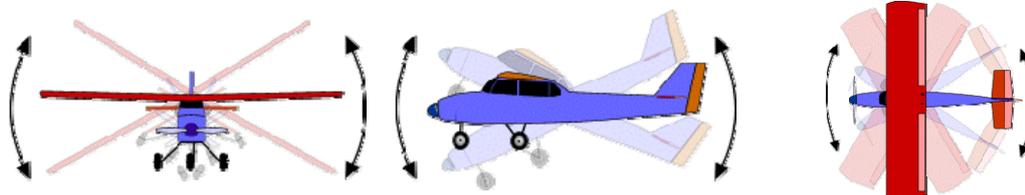


Figura 6 - Movimentos de Roll, Pitch e Yaw

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, de modo que seja efetuado pelo menos um conjunto 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 6 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

Tabela 6 – Testes de Manobras.

DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
25/09/2008	90°	0,04	0,03	0,06	0,13
	180°	0,04	0,05	0,07	0,16
	270°	0,04	0,04	0,07	0,15
	360°	0,04	0,04	0,04	0,12
<b>Somatório</b>					<b>0,56</b>
26/10/2008	90°	0,10	0,03	0,08	0,21
	180°	0,03	0,03	0,03	0,09
	270°	0,05	0,03	0,06	0,14
	360°	0,04	0,04	0,05	0,13
<b>Somatório</b>					<b>0,57</b>

#### 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 conseqüência, 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, ocorrem então defasagens 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 forma 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 para a aeronave PR-FAK. O resultado do teste é apresentado 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 7 apresenta os resultados desse teste.

Tabela 7 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo.

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
25/09/08	INICIO	5	147,71	69,22
	FIM		147,38	71,73
28/09/08	INICIO	8	147,33	69,69
	FIM		149,97	72,90
29/09/08	INICIO	9	149,94	70,38
	FIM		148,04	71,69
02/10/08	INICIO	10	149,53	68,79
	FIM		147,49	70,74
03/10/08	INICIO	11	151,55	71,14
	FIM		148,21	71,42
04/10/08	INICIO	12-13	147,24	69,05
	FIM		147,81	71,36
05/10/08	INICIO	14	148,31	70,24
	FIM		149,47	73,34
06/10/08	INICIO	15-16	149,40	71,38
	FIM		148,27	70,90
07/10/08	INICIO	17	148,81	69,26
	FIM		148,52	72,54
08/10/08	INICIO	19-20	148,32	67,62
	FIM		148,38	71,21
09/10/08	INICIO	21-22	148,76	70,96
	FIM		147,49	72,01
10/10/08	INICIO	23-24	145,80	69,77
	FIM		150,48	72,18
11/10/08	INICIO	25	149,82	70,11
	FIM		147,41	70,71
13/10/08	INICIO	26-27	147,23	70,71
	FIM		149,12	72,63
14/10/08	INICIO	28-29	147,49	68,93
	FIM		147,87	70,58
15/10/08	INICIO	30-31	146,89	72,29
	FIM		149,95	71,04
16/10/08	INICIO	32	147,87	68,94
	FIM		147,79	71,60
17/10/08	INICIO	34	150,01	68,94
	FIM		146,74	71,06
18/10/08	INICIO	35	147,11	71,08
	FIM		147,50	72,25
19/10/08	INICIO	36	147,65	70,86
	FIM		147,27	74,27
20/10/08	INICIO	37-38	148,18	71,15
	FIM		151,56	70,81
21/10/08	INICIO	39-40	150,48	70,31
	FIM		146,42	71,50

<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
22/10/08	INICIO	43	148,61	69,68
	FIM		148,32	71,38
08/11/08	INICIO	73	146,55	71,04
	FIM		149,63	72,57
09/11/08	INICIO	74	149,76	72,75
	FIM		-	-
09/11/08	INICIO	75	-	-
	FIM		148,89	72,29
11/11/08	INICIO	76	148,29	71,93
	FIM		-	-
11/11/08	INICIO	77	-	-
	FIM		149,83	74,48
12/11/08	INICIO	78	148,34	72,03
	FIM		-	-
12/11/08	INICIO	79	-	-
	FIM		146,88	74,92
13/11/08	INICIO	80	150,83	72,47
	FIM		-	-
13/11/08	INICIO	81	-	-
	FIM		149,09	73,16
14/11/08	INICIO	82	151,59	71,61
	FIM		-	-
14/11/08	INICIO	83	-	-
	FIM		147,53	73,30
15/11/08	INICIO	84	149,19	70,81
	FIM		-	-
15/11/08	INICIO	85	-	-
	FIM		148,79	71,27
16/11/08	INICIO	86	146,55	71,91
	FIM		-	-
16/11/08	INICIO	87	-	-
	FIM		148,13	73,12
21/11/08	INICIO	90-91	148,07	71,35
	FIM		146,75	73,96
22/11/08	INICIO	92-93	148,06	69,62
	FIM		146,71	72,95
23/11/08	INICIO	94-95	150,36	71,51
	FIM		148,40	72,41
24/11/08	INICIO	96-97	147,29	71,04
	FIM		149,18	71,02
26/11/08	INICIO	99-101	146,02	69,05
	FIM		148,69	72,07
27/11/08	INICIO	103-104	147,58	71,61
	FIM		148,02	71,62

<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
30/11/08	INICIO	107-108	148,25	71,76
	FIM		149,86	74,38
01/12/08	INICIO	110	148,65	78,88
	FIM		148,79	73,96
04/12/08	INICIO	111-112	148,40	74,81
	FIM		148,07	73,14
05/12/08	INICIO	113-114	146,67	77,95
	FIM		150,20	75,87
06/12/08	INICIO	115	148,16	71,90
	FIM		145,14	70,89
07/12/08	INICIO	117	149,55	70,75
	FIM		147,51	72,87
08/12/08	INICIO	118-119	154,31	72,40
	FIM		149,82	73,66
09/12/08	INICIO	120-121	148,27	69,40
	FIM		150,34	71,68
10/12/08	INICIO	122	148,25	70,67
	FIM		150,20	71,04
11/12/08	INICIO	123	145,22	69,99
	FIM		153,09	75,12
12/12/08	INICIO	124	149,24	73,18
	FIM		149,45	73,79
13/12/08	INICIO	126	149,77	74,21
	FIM		148,00	74,83
14/12/08	INICIO	127-128	150,53	71,94
	FIM		149,40	72,89
15/12/08	INICIO	129-130	149,83	71,65
	FIM		149,19	72,52
20/12/08	INICIO	135	148,84	70,80
	FIM		150,19	71,18
21/12/08	INICIO	136	149,37	72,78
	FIM		149,44	71,80
03/01/09	INICIO	138	149,60	75,71
	FIM		148,90	77,37
04/01/09	INICIO	139	150,39	77,13
	FIM		-	-
05/01/09	INICIO	141	149,33	76,47
	FIM		152,22	77,50
06/01/09	INICIO	142	147,91	73,32
	FIM		-	-
06/01/09	INICIO	143	-	-
	FIM		149,40	72,48
07/01/09	INICIO	144	150,39	72,11
	FIM		-	-

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
07/01/09	INICIO	145	-	-
	FIM		152,13	73,79
08/01/09	INICIO	146	149,68	71,38
	FIM		-	-
08/01/09	INICIO	147	-	-
	FIM		148,82	72,48
10/01/09	INICIO	148	149,67	72,27
	FIM		-	-
10/01/09	INICIO	149	-	-
	FIM		149,44	72,29
11/01/09	INICIO	150	147,57	69,49
	FIM		-	-
11/01/09	INICIO	151	-	-
	FIM		150,82	71,86
12/01/09	INICIO	152	146,41	70,47
	FIM		-	-
12/01/09	INICIO	153	-	-
	FIM		148,30	73,73
13/01/09	INICIO	154	149,06	72,33
	FIM		-	-
13/01/09	INICIO	155	-	-
	FIM		151,08	71,76
14/01/09	INICIO	156	150,29	72,17
	FIM		-	-
14/01/09	INICIO	157	-	-
	FIM		149,03	72,53
16/01/09	INICIO	158	149,81	69,88
	FIM		-	-
16/01/09	INICIO	159	-	-
	FIM		150,36	70,24

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 magnetométricos e radiométricos entre os testes iniciais e finais de cada vôo.

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico, estão relacionados na Tabela 8.

Tabela 8 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativa.

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Bases: Petrolina (PE)-Remanso (BA)</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
25/09/08	INÍCIO	5	50,34	35,37
	FIM		51,12	34,79
28/09/08	INÍCIO	8	50,97	34,74
	FIM		51,04	35,59
29/09/08	INÍCIO	9	50,16	38,12
	FIM		51,27	40,45
02/10/08	INÍCIO	10	52,78	36,18
	FIM		50,30	36,47
03/10/08	INÍCIO	11	49,77	35,43
	FIM		51,49	38,65
04/10/08	INÍCIO	12-13	53,79	36,41
	FIM		50,78	36,02
05/10/08	INÍCIO	14	49,92	34,35
	FIM		51,07	36,63
06/10/08	INÍCIO	15-16	50,18	34,52
	FIM		52,43	38,31
07/10/08	INÍCIO	17	49,76	36,13
	FIM		50,25	34,29
08/10/08	INÍCIO	19-20	52,15	36,14
	FIM		49,11	36,40
09/10/08	INÍCIO	21-22	53,42	35,81
	FIM		51,01	36,87
10/10/08	INÍCIO	23-24	50,38	34,90
	FIM		50,29	36,48
11/10/08	INÍCIO	25	50,55	34,22
	FIM		50,79	36,22
13/10/08	INÍCIO	26-27	49,25	35,44
	FIM		51,17	36,98
14/10/08	INÍCIO	28-29	51,09	35,19
	FIM		50,40	35,81
15/10/08	INÍCIO	30-31	50,80	36,53
	FIM		50,57	36,27
16/10/08	INÍCIO	32	51,93	37,17
	FIM		52,40	36,86
17/10/08	INÍCIO	34	50,39	36,34
	FIM		51,41	38,56

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Bases: Petrolina (PE)-Remanso (BA)</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
18/10/08	INÍCIO	35	51,88	35,83
	FIM		50,67	37,99
19/10/08	INÍCIO	36	52,68	38,54
	FIM		52,98	39,85
20/10/08	INÍCIO	37-38	50,56	36,10
	FIM		52,56	36,10
21/10/08	INÍCIO	39-40	50,88	34,70
	FIM		51,71	37,14
22/10/08	INÍCIO	43	51,61	36,05
	FIM		50,38	36,09
08/11/08	INÍCIO	73	48,65	37,22
	FIM		51,79	38,19
09/11/08	INÍCIO	74	48,87	37,44
	FIM		52,14	42,14
09/11/08	INÍCIO	75	-	-
	FIM		54,44	39,88
11/11/08	INÍCIO	76	52,32	37,63
	FIM		52,33	42,60
11/11/08	INÍCIO	77	-	-
	FIM		53,47	40,56
12/11/08	INÍCIO	78	52,29	35,69
	FIM		53,37	41,11
12/11/08	INÍCIO	79	-	-
	FIM		53,96	40,35
13/11/08	INÍCIO	80	52,11	36,78
	FIM		50,88	42,98
13/11/08	INÍCIO	81	-	-
	FIM		53,32	41,09
14/11/08	INÍCIO	82	55,58	38,72
	FIM		53,47	40,93
14/11/08	INÍCIO	83	-	-
	FIM		53,69	38,22
15/11/08	INÍCIO	84	51,85	37,46
	FIM		50,32	37,10
15/11/08	INÍCIO	85	-	-
	FIM		53,82	37,65
16/11/08	INÍCIO	86	48,60	36,85
	FIM		49,99	40,92

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Bases: Petrolina (PE)-Remanso (BA)</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
16/11/08	INÍCIO	87	-	-
	FIM		53,96	40,18
21/11/08	INÍCIO	90-91	49,04	35,63
	FIM		55,35	39,98
22/11/08	INÍCIO	92-93	52,35	37,81
	FIM		51,53	37,54
23/11/08	INÍCIO	94-95	50,41	34,11
	FIM		49,19	36,08
24/11/08	INÍCIO	96-97	50,06	36,56
	FIM		52,20	38,15
26/11/08	INÍCIO	99-101	51,93	36,04
	FIM		55,21	39,69
27/11/08	INÍCIO	103-104	53,02	36,48
	FIM		51,12	37,58
30/11/08	INÍCIO	107-108	48,13	39,30
	FIM		50,16	40,62
01/12/08	INÍCIO	110	49,47	37,37
	FIM		50,71	40,84
04/12/08	INÍCIO	111-112	48,63	38,51
	FIM		48,74	37,78
05/12/08	INÍCIO	113-114	49,11	46,80
	FIM		50,43	39,74
06/12/08	INÍCIO	115	50,16	35,57
	FIM		48,31	35,65
07/12/08	INÍCIO	117	49,69	34,66
	FIM		48,61	36,86
08/12/08	INÍCIO	118-119	51,37	36,07
	FIM		52,26	39,33
09/12/08	INÍCIO	120-121	50,20	35,67
	FIM		52,28	37,08
10/12/08	INÍCIO	122	48,94	34,92
	FIM		48,63	36,56
11/12/08	INÍCIO	123	50,34	36,88
	FIM		53,36	39,16
12/12/08	INÍCIO	124	50,89	36,44
	FIM		50,09	36,64
13/12/08	INÍCIO	126	51,38	36,63
	FIM		55,23	41,36

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Bases: Petrolina (PE)-Remanso (BA)</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
14/12/08	INÍCIO	127-128	48,11	35,95
	FIM		52,32	38,03
15/12/08	INÍCIO	129-130	49,99	36,29
	FIM		51,91	35,79
20/12/08	INÍCIO	135	50,09	36,01
	FIM		50,09	34,76
21/12/08	INÍCIO	136	47,56	34,49
	FIM		50,14	39,44
03/01/09	INÍCIO	138	52,09	41,66
	FIM		47,36	44,55
04/01/09	INÍCIO	139	49,82	43,96
	FIM		49,50	47,57
04/01/09	INÍCIO	140	-	-
	FIM		50,34	47,96
05/01/09	INÍCIO	141	50,91	45,62
	FIM		50,23	46,68
06/01/09	INÍCIO	142	50,41	40,93
	FIM		52,14	42,94
06/01/09	INÍCIO	143	-	-
	FIM		54,42	41,27
07/01/09	INÍCIO	144	50,60	38,20
	FIM		51,99	41,23
07/01/09	INÍCIO	145	-	-
	FIM		52,93	40,47
08/01/09	INÍCIO	146	51,65	36,35
	FIM		52,25	37,31
08/01/09	INÍCIO	147	-	-
	FIM		51,32	37,51
10/01/09	INÍCIO	148	51,89	36,95
	FIM		51,17	37,93
10/01/09	INÍCIO	149	-	-
	FIM		51,47	37,01
11/01/09	INÍCIO	150	50,63	36,18
	FIM		47,96	34,60
11/01/09	INÍCIO	151	-	-
	FIM		50,80	35,05
12/01/09	INÍCIO	152	56,62	39,07
	FIM		51,85	36,41

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Bases: Petrolina (PE)-Remanso (BA)</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
12/01/09	INÍCIO	153	-	-
	FIM		53,40	38,70
13/01/09	INÍCIO	154	51,21	36,51
	FIM		49,62	35,62
13/01/09	INÍCIO	155	-	-
	FIM		50,45	35,11
14/01/09	INÍCIO	156	51,20	35,35
	FIM		49,71	36,19
14/01/09	INÍCIO	157	-	-
	FIM		49,33	35,39
16/01/09	INÍCIO	158	50,71	36,29
	FIM		52,16	38,88
16/01/09	INÍCIO	159	-	-
	FIM		48,63	35,32

### 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 ( $^{208}\text{Tl}$ ) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para baixo” (*downward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol<sup>3</sup>) quanto para os “pacotes” ou “caixas” de 1024 pol<sup>3</sup> cada, bem como o espectro do cézio ( $^{137}\text{Cs}$ ) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para cima” (*upward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol<sup>3</sup>) quanto para o “pacote” ou “caixa” de 512 pol<sup>3</sup> no caso deste projeto.

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

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

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 cério 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* (2.048 pol<sup>3</sup>) ficaram abaixo de 7% e para os cristais detectores *upward looking* (512 pol<sup>3</sup>) ficaram abaixo de 12%, sendo, portanto estes testes aprovados. Os resultados dos testes de resolução encontram-se no Anexo I-a.

### 2.3.6 Calibração dos Detectores *Downward Looking*

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

- Calibração estática - Realizada no Aeroporto de Jacarepaguá (RJ). Após a determinação e aprovação dos cálculos da resolução dos cristais detectores *down* e *up* são realizados os testes que visam à determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton* do sistema detector. Para tal, 4 (quatro) tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio (<sup>40</sup>K), urânio (<sup>238</sup>U), tório (<sup>232</sup>Th) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração transportáveis utilizados, de propriedade da LASA Engenharia e Prospecções S.A., estão indicadas na Tabela 9:

Tabela 9 - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.

<b>FONTE PADRÃO</b>	<b>K (%)</b>	<b>eU (ppm)</b>	<b>eTh (ppm)</b>
<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 1.024 polegadas cúbicas e para o total de 2.048 polegadas cúbicas. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento *Compton* estão resumidos na Tabela 10. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

Tabela 10 – Coeficientes de Espalhamento Compton.

AERONAVE	DATA	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	a	b	g
PR-FAK	13/09/2008	0,2957 $\pm 0,0040$	0,4278 $\pm 0,0080$	0,7767 $\pm 0,0119$	0,0514 $\pm 0,0064$	0,0070 $\pm 0,0038$	0,0054 $\pm 0,0028$

- 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 3500, 5000, 7000, 8000, 10000, 12000 e 13000 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 11, 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 11 - *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*.

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAK (20/09/08)
Contagem Total	a (cps)	129,0839
	b	1,0431
Potássio	a (cps)	20,1901
	b	0,0592
Urânio	a (cps)	5,0463
	b	0,0471
Tório	a (cps)	0,0000
	b	0,0635
Urânio <i>upward</i>	a (cps)	1,2749
	b	0,0124

### **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 ( $\mu$ ) do sistema detector da aeronave, os quais são utilizados para a correção altimétrica (Anexo I-f).

### **2.3.7 Calibração dos Detectores *Upward Looking***

A calibração dos detectores aerogamaespectrométricos voltados para cima tem por finalidade estabelecer a relação entre as contagens observadas nos canais de contagem total, potássio, urânio e tório, medidas nos detectores normais da aeronave, com aquelas registradas pelo detector *upward*, resultantes da presença de radônio disperso no ar. Tal relação se expressa por um conjunto de coeficientes obtidos a partir de dados de 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/Gravador DVD-Vídeo.

## 2.5 Equipe Técnica na Base de Operações

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

Carlos Augusto Lemos de Carvalho	Supervisor de Operações
Anselmo Pereira Bezerra Filho Leonardo de Souza do Nascimento	Cordenadores de Equipe
Francisco Carlos Mateus	Engenheiro Eletrônico
Almir Luiz de Moura Nilton César Rodrigues Marques	Operadores de Equipamento
Abdel-Kader Assem A. dos Reis Moreira Amauri Moreira dos Santos André de Queiroz Almeida Antonio Donizete Rodrigues de Lima Carlos Belmiro Toscano de Oliveira Evandro José Dias da Costa Josenilson Aguiar de Souza Luiz Bologna Júnior	Pilotos
José Luiz Taranto Vianna Samuel Mota Severino José Leal Filho Sidney Lucas Ferreira	Mecânicos

### **3 PROCESSAMENTO DE DADOS**

#### **3.1 Fluxo de Processamento**

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco foi empregado o *software* OASIS MONTAJ versão 5.1.8 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<sub>c</sub>** = Valor do Campo Magnético Total corrigido do erro paralaxe,

**t<sub>0</sub>** = Tempo da Amostragem,

**I<sub>p</sub>** = 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 PR-FAK 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 25.053 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 versão 5.1.8 do sistema *GEOSOFT* consiste, basicamente, no ajuste das linhas de controle com base na média das diferenças (ou diferença de 1ª ordem) com as linhas de 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 decorragado, 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 700 m, referidos ao ano de 2005 e atualizados para a data de 20/11/2008 (2008,891).

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. No gamaespectrômetro Radiation Solution RS-500 esta correção é feita internamente ao aparelho durante a aquisição. Para efeito de cálculo posterior o valor do *live time* foi normalizado para todas as amostras em 1000 ms.

### 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 11 – *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<sub>r</sub>** - *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,

**a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>u</sub>, a<sub>t</sub>, b<sub>u</sub>, b<sub>t</sub>** - coeficientes de proporcionalidade, sendo que **b<sub>u</sub>** e **b<sub>t</sub>** são zerados e **a<sub>1</sub>** e **a<sub>2</sub>** 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.):

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

**u<sub>r</sub>** é a componente do radônio no urânio *up*, **U<sub>r</sub>**, **K<sub>r</sub>**, **T<sub>r</sub>** e **TC<sub>r</sub>** 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<sub>u</sub>**, **b<sub>k</sub>**, **b<sub>t</sub>** e **b<sub>tc</sub>**) devem ser zeradas (IAEA, op. cit., p. 27).

No cálculo dos coeficientes **a<sub>tc</sub>**, **a<sub>k</sub>**, **a<sub>u</sub>** e **a<sub>t</sub>** (Tabela 12) 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 12 - Constantes de Calibração do Radônio.

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAK
Contagem Total	$a_{tc}$	16,4130
Potássio	$a_k$	0,8964
Urânio <i>up</i>	$a_u$	0,2553
Tório	$a_t$	0,1916

### 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 13 abaixo.

Tabela 13 – Coeficientes *Skyshine*.

COEFICIENTE	PR-FAK
$a_1$	0,041
$a_2$	0,028

### 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:

- $\alpha$  - radiações de tório no urânio,
- $\beta$  - radiações de tório no potássio,
- $\gamma$  - 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 10 – 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 ( $H=0$ ),

$\mu$  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 ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 14 obtidos durante os testes realizados em Maricá (RJ). Os gráficos apresentam a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de vôo encontram-se no Anexo I-f.

Tabela 14 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
	PR-FAK (26/01/2009)
Contagem Total	-0,0069
Potássio	-0,0088
Urânio	-0,0073
Tório	-0,0070

### 3.1.3.10 Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores da aeronave PR-FAK 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 15 a seguir corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume total de 42 litros e dimensões de 10 cm x 10 cm x 40 cm cada), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.

Tabela 15 - Coeficientes de Sensibilidade.

Canal Radiométrico	SENSIBILIDADE	Unidade
	PR-FAK (26/01/2009)	
Contagem Total	154,87	cps / $\mu$ R/h CT
Potássio	45,25	cps / %K
Urânio	9,92	cps / ppm eU
Tório	3,00	cps / ppm eTh

Para calcular a “taxa de exposição”(Exposure Rate) do canal de contagem total (em  $\mu$ 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 13,83  $\mu$ 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.

### 3.1.4 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 3 amostras. Aos valores abaixo do valor mínimo foi atribuído o valor zero, uma vez que a região apresenta extensas áreas com baixa radioatividade, como por exemplo a represa de Sobradinho. A Tabela 16, a seguir, resume os valores utilizados:

Tabela 16 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

Canal Radiométrico	VALOR MÍNIMO
K (%)	0,076
eU (ppm)	0,012
eTh (ppm)	0,531

### 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
- Leandro Barros Adriano - Geofísico Junior

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco esteve a cargo de Jorge Dagoberto Hildenbrand.

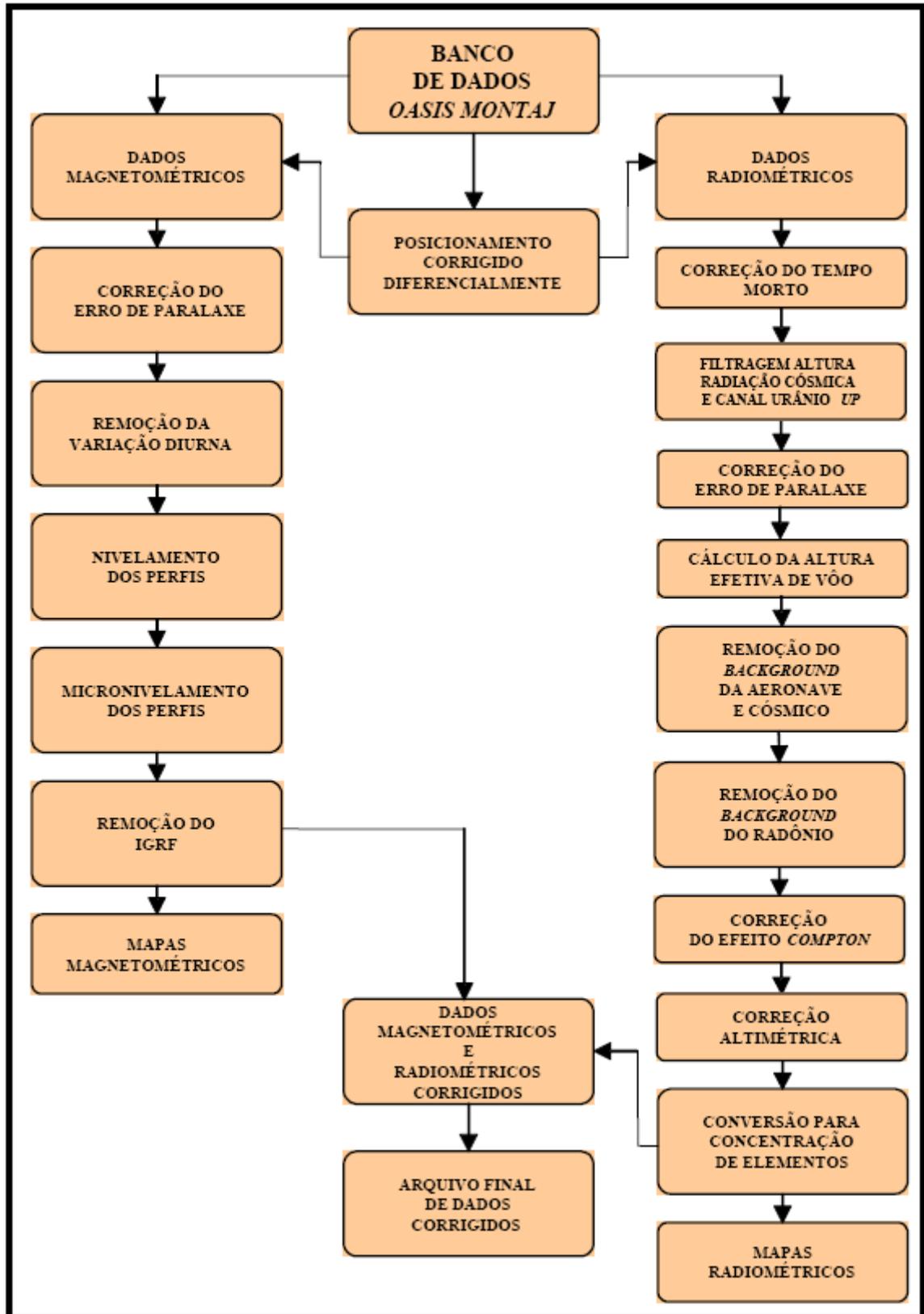


Figura 7 - Fluxograma do Processamento de Dados

#### 4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco foi executado no período de 25 de setembro de 2008 a 16 de janeiro de 2009. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final tiveram início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 15/03/2009.

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

Ano	2008						2009		
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Autorização do Ministério da Defesa e AVOEM	■								
Mobilização	■		■						
Aquisição de Dados		■	■	■	■	■	■	■	
Processamento e Relatório Final		■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 8 – Cronograma Geral das Operações



## 5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco 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 das folhas ao milionésimo SC.23 e SC.24 disponíveis no *site* do IBGE ( [www.ibge.gov.br](http://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.

O Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco engloba duas zonas de coordenadas UTM, zonas 23 e 24, as quais correspondem aos meridianos centrais 45°W e 39°W. Em função desta característica, os mapas foram confeccionados respeitando suas definições cartográficas. Assim sendo temos a seguinte situação conforme a Tabela 17 abaixo.

Tabela 17 – Zonas UTM das Folhas Cartográficas.

Folha	Escala	Zona UTM	Meridiano Central
SC.23-X-D-I	1:100.000	23	45°W
SC.23-X-D-II	1:100.000	23	45°W
SC.23-X-D-III	1:100.000	23	45°W
SC.23-X-D-VI	1:100.000	23	45°W
SC.24-V-C-I	1:100.000	24	39°W
SC.24-V-C-II	1:100.000	24	39°W
SC.24-V-C-III	1:100.000	24	39°W
SC.24-V-C-IV	1:100.000	24	39°W
SC.24-V-C-V	1:100.000	24	39°W
SC.24-V-C-VI	1:100.000	24	39°W
SC.24-V-D-I	1:100.000	24	39°W
SC.24-V-D-IV	1:100.000	24	39°W
SC.23-X-D	1:250.000	23	45°W
SC.24-V-C	1:250.000	24	39°W
SC.24-V-D	1:250.000	24	39°W

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 18 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

Tabela 18 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.

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

As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 19 a seguir:

Tabela 19 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.

<b>TEMA</b>	<b>PADRÃO (1:100.000)</b>	<b>PADRÃO (1:250.000)</b>
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 0,20 nT/m	0,1 e 2,0 nT/m
Radiométrico de Contagem Total	1 e 5 $\mu$ R/h	1 e 5 $\mu$ R/h
Radiométrico de Potássio	0,50 e 2,00 %	0,50 e 2,00 %
Radiométrico de Urânio	0,5 e 2,0 ppm	0,5 e 2,0 ppm
Radiométrico de Tório	2 e 10 ppm	2 e 10 ppm

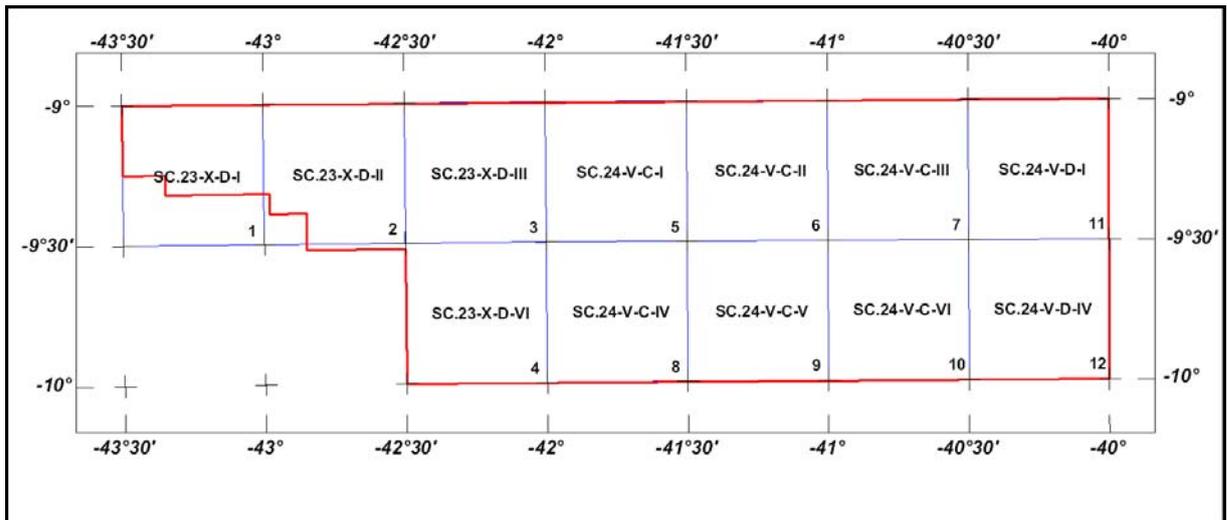


Figura 9 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000.

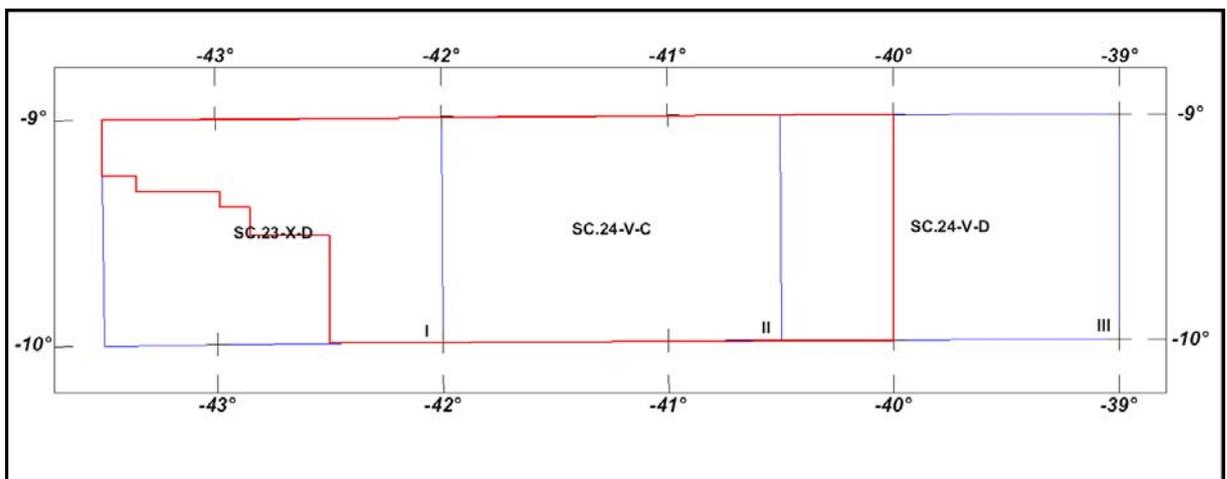


Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000.

### 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.

## **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.

## **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 para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 14.

## **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. Nos mapas de escalas 1:100.000 e 1:250.000 a imagem se superpõe à planimetria básica. As curvas de contorno não são apresentadas em função das grandes amplitudes dos valores o que impossibilitou uma apresentação clara do conjunto contorno/imagem.

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

## **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.

## **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 acompanhem os produtos finais.

## **5.7 Relatório Final**

O relatório final está sendo apresentado em 15 volumes (Volume I - Texto Técnico e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco 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 César Marinho Costa. A revisão e edição final estiveram a cargo de Maria Filipa Perez da Gama e do gerente do contrato da CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

## **5.8 Arquivos Digitais Finais**

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 4(quatro) DVD-ROMs e 1 (um) CD-ROM, acompanhando cada uma das 4(quatro) vias do Relatório Final. 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 e também nas Tabelas 20, 21 e 22.

Os dados digitais dos bancos de dados magnetométrico e gamaespectrométrico da *GEOSOFT* (GDB) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 20, 21 e 22.

Os arquivos de malha (*grids*), os bancos de dados, bem como os arquivos XYZ e cruzamentos estão sendo apresentados com as coordenadas métricas tanto na zona UTM 23 (meridiano central 45° WGr), quanto na zona UTM 24 (meridiano central 39° WGr). Maiores informações estão expostas no arquivo Leiam.PDF presente em cada disco, bem como no Anexo IV.

Os mapas foram gravados em arquivos de plotagem do tipo HPGL (*Hewlett Packard Graphics Language*) 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, a mínima curvatura (*Rangrid*).

A listagem fornecida no Anexo VI apresenta as linhas de vôo numeradas de 10010 a 10610 além das linhas de controle numeradas de 19010 a 19190. 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 apresentados em meio digital (a relação dos DVD-ROMs e do CD-ROM está no Anexo IV).

O texto do presente Relatório Final está gravado no formato PDF Adobe Acrobat, no CD-ROM que acompanha o trabalho.

Tabela 20 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Magnetometria.

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
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 Reduzido do IGRF	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 21 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria.

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
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
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	$\mu$ 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 22 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais.

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 23 – Arquivo de Cruzamentos XYZ – Magnetometria.

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
VOO	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 Engenharia e Prospecções S/A., conforme determina a Portaria Nº 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

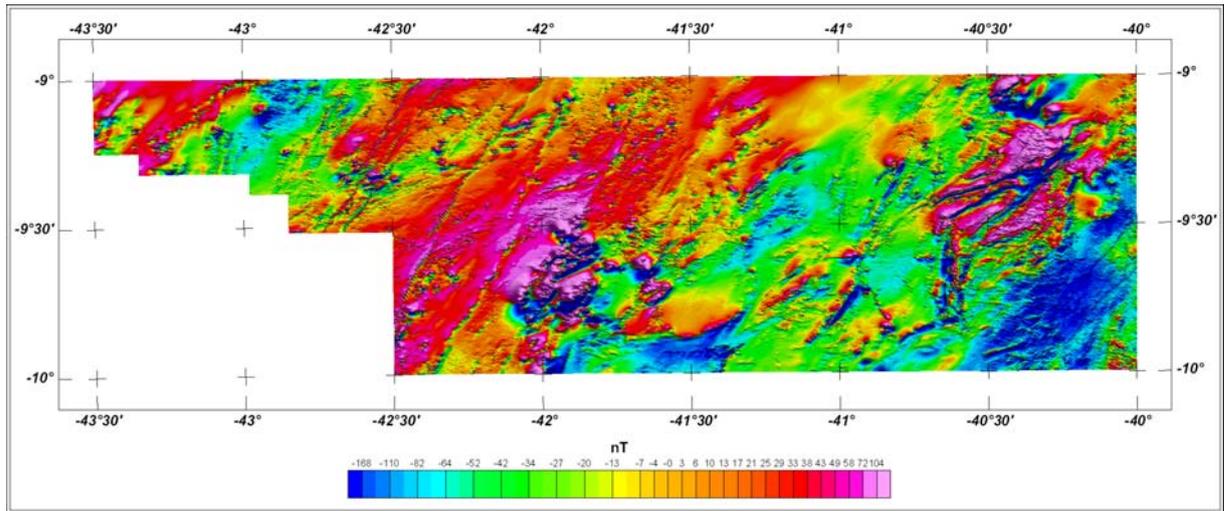


Figura 11 - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

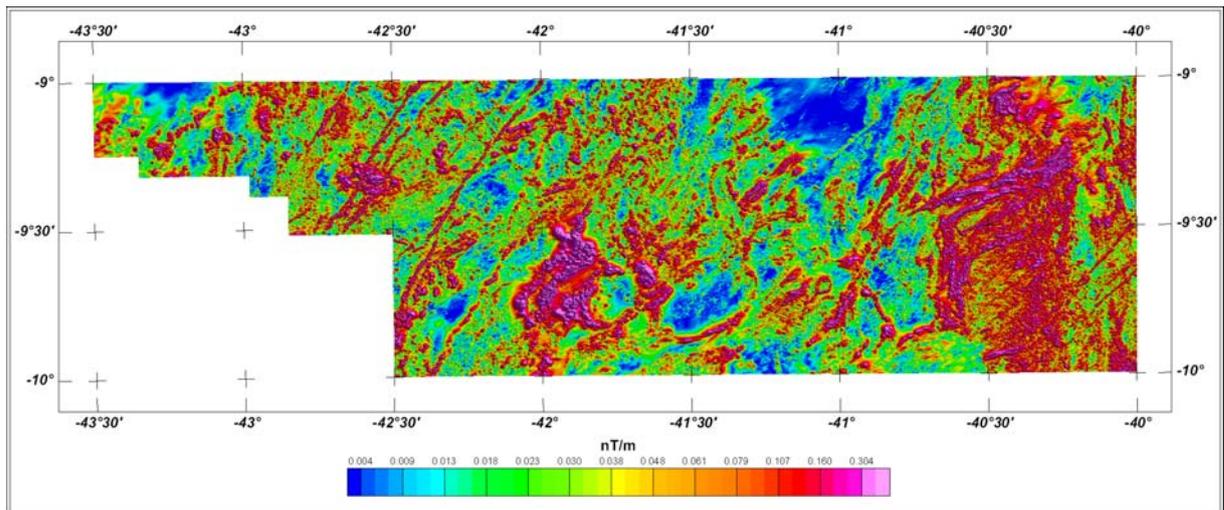


Figura 12 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

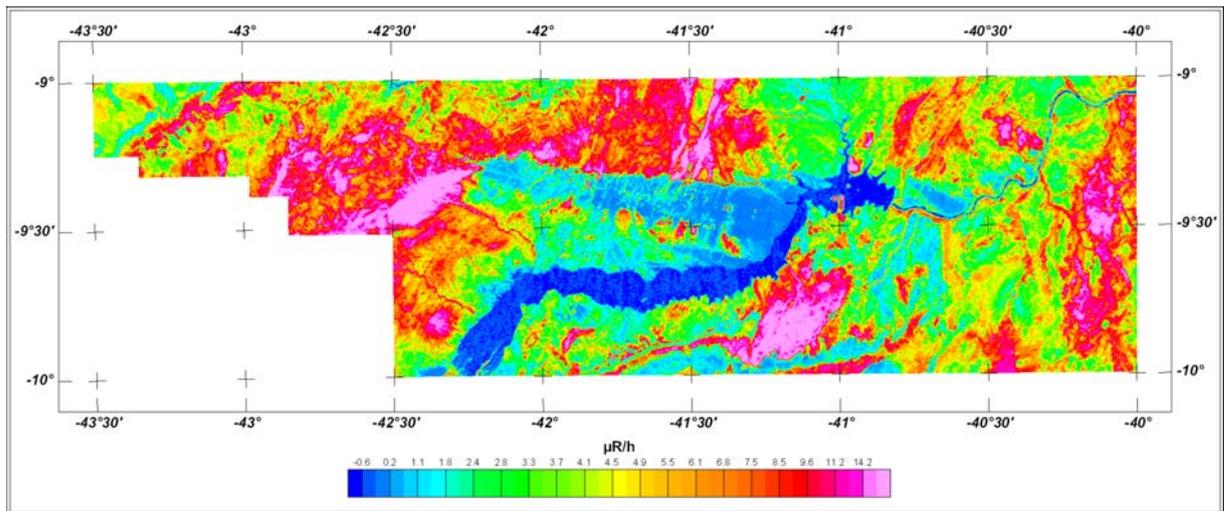


Figura 13 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total.

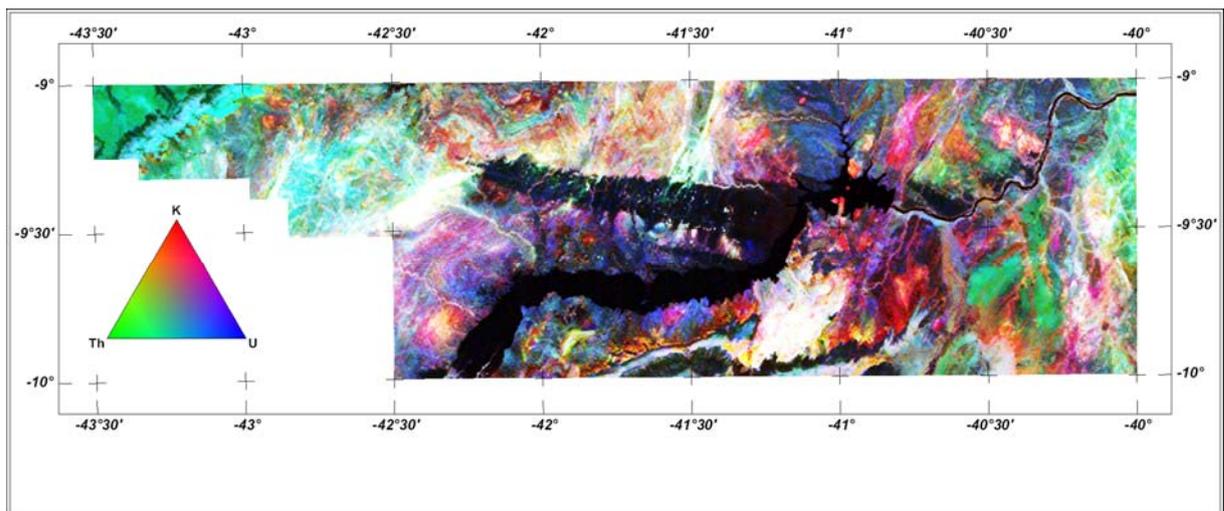


Figura 14 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY Invertido).

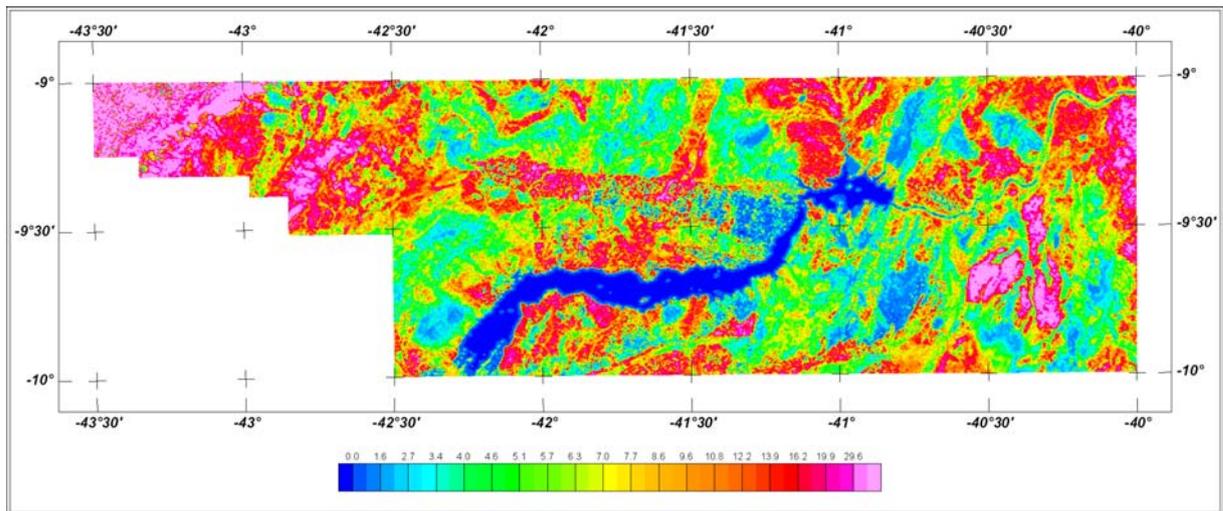


Figura 15 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio.

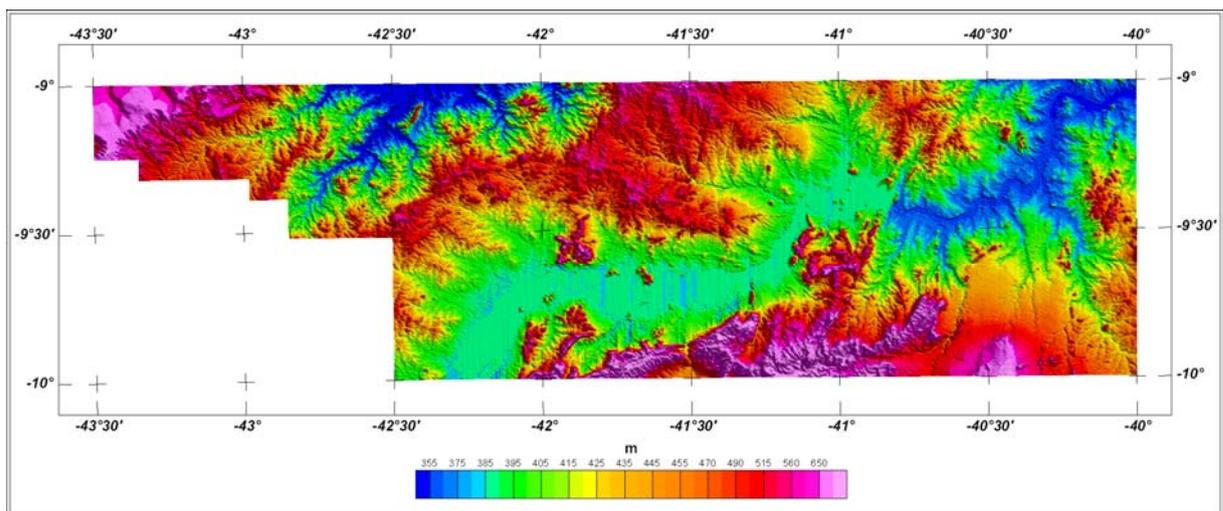


Figura 16 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

## 6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Os serviços de aquisição de dados do projeto foram supervisionados pelos fiscais da CPRM:

Marco Rogério Lima Teles	Geofísico	SUREG-PE
Paulo José Ferreira Gomes	Engenheiro de Minas	SUREG-BA

A revisão e compatibilização geral dos resultados obtidos apresentados no Relatório Final foi executada pelos técnicos da CPRM, Rubens Gilberto da Silva, Paulo Marques Abreu e Ludwig Zellner, 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*)**

Aeronave: PR-FAK

Data da Calibração: 27/07/2008 e 05/08/2008


**RADIATION SOLUTIONS INC**
**CALIBRATION SHEET**
**Instrument: RSX-5**
**Customer:** Fugro Airborne

**Date:** June 27, 2008

**Contact:**
**Tech.:** GP

**Console :** N/A

**Job Order:** SO# 1338

**Detector 1:** 5546

**Customer PO**
**PO#**
**Detector 2:** N/A

**Channels:** 1024      **ADC Offset:** N/A

	A1	A2	A3	A4	A5
High Voltages	731	703	714	710	682

Stripping Constant	"this system"	"poor"	"normal"
Alpha	0.290	0.380	0.250
Beta	0.440	0.430	0.400
Gamma	0.784	0.920	0.810
A	0.052	0.090	0.060
B	0.004	0.010	0.000
G	0.002	0.060	0.003

ROI#	Channel	IAEA Specification [keV]	Label
1	137-937	410-2810	Total Count
2	457-523	1370-1570	Potassium K
3	553-620	1660-1860	Uranium U
4	803-937	2410-2810	Thorium Th
5			
6			
7			
8	553-620	1660-1860	Uranium Upper U

ROI#	Cs FWHM	Peak	Th FWHM	Peak
A1	8.41	220.27	4.67	871.82
A2	9.43	219.93	6.45	870.85
A3	8.74	219.93	5.56	871.05
A4	8.53	220.48	5.46	871.22
Sum Dn	8.77	220.16	5.30	871.77
Sum Up	8.99	220.67	6.20	870.72


**RADIATION SOLUTIONS INC**
**CALIBRATION SHEET**
**Instrument: RSX-5**

**Customer:** Fugro  
**Contact:** John Schoel  
**Console :** N/A  
**Detector 1:** 5555  
**Detector 2:** N/A

**Date:** 5-AUG-2008  
**Tech.:** JB  
**Job Order:** SO#1338  
**Customer PO** PO#10759

**Channels:** 1024      **ADC Offset:** N/A

High Voltages	A1	A2	A3	A4	A5
	755	735	751	751	753

Stripping Constant	"this system"	"poor"	"normal"
Alpha	<b>0.281</b>	0.380	0.250
Beta	<b>0.424</b>	0.430	0.400
Gamma	<b>0.769</b>	0.920	0.810
A	<b>0.049</b>	0.090	0.060
B	<b>0.001</b>	0.010	0.000
G	<b>0.000</b>	0.060	0.003

ROI#	Channel	IAEA Specification [keV]	Label
1	137-937	410-2810	Total Count
2	457-523	1370-1570	Potassium K
3	553-620	1660-1860	Uranium U
4	803-937	2410-2810	Thorium Th
5			
6			
7			
8	553-620	1660-1860	Uranium Upper U

ROI#	Cs FWHM	Peak	Th FWHM	Peak
A1	7.42	222.42	4.21	870.21
A2	7.55	221.44	3.99	870.23
A3	7.66	222.80	4.24	869.39
A4	7.59	221.40	4.22	869.58
<b>Sum Dn</b>	<b>7.58</b>	<b>222.00</b>	<b>4.16</b>	<b>869.21</b>
<b>Sum Up</b>	<b>8.19</b>	<b>219.69</b>	<b>4.81</b>	<b>869.88</b>

**ANEXO I-b - RESULTADO DO TESTE DOS COEFICIENTES DE  
ESPALHAMENTO *COMPTON***

Aeronave: PR-FAK

Data: 13/09/2008

### Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os Tanques de Calibração Portáteis

#### Aeronave PR-FAK

Pacote de Cristais A (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	1	311,135	76,354	135,624
TH1	Tório	1	356,197	109,931	234,910
U1	Urânio	1	364,698	145,624	139,811
K1	Potássio	1	424,011	76,194	135,751

Pacote de Cristais B (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG2	<i>Background</i>	1	332,713	73,360	133,980
TH2	Tório	1	383,720	110,640	254,522
U2	Urânio	1	398,002	159,799	139,627
K2	Potássio	1	474,150	72,224	133,052

Pacote de Cristais A (1.024 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	186681	45812	81374
Tório	600	213718	65959	140946
Urânio	600	218819	87374	83887
Potássio	600	254407	45716	81451

Pacote de Cristais B (1.024 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	199628	44016	80388
Tório	600	230232	66384	152713
Urânio	600	238801	95879	83776
Potássio	600	284490	43334	79831

Pacotes de Cristais A+B (2.048 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	386309	89828	161762
Tório	600	443950	132343	293659
Urânio	600	457620	183254	167663
Potássio	600	538897	89051	161282

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-FAK Caixa A - 13/09/2008
WINDOW COUNTS:

                TIME (M)    K COUNTS    U COUNTS    TH COUNTS
B Pad          600.0      186681.    45812.     81374.
K Pad          600.0      254407.    45716.     81451.
U Pad          600.0      218819.    87374.     83887.
T Pad          600.0      213718.    65959.    140946.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

    1.562E+01 (2.473E-01)    1.045E+00 (2.951E-02)    3.296E-01 (9.727E-03)
    1.446E-01 (7.043E-02)    1.329E+00 (2.818E-02)    2.314E-01 (5.551E-03)
    1.777E-01 (9.442E-02)    6.461E-02 (1.335E-02)    7.415E-01 (1.303E-02)

INVERSE A-MATRIX:

    6.462E-02 (1.049E-03)    -5.019E-02 (1.200E-03)    -1.306E-02 (7.193E-04)
   -4.401E-03 (3.723E-03)    7.674E-01 (1.610E-02)    -2.375E-01 (6.656E-03)
   -1.510E-02 (8.277E-03)    -5.484E-02 (1.204E-02)    1.372E+00 (2.372E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

    K SENSITIVITY (A11) = 1.562E+01 (2.473E-01) COUNTS/ M PER PCT K
    U SENSITIVITY (A22) = 1.329E+00 (2.818E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
    TH SENSITIVITY (A33) = 7.415E-01 (1.303E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

    K SENSITIVITY (A11) = 1.828E+01 (2.893E-01) COUNTS/ M PER PCT K

```

U SENSITIVITY (A22) = 1.555E+00 (3.297E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 8.824E-01 (1.551E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): 0.3120 ( .0062)

TH INTO K (BETA = A13/A33): 0.4444 ( .0116)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): 0.7865 ( .0176)

U INTO TH (A = A32/A22): 0.0486 ( .0100)

K INTO TH (B = A31/A11): 0.0114 ( .0060)

K INTO U (G = A21/A11): 0.0093 ( .0045)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.873E+02 (9.644E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 7.434E+01 (4.499E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.336E+02 (6.014E-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-FAK Caixa B - 13/09/2008

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	199628.	44016.	80388.
K Pad	600.0	284490.	43334.	79831.
U Pad	600.0	238801.	95879.	83776.
T Pad	600.0	230232.	66384.	152713.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.957E+01 (2.912E-01)	1.275E+00 (3.361E-02)	3.726E-01 (1.052E-02)
4.492E-02 (6.905E-02)	1.659E+00 (3.417E-02)	2.541E-01 (5.802E-03)
6.816E-02 (9.421E-02)	8.907E-02 (1.347E-02)	9.000E-01 (1.536E-02)

INVERSE A-MATRIX:

5.123E-02 (7.755E-04)	-3.884E-02 (8.367E-04)	-1.025E-02 (4.962E-04)
-8.051E-04 (2.303E-03)	6.127E-01 (1.250E-02)	-1.726E-01 (4.659E-03)
-3.801E-03 (5.431E-03)	-5.769E-02 (7.997E-03)	1.129E+00 (1.904E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.957E+01 (2.912E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 1.659E+00 (3.417E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 9.000E-01 (1.536E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.289E+01 (3.407E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.941E+00 (3.998E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.071E+00 (1.828E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2823 ( .0050)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4140 ( .0101)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7688 ( .0149)

U INTO TH (A = A32/A22): .0537 ( .0081)

K INTO TH (B = A31/A11): .0035 ( .0048)

K INTO U (G = A21/A11): .0023 ( .0035)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.030E+02 (1.026E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 7.111E+01 (4.434E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.318E+02 (6.015E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

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

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Aeronave PR-FAK Caixa A+B - 13/09/2008

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	386309.	89828.	161762.
K Pad	600.0	538897.	89051.	161282.
U Pad	600.0	457620.	183254.	167663.
T Pad	600.0	443950.	132343.	293659.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

3.519E+01 (4.902E-01)	2.321E+00 (5.574E-02)	7.022E-01 (1.685E-02)
1.897E-01 (9.950E-02)	2.988E+00 (6.001E-02)	4.855E-01 (9.747E-03)
2.459E-01 (1.354E-01)	1.537E-01 (1.946E-02)	1.642E+00 (2.713E-02)

INVERSE A-MATRIX:

2.858E-02 (4.028E-04)	-2.190E-02 (4.079E-04)	-5.748E-03 (2.264E-04)
-1.136E-03 (1.026E-03)	3.407E-01 (6.790E-03)	-1.003E-01 (2.464E-03)
-4.174E-03 (2.377E-03)	-2.862E-02 (3.532E-03)	6.194E-01 (1.016E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.519E+01 (4.902E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 2.988E+00 (6.001E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.642E+00 (2.713E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.117E+01 (5.735E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 3.496E+00 (7.021E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.953E+00 (3.228E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2957 ( .0040)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4278 ( .0080)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7767 ( .0119)

U INTO TH (A = A32/A22): .0514 ( .0064)

K INTO TH (B = A31/A11): .0070 ( .0038)

K INTO U (G = A21/A11): .0054 ( .0028)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 5.904E+02 (1.507E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.455E+02 (6.395E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.654E+02 (8.640E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Coeficientes de Espalhamento *Compton*

RESULTADO	
Coeficiente	Valor Obtido em 13/09/2008
$\alpha$	0,2957±0,0040
$\beta$	0,4278±0,0080
$\gamma$	0,7767±0,0119
a	0,0514±0,0064
b	0,0070±0,0038
g	0,0054±0,0028

**ANEXO I-c - DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E  
CÓSMICO**

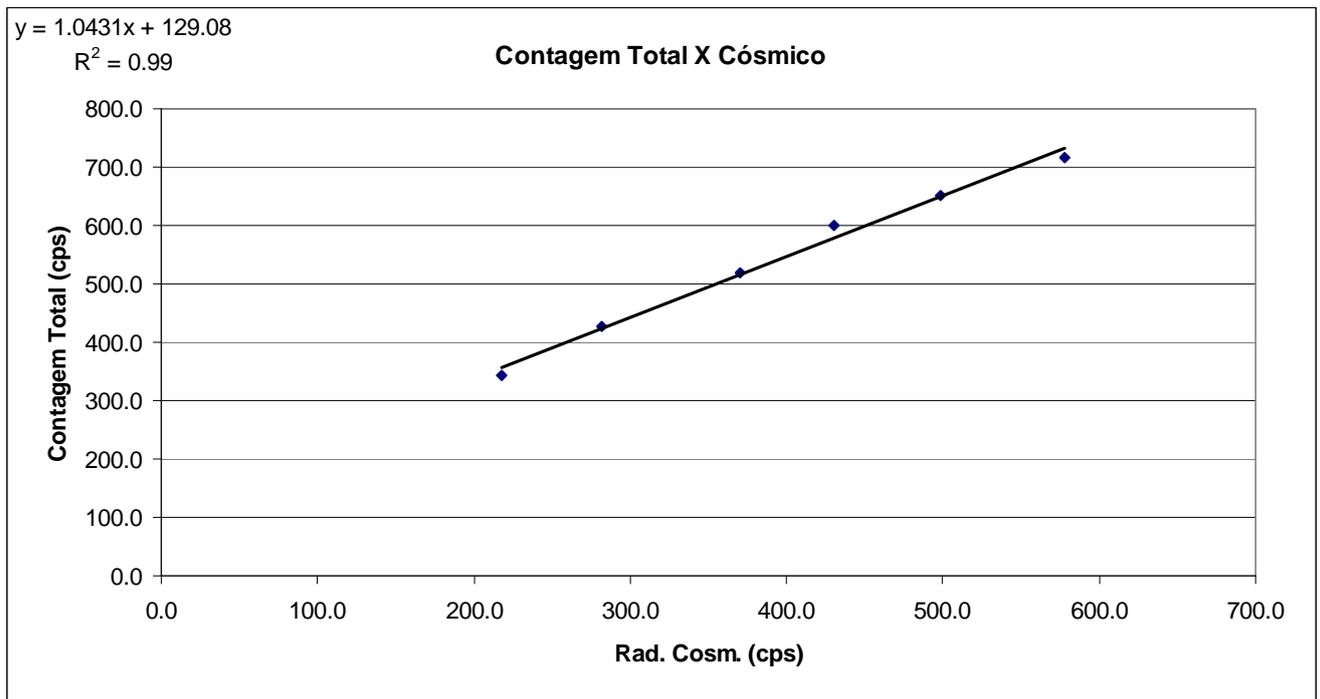
**Aeronave: PR-FAK**

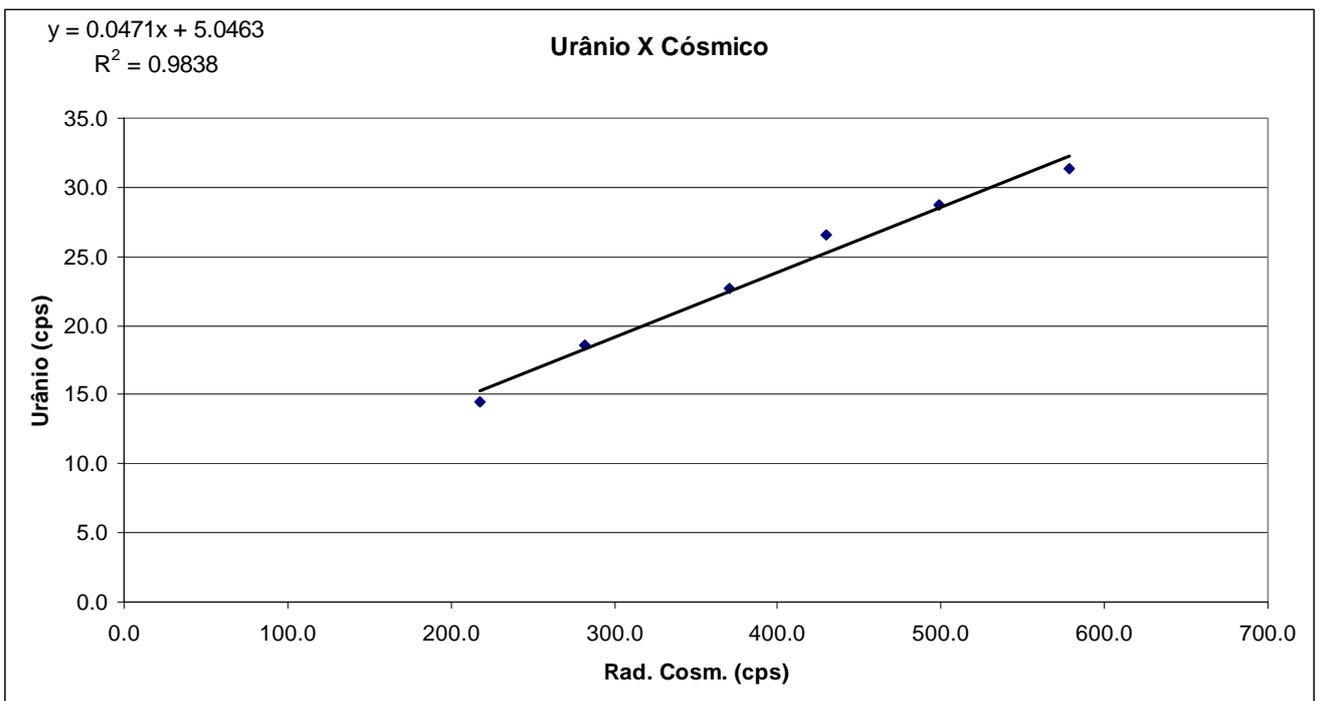
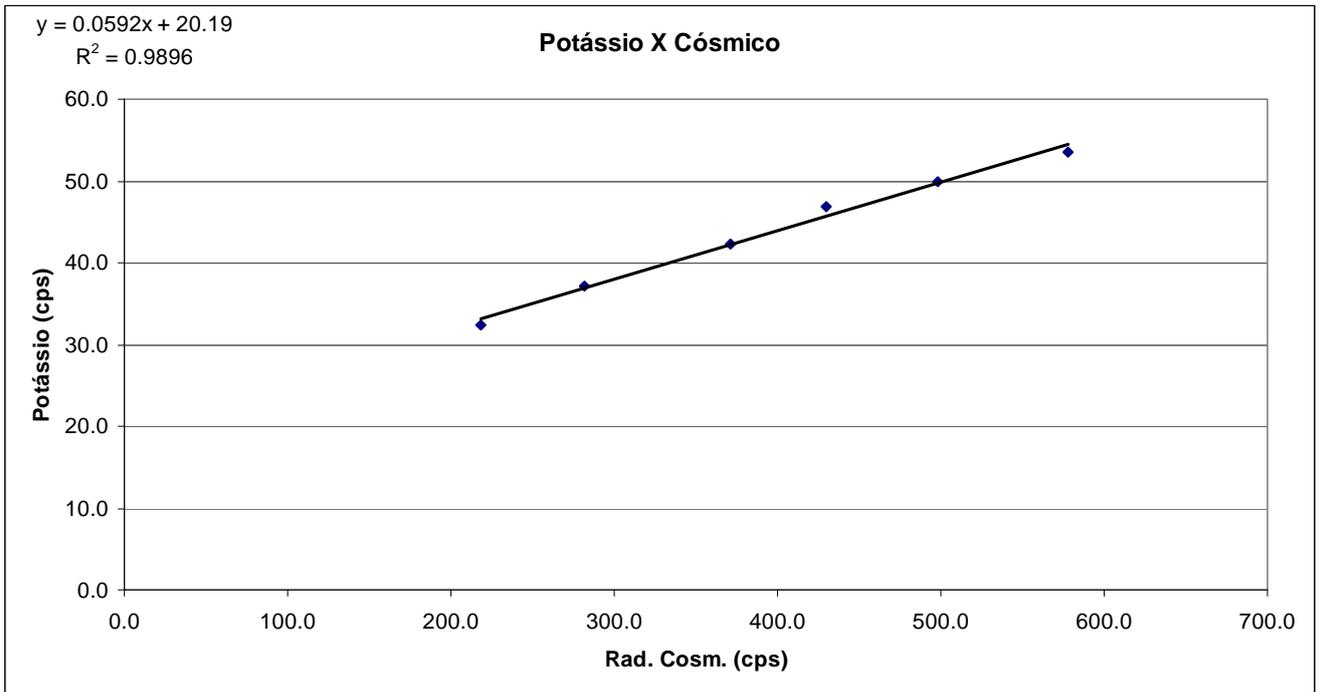
**RESULTADO DO VÔO CÓSMICO DA AERONAVE CESSNA 208B – GRAND CARAVAN – PR-FAK**

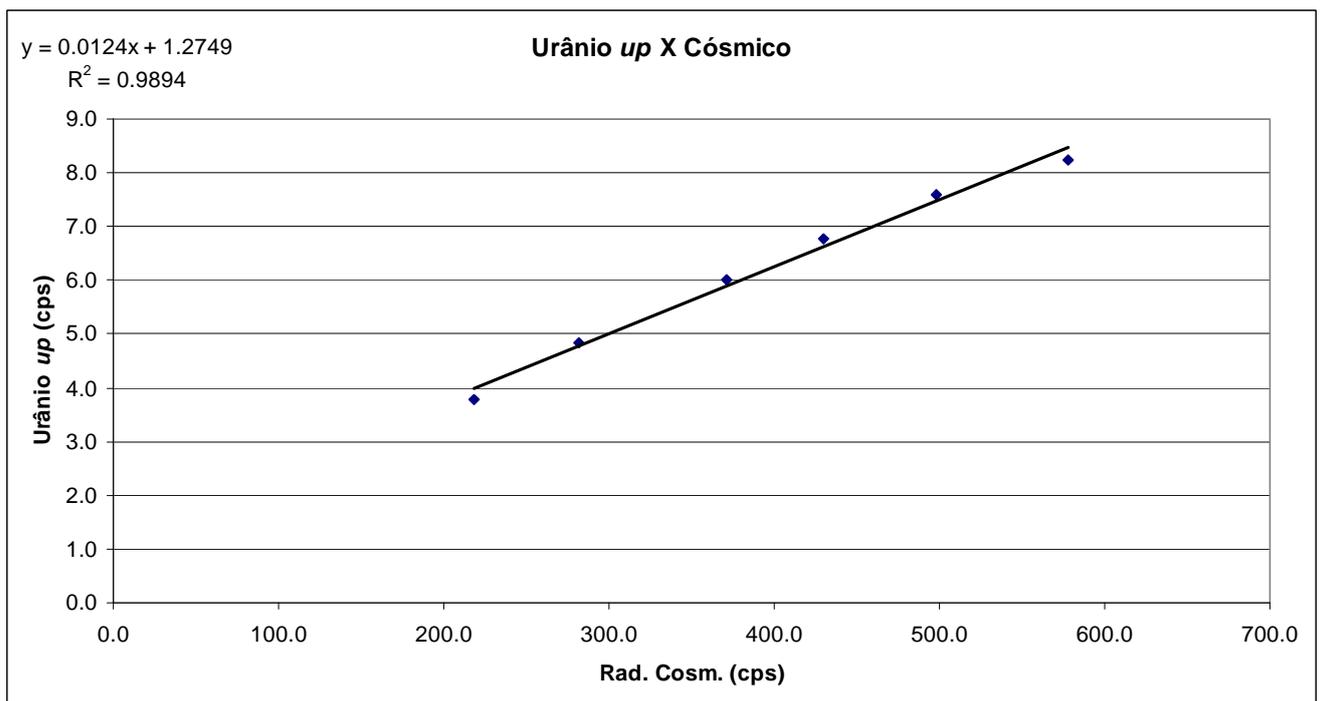
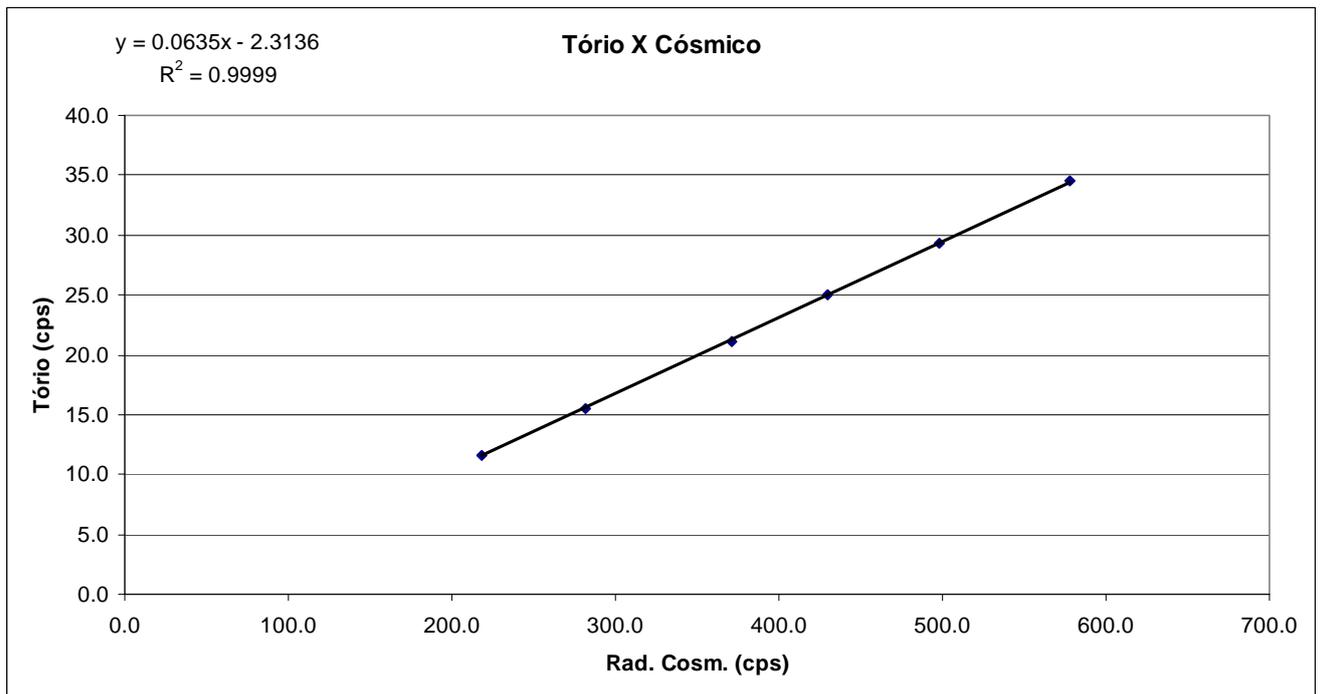
*( Vol. Pacote de Cristais: 2.048 pol<sup>3</sup> )*

*Rio de Janeiro, 20 de setembro de 2008*

Altitude (m)	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	Uup (cps)
1539,90	218,146	342,408	32,318	14,503	11,655	3,780
2173,20	281,845	426,468	37,093	18,564	15,545	4,839
2810,40	370,843	519,127	42,197	22,678	21,135	6,019
3147,90	429,917	599,383	46,932	26,562	25,003	6,758
3466,00	498,451	651,460	49,887	28,716	29,347	7,579
3801,60	578,099	715,310	53,441	31,328	34,482	8,230







<b>RESULTADO</b>		
<i>CANAL</i>	<i>Background Aeronave</i>	<i>Stripping Cósmico</i>
<b>CT</b>	129,0800	1,0431
<b>K</b>	20,1900	0,0592
<b>U</b>	5,0463	0,0471
<b>Th</b>	0,0000*	0,0635
<b>Uup</b>	1,2749	0,0124

*\*Valor considerado como zero para efeitos de processamento*

**ANEXO I-d - DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO  
RADÔNIO**

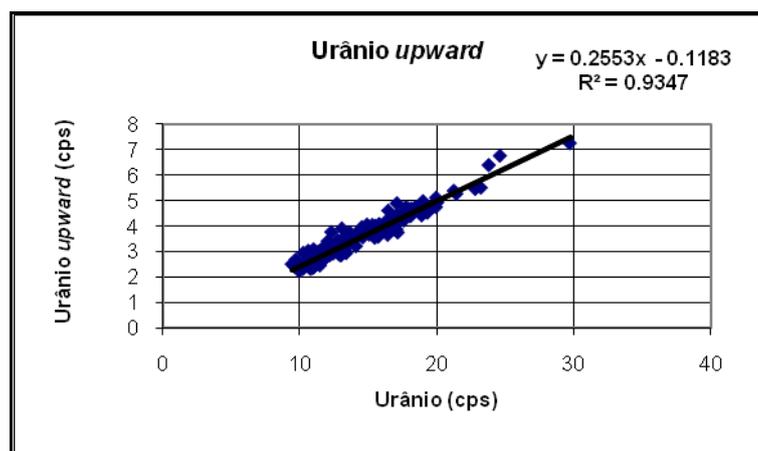
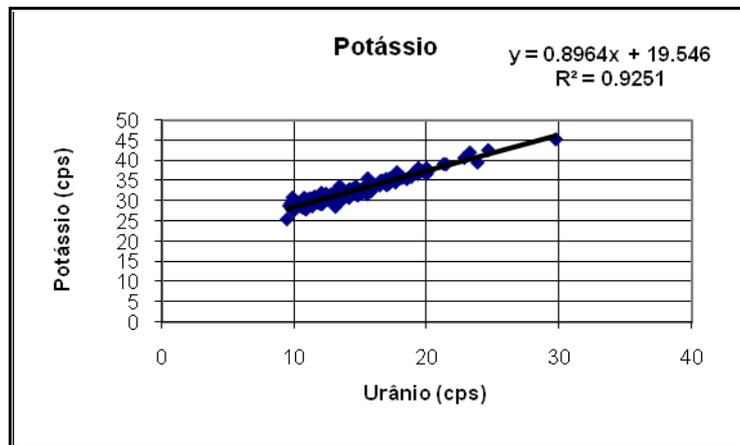
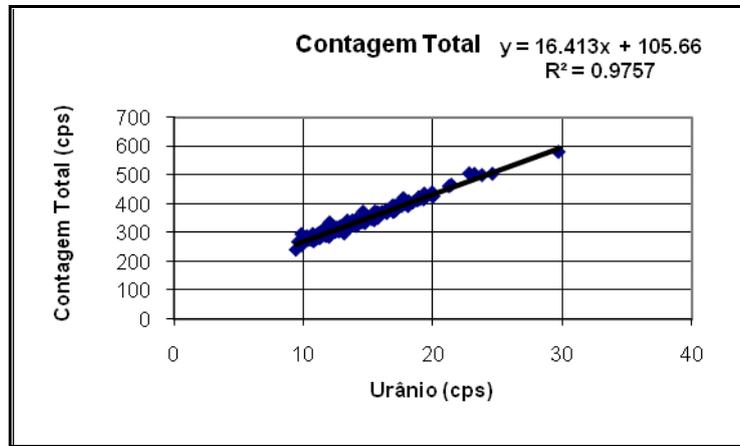
**Aeronave: PR-FAK**

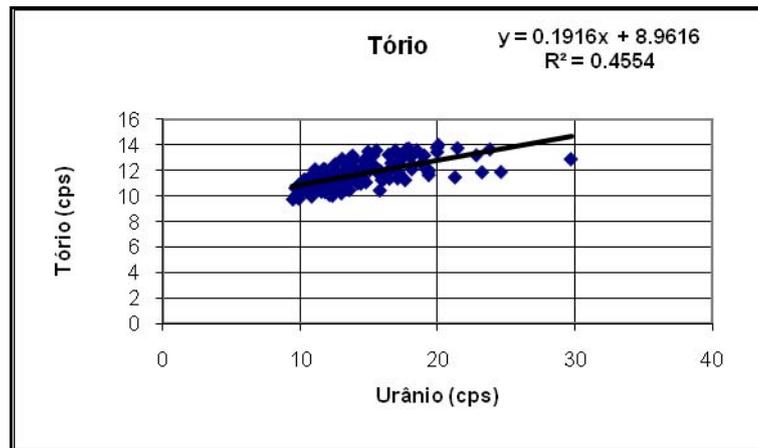
<b>Vôo</b>	<b>Contagem Total</b>	<b>Potássio</b>	<b>Urânio</b>	<b>Tório</b>	<b>Urânio Upward</b>	<b>Cósmico</b>
5	280,87	28,39	10,67	10,58	2,44	183,33
	289,25	29,32	11,44	10,83	2,68	185,12
8	289,25	29,32	11,44	10,83	2,68	185,12
	280,87	28,39	10,67	10,58	2,44	183,33
9	394,49	35,49	16,93	13,57	4,04	180,94
	318,83	30,70	12,99	10,25	2,84	177,60
10	293,99	30,83	11,50	11,26	2,44	184,00
	336,25	32,05	12,05	11,93	2,92	184,00
11	257,32	28,12	9,88	9,83	2,28	180,00
	381,82	35,57	17,18	11,82	3,74	204,00
12	284,51	29,60	10,27	10,88	2,31	183,00
13	342,39	33,74	13,43	11,93	2,93	180,00
14	292,74	30,25	11,56	10,74	2,60	180,00
	347,18	32,79	14,12	11,46	3,55	182,00
15	300,90	31,13	11,53	10,38	2,56	179,00
16	305,26	30,34	12,77	10,89	3,12	182,00
17	278,83	29,39	10,70	10,31	2,68	180,00
	336,12	32,48	14,05	12,02	3,62	192,00
19	290,02	29,83	10,97	11,17	2,34	178,00
20	302,15	30,55	11,76	11,00	2,85	181,00
21	289,56	30,52	10,79	10,20	2,44	180,00
22	314,52	31,07	12,87	11,60	2,90	186,00
23	267,14	29,44	9,73	10,16	2,67	183,00
24	304,42	30,14	12,21	11,60	2,84	183,00
25	295,98	30,89	9,87	10,88	2,40	182,00
	276,75	28,21	10,92	10,44	2,87	183,00
26	277,21	28,75	10,43	10,44	2,47	181,00
27	301,13	30,59	11,31	11,29	2,87	184,00
28	296,54	30,66	11,17	10,53	2,44	183,00
29	295,13	30,38	11,50	10,76	2,76	184,00
30	284,42	30,10	10,67	10,83	2,47	179,00
31	283,17	29,25	10,81	10,00	2,31	183,00
32	286,84	30,14	11,31	10,75	2,61	183,00
	294,82	30,28	11,79	10,35	2,79	188,00
34	290,50	30,79	10,74	11,15	2,55	187,00
	336,41	32,24	14,56	11,46	3,95	191,00
35	310,89	30,77	11,56	11,12	3,04	183,00
	373,39	35,66	15,55	11,96	3,73	185,00
36	323,40	31,35	12,96	10,94	3,25	183,00
	408,36	35,90	18,16	12,45	4,68	185,00
37	305,18	30,36	12,52	12,50	3,08	220,00
38	294,70	29,36	12,13	10,11	3,19	186,00
39	296,02	30,69	10,75	11,48	2,57	187,00
40	303,99	30,69	12,48	10,80	2,91	182,00
43	281,36	28,54	10,84	10,44	2,76	184,00
46	290,64	29,55	11,41	10,69	2,80	189,00
46	304,26	30,45	12,24	11,20	3,00	188,00

Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
47	295,67	30,12	11,14	11,16	2,74	186,00
48	300,92	31,17	11,81	12,10	2,67	188,00
49	321,11	31,19	11,88	11,64	2,93	185,00
50	321,15	31,85	12,99	11,66	3,29	189,00
54	323,73	31,84	13,07	11,29	2,93	193,00
55	422,61	36,56	18,93	13,14	4,41	195,00
56	377,25	34,26	16,45	11,98	3,65	195,00
57	366,17	34,20	15,83	11,98	4,07	194,00
59	505,07	40,67	22,84	13,20	5,45	192,00
60	311,59	29,87	13,15	10,81	3,22	188,00
61	318,12	31,15	13,32	11,31	3,06	192,00
62	372,95	33,64	14,64	12,43	3,55	194,00
64	333,91	31,36	14,79	11,10	3,82	194,00
65	335,93	32,94	14,21	11,80	3,72	192,00
66	316,94	31,00	13,06	11,55	2,85	192,00
	289,48	29,66	11,77	11,21	2,93	187,00
73	311,79	30,68	12,34	10,07	3,76	188,00
	352,12	32,46	15,79	10,47	3,89	190,00
74	291,14	29,11	11,04	11,37	3,08	195,00
	415,98	37,73	19,32	11,92	4,53	206,00
75						
	416,55	37,01	19,03	13,18	4,97	236,00
76	361,93	33,68	15,94	11,29	3,92	209,00
	465,90	39,09	21,46	13,74	5,26	233,00
77						
	439,88	38,16	19,98	13,44	5,11	233,00
78	339,82	32,95	14,40	11,00	3,76	205,00
	404,50	35,85	18,05	13,05	4,58	231,00
79						
	420,12	37,16	17,75	13,67	4,73	234,00
80	359,04	32,68	15,83	11,89	4,02	207,00
	427,52	36,63	19,97	13,79	4,74	231,00
81						
	405,05	35,43	18,49	13,59	4,75	235,00
82	322,03	31,50	13,32	11,34	3,43	208,00
	399,62	35,89	17,92	13,70	4,57	233,00
83						
	367,11	33,39	15,54	13,57	4,01	234,00
84	271,39	28,25	10,81	10,55	2,53	206,00
	313,23	28,59	13,11	11,53	3,90	204,00
85						
	323,23	30,51	13,68	12,64	3,75	210,00
86	292,93	29,55	11,85	11,37	2,77	210,00
	376,80	34,20	17,12	12,49	4,89	211,00
87						
	372,13	33,93	16,97	13,34	4,15	232,00
90	324,84	30,81	14,13	11,29	3,20	201,00
91	392,97	34,61	17,64	13,38	4,50	233,00
92	282,50	29,68	11,07	11,18	2,39	205,00

Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
93	337,44	32,02	13,93	12,87	3,38	236,00
94	276,92	29,17	10,44	10,91	2,63	205,00
95	327,85	31,23	13,60	12,97	3,59	232,00
96	242,19	25,51	9,45	9,78	2,50	180,00
97	327,58	31,40	13,81	12,79	3,45	231,00
99	328,12	32,50	13,36	10,91	3,59	208,00
101	352,04	33,31	15,21	12,39	3,69	232,00
103	283,81	29,70	11,07	12,11	2,81	206,00
104	342,87	31,33	13,81	13,17	3,42	234,00
107	375,42	34,93	16,49	11,38	4,60	201,00
108	426,56	37,26	20,07	13,99	4,93	237,00
110	371,94	33,95	16,09	11,36	3,84	183,00
	396,64	35,29	17,31	12,80	4,43	234,00
111	307,48	30,55	12,69	11,21	3,04	199,00
112	379,50	35,10	16,63	12,58	4,13	229,00
113	401,81	36,42	17,64	11,27	4,21	202,00
114	401,29	35,86	17,93	13,36	4,69	231,00
115	283,12	30,40	11,02	10,57	2,79	209,00
	320,33	31,51	13,04	12,91	3,14	237,00
117	311,44	30,64	13,03	11,83	3,29	225,00
	288,02	29,48	10,29	11,32	2,94	207,00
118	286,60	29,85	10,62	11,34	2,70	201,00
119	347,37	32,29	15,32	13,18	4,04	232,00
120	284,60	28,49	10,75	11,23	2,89	204,00
121	317,25	30,41	13,15	12,69	3,36	221,00
122	289,00	28,86	11,00	10,85	2,94	203,00
	340,02	32,21	14,64	12,83	3,68	233,00
123	318,43	31,02	12,64	11,27	3,04	208,00
	353,34	32,23	14,94	13,48	4,05	233,00
124	321,79	31,34	12,86	11,18	3,19	204,00
	320,21	30,06	13,14	11,09	3,20	209,00
126	351,47	31,93	15,10	12,07	3,66	206,00
	380,25	34,18	16,44	13,23	4,24	237,00
127	368,55	33,86	16,47	12,07	3,86	203,00
128	344,05	31,67	15,51	12,27	3,53	208,00
129	276,63	27,92	10,88	11,73	2,57	205,00
130	319,07	31,74	12,79	11,79	3,44	206,00
135	276,83	29,07	10,32	10,92	2,45	207,00
	314,69	31,00	12,76	11,67	3,06	207,00
136	322,96	30,50	13,58	10,49	3,53	197,00
	392,63	35,74	18,12	12,11	4,38	193,00
138	418,46	36,69	19,36	11,67	4,53	208,00
	461,14	39,17	21,28	11,49	5,38	204,00
139	435,36	38,17	19,37	12,03	4,55	209,00
	579,42	45,28	29,74	12,89	7,25	205,00
140						
	499,35	39,54	23,83	13,65	6,39	232,00
141	503,74	42,04	23,25	11,88	5,50	192,00
	504,03	42,62	24,64	11,90	6,76	195,00

Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
142	324,25	31,02	14,15	11,03	3,56	192,00
	411,94	35,97	18,83	12,52	4,69	205,00
143						
	392,90	34,78	17,09	11,40	4,43	193,00
144	319,93	30,77	13,27	11,87	3,14	210,00
	371,64	34,22	15,76	11,74	3,57	194,00
145						
	376,99	35,04	17,10	11,93	3,86	185,00
146	269,08	28,85	9,63	10,65	2,41	190,00
	314,74	30,93	13,32	11,66	3,02	206,00
147						
	321,45	31,83	12,39	11,84	3,03	191,00
148	275,97	28,67	10,04	10,87	2,24	198,00
	306,17	30,70	12,47	10,72	2,97	192,00
149						
	287,37	29,73	11,15	11,31	2,73	187,00
150	282,65	29,69	10,99	10,91	2,44	187,00
	281,84	30,08	11,28	10,56	2,57	185,00
151						
	280,80	29,13	10,65	10,94	3,02	195,00
152	281,32	28,57	10,62	10,85	2,41	188,00
	297,50	29,85	11,91	11,24	3,23	185,00
153						
	294,09	30,29	11,67	12,12	2,97	188,00
154	265,73	27,51	9,94	10,94	2,43	187,00
	291,77	29,30	11,34	11,56	2,78	184,00
155						
	289,68	28,70	11,36	11,35	2,98	193,00
156	276,57	28,90	10,67	10,50	2,41	187,40
	296,37	29,73	11,88	11,57	3,19	192,00
157						
	286,78	29,21	12,01	10,81	2,84	186,00
158	297,89	29,04	13,18	10,67	3,06	189,00
	323,39	31,36	12,08	11,40	3,40	189,00
159						
	307,73	30,37	12,35	11,81	3,22	208,00





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{tc}$	16,4130
Potássio	$a_k$	0,8964
Urânio <i>upward</i>	$a_u$	0,2553
Tório	$a_t$	0,1916

**ANEXO I-e - CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES**

## CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS

### POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO

#### SUMÁRIO

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

#### Índice das Figuras, Quadros, Tabela e Mapa

- Figura 1 - Gamaespectrômetro Portátil GR-320
- Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
- Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total
  
- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
- Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração
- Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração após a Correção do *Background*
- Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade
  
- Tabela 1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre
  
- Mapa 1 - 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 ( $\mu$ ), 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.

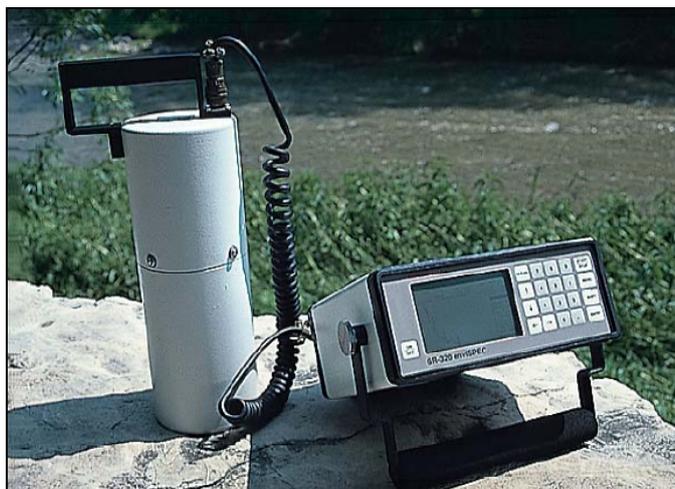


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

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



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

Os resultados apresentados a seguir, referem-se a seguinte aeronave que participou do Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco.

<b>Aeronave</b>	<b>Data da Calibração</b>
PR-FAK	26/01/2009

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

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT(*) ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAK	Nº de Amostras: 67								
	MÉDIA	13,99	2,25	2,10	32,16	3858,81	705,03	189,16	274,67
	DESVIO PADRÃO	3,62	0,73	0,81	9,91	955,02	188,57	52,38	84,62
	ERRO NA MÉDIA(1)	0,44	0,09	0,10	1,21	116,67	23,04	6,40	10,34
	INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,05	0,04				

- (\*) Valor obtido através da expressão:  
 $E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$   
 E = Taxa de Exposição ( $\mu$ R/h)
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)<sup>1/2</sup>
- (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 ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAK	Nº de Amostras: 8								
	MÉDIA	0,16	-0,03*	-1,01*	0,56	80,50	-21,88	-6,00	4,25
	DESVIO PADRÃO	1,10	0,13	1,62	0,37	9,65	3,09	2,51	2,76
	ERRO NA MÉDIA(1)	0,39	0,05	0,57	0,13	3,41	1,09	0,89	0,98
	INCERTEZA (%) (2)	2,43	0,00	0,00	0,23				

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

### 3 Levantamento Aéreo

Foi utilizado na aeronave o gamaespectrômetro Radiation Solution RS-500, com cristais detectores de NaI com 2.048 pol<sup>3</sup> *down* e 512 pol<sup>3</sup> *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-FAK	MÉDIA	2141,82	101,82	20,84	94,82
	DESVIO PADRÃO	176,91	21,61	8,31	13,95
	ERRO NA MÉDIA	14,54	1,78	0,68	1,15
	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*.

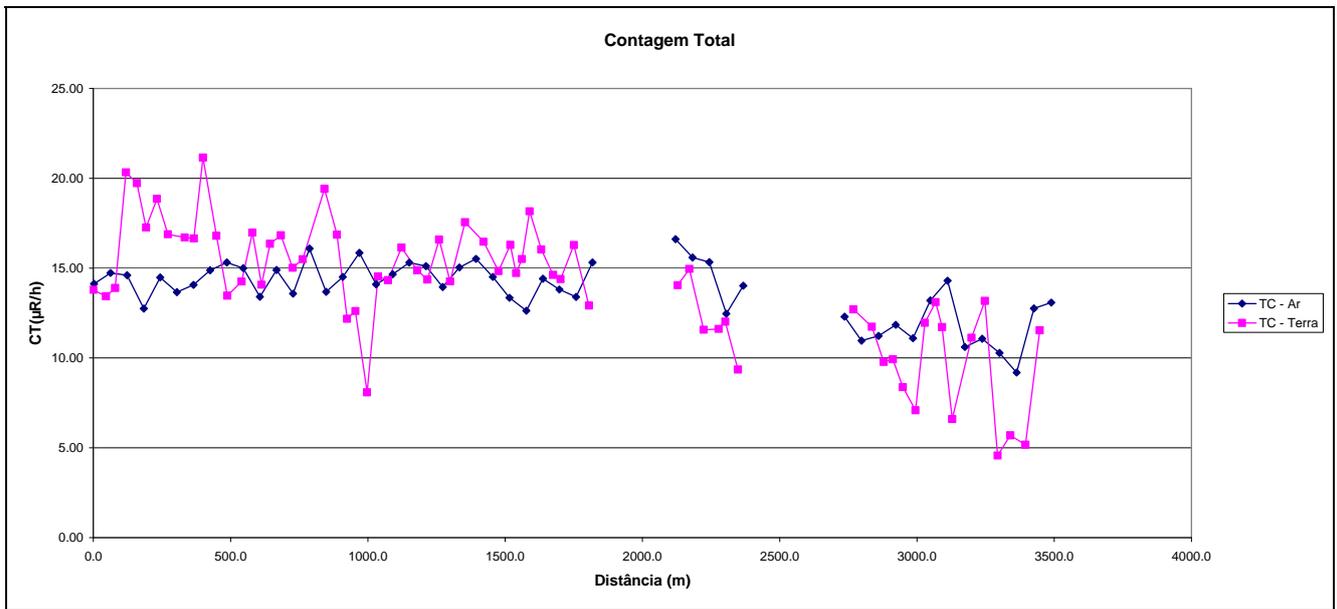
Aeronave	ESTATÍSTICA	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAK	MÉDIA	13,83	2,25	2,10	31,60	3778,31	705,03	189,16	270,42
	DESVIO PADRÃO	3,62	0,73	0,81	9,91	955,02	188,57	52,38	84,62
	ERRO NA MÉDIA (1)	0,44	0,09	0,10	1,21	116,67	23,04	6,40	10,34
	INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,05	0,04				

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

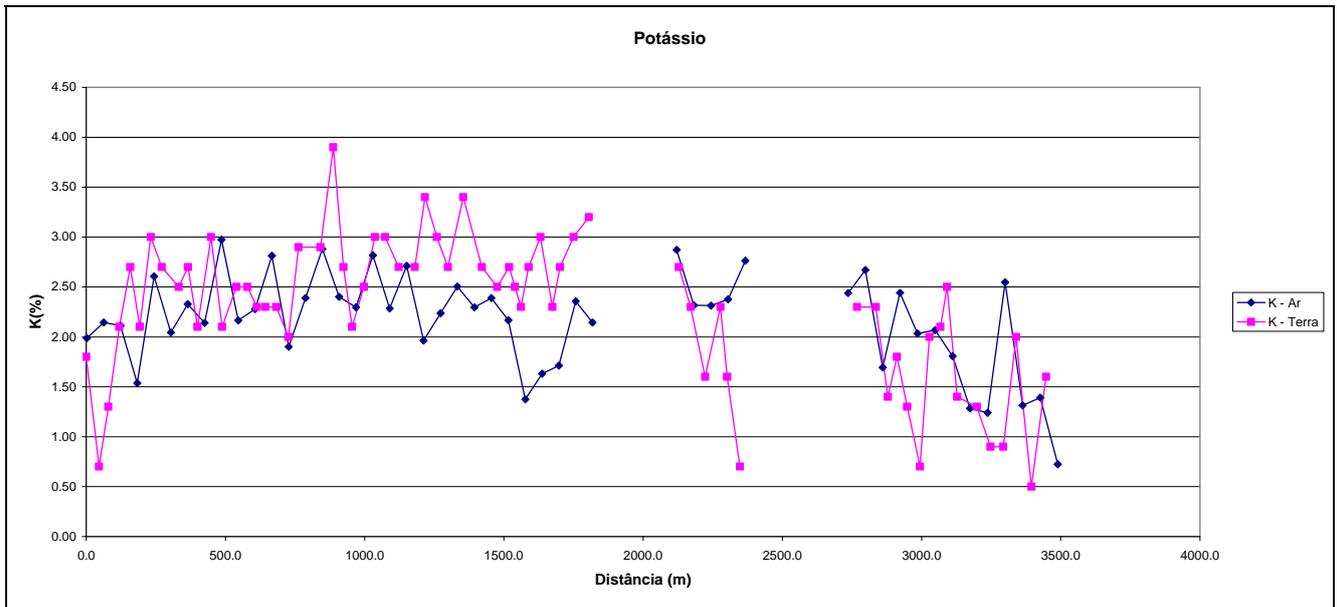
AERONAVE	SENSIBILIDADE (S)			
	CT (cps / μR/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
PR-FAK	154.87	45.25	9.92	3.00

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

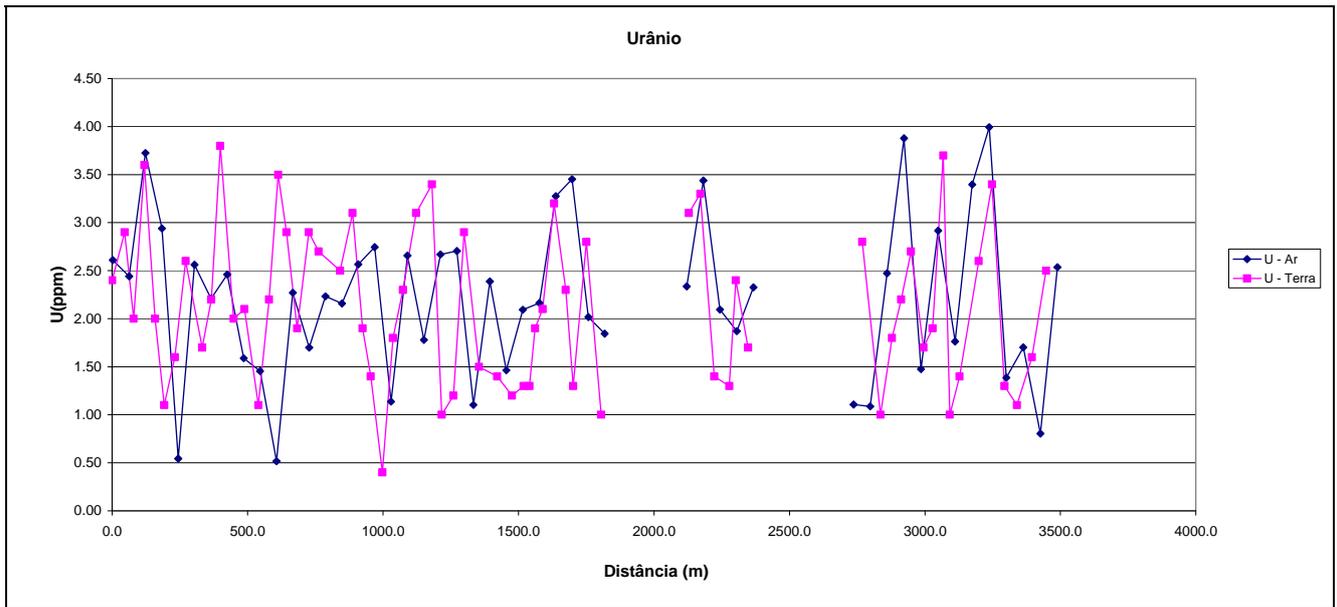
**Aeronave: PR-FAK**



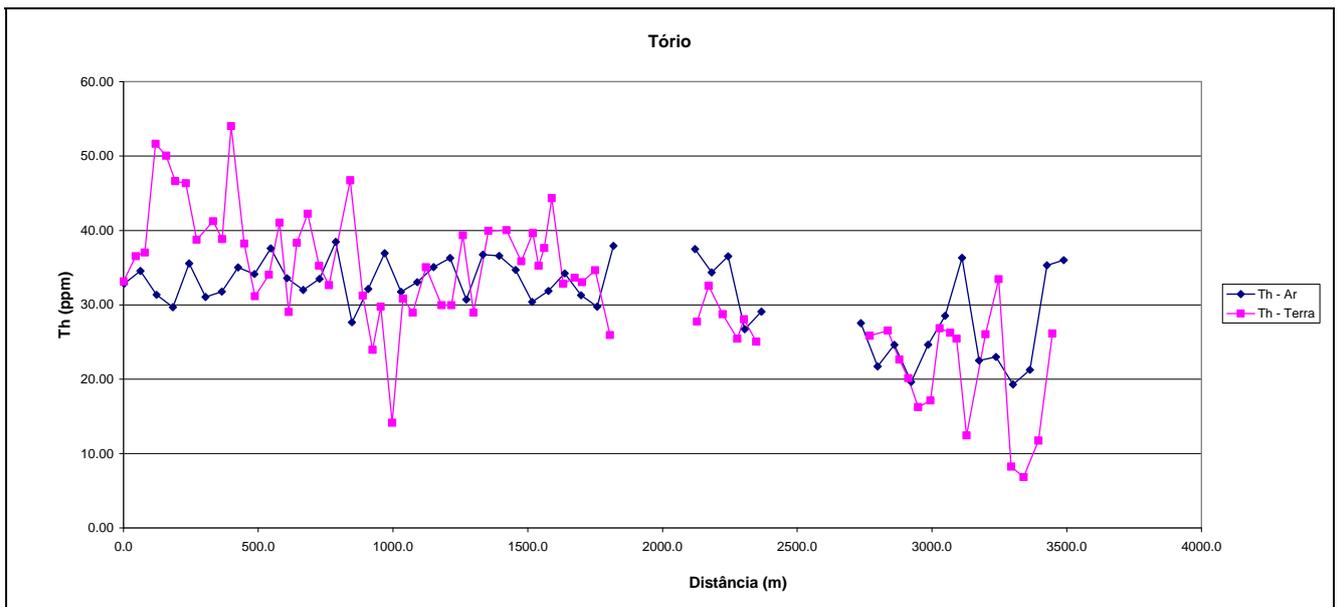
Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

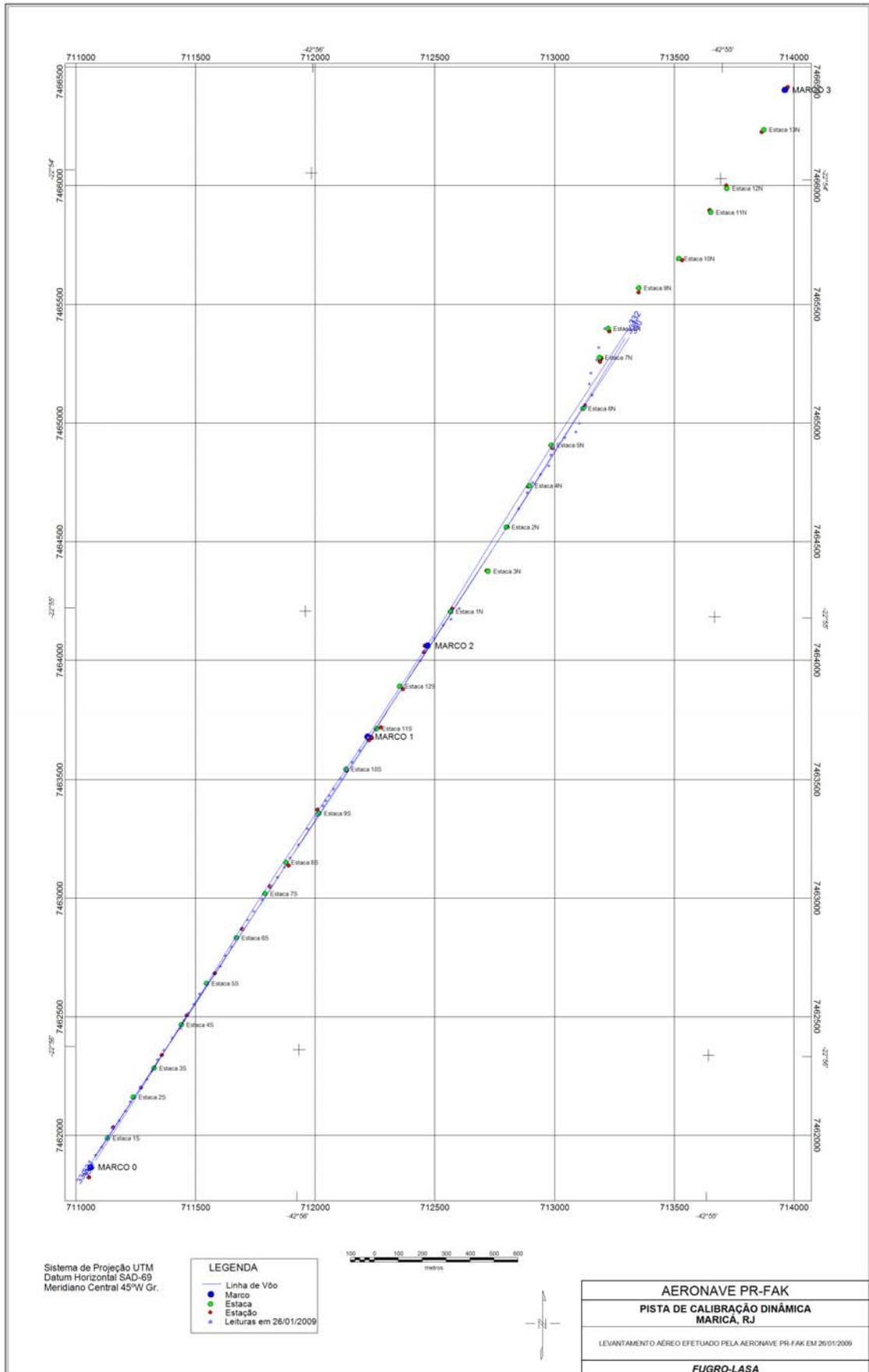
**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE  
PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 26/01/2009  
DADOS BRUTOS**

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711014,5	7461826,3	13,9	1,8	2,4	33,7	3862	632	203	289
2		711037,9	7461872,1	13,6	0,7	2,9	37,1	3431	432	227	318
3		711064,0	7461905,6	14,1	1,3	2,0	37,6	3676	503	213	321
4		711087,4	7461945,3	20,5	2,1	3,6	52,2	5497	821	312	447
5	Estaca 1S	711113,6	7461984,9	19,9	2,7	2,0	50,6	5406	895	274	432
6		711136,9	7462018,5	17,4	2,1	1,1	47,2	4892	759	240	402
7		711163,1	7462058,1	19,0	3,0	1,6	46,9	5083	930	248	399
8		711183,6	7462097,8	17,0	2,7	2,6	39,3	4817	853	231	336
9	Estaca 2S	711224,3	7462158,8	16,9	2,5	1,7	41,8	4691	810	226	357
10		711253,3	7462192,2	16,8	2,7	2,2	39,4	4512	821	225	337
11		711273,7	7462225,8	21,3	2,1	3,8	54,6	5635	857	326	468
12		711297,2	7462274,7	17,0	3,0	2,0	38,8	4818	920	219	331
13	Estaca 3S	711323,4	7462314,3	13,6	2,1	2,1	31,7	3855	677	186	271
14		711358,3	7462366,1	14,4	2,5	1,1	34,6	4017	735	182	294
15		711393,1	7462405,6	17,1	2,5	2,2	41,6	4753	823	235	355
16		711407,8	7462439,3	14,2	2,3	3,5	29,6	3776	712	204	255
17	Estaca 4S	711425,3	7462469,8	16,5	2,3	2,9	38,9	4469	779	231	333
18		711448,7	7462509,5	17,0	2,3	1,9	42,8	4516	772	235	365
19		711472,1	7462552,2	15,2	2,0	2,9	35,8	4123	683	222	307
20		711501,1	7462588,7	15,7	2,9	2,7	33,2	4346	876	205	285
21	Estaca 5S	711559,2	7462667,9	19,6	2,9	2,5	47,3	5154	909	268	404
22		711579,8	7462713,8	17,0	3,9	3,1	31,8	4694	1072	207	273
23		711606,0	7462750,3	12,3	2,7	1,9	24,5	3519	737	150	210
24		711623,5	7462780,9	12,8	2,1	1,4	30,3	3637	668	168	258
25	Estaca 6S	711655,5	7462823,5	8,2	2,5	0,4	14,7	2437	615	75	125
26		711673,1	7462863,3	14,7	3,0	1,8	31,4	4270	864	180	268
27		711699,3	7462899,8	14,5	3,0	2,3	29,5	4108	844	181	253
28		711734,2	7462948,6	16,3	2,7	3,1	35,6	4431	850	224	305
29	Estaca 7S	711772,0	7463006,5	15,0	2,7	3,4	30,5	4132	812	206	262
30		711798,2	7463043,0	14,5	3,4	1,0	30,5	4125	898	161	260
31		711827,3	7463085,7	16,7	3,0	1,2	39,9	4643	896	207	340
32		711850,7	7463125,4	14,4	2,7	2,9	29,5	4134	803	193	253
33	Estaca 8S	711885,6	7463180,3	17,7	3,4	1,5	40,5	4996	984	217	345
34		711923,6	7463247,4	16,6	2,7	1,4	40,6	4632	838	214	346
35		711964,3	7463302,2	15,0	2,5	1,2	36,4	4184	782	191	310
36		711987,7	7463345,0	16,4	2,7	1,3	40,2	4461	837	211	342
37	Estaca 9S	711999,4	7463366,4	14,9	2,5	1,3	35,8	4086	773	191	305
38		712014,0	7463387,7	15,7	2,3	1,9	38,2	4268	738	213	326
39		712031,4	7463415,2	18,3	2,7	2,1	44,9	4881	874	249	383
40		712060,5	7463457,8	16,2	3,0	3,2	33,4	4649	908	217	287
41	Estaca 10S	712083,9	7463500,6	14,8	2,3	2,3	34,2	4058	751	202	293
42		712110,0	7463527,9	14,6	2,7	1,3	33,6	4032	787	181	286
43		712142,0	7463576,7	16,4	3,0	2,8	35,2	4524	903	218	302

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
44		712177,0	7463631,6	13,1	3,2	1,0	26,5	3822	862	143	226
45		712395,3	7463954,7	14,2	2,7	3,1	28,3	3862	792	191	243
46	Estaca 13S	712415,9	7463997,4	15,1	2,3	3,3	33,1	4067	748	217	284
47		712453,6	7464049,2	11,7	1,6	1,4	29,3	3245	542	162	250
48		712491,5	7464104,1	11,8	2,3	1,3	26,0	3324	654	145	222
49		712523,2	7464128,2	12,2	1,6	2,4	28,6	3285	566	179	246
50	Estaca 1N	712558,0	7464173,9	9,5	0,7	1,7	25,6	2457	342	152	219
51		712806,2	7464595,0	12,9	2,3	2,8	26,4	3614	711	176	227
52		712841,4	7464662,2	11,9	2,3	1,0	27,1	3538	651	145	231
53	Estaca 4N	712864,8	7464705,0	9,9	1,4	1,8	23,2	2750	455	143	199
54		712896,6	7464738,4	10,1	1,8	2,2	20,7	2847	553	138	178
55		712931,3	7464774,8	8,5	1,3	2,7	16,8	2284	431	130	145
56		712940,5	7464820,8	7,2	0,7	1,7	17,7	2027	290	115	152
57	Estaca 5N	712949,6	7464854,6	12,1	2,0	1,9	27,4	3352	624	163	234
58		712998,6	7464893,9	13,3	2,1	3,7	26,8	3637	670	196	231
59		713044,5	7464917,8	11,9	2,5	1,0	26,0	3369	683	140	222
60		713059,3	7464954,5	6,8	1,4	1,4	13,0	2069	402	87	112
61	Estaca 6N	713088,8	7465024,9	11,3	1,3	2,6	26,6	2949	470	173	229
62		713112,3	7465073,8	13,3	0,9	3,4	34,0	3427	456	222	292
63		713101,5	7465120,1	4,7	0,9	1,3	8,8	1419	258	65	76
64		713107,9	7465166,2	5,9	2,0	1,1	7,4	1835	485	55	64
65	Estaca 7N	713131,5	7465221,2	5,3	0,5	1,6	12,3	1680	230	88	106
66		713140,8	7465273,4	11,7	1,6	2,5	26,7	3029	517	157	204
67		713164,7	7465353,1	8,8	1,3	1,6	20,2	2422	412	124	173
1	*	722923,8	7461390,2	-0,1	0,0	-0,5	0,9	88	-21	-6	7
2	*	722923,8	7461390,2	0,0	0,0	-0,1	0,1	78	-19	-1	1
3	*	722923,8	7461390,2	-3,2	0,0	-5,0	0,1	80	-21	-9	0
4	*	722923,8	7461390,2	-0,4	-0,2	-0,6	1,0	93	-25	-8	7
5	*	722923,8	7461390,2	0,1	0,2	-0,5	0,5	86	-27	-8	4
6	*	722923,8	7461390,2	-0,4	-0,2	-0,5	0,9	82	-24	-5	7
7	*	722923,8	7461390,2	-0,1	0,0	-0,5	0,7	61	-19	-6	5
8	*	722923,8	7461390,2	-0,2	0,0	-0,4	0,3	76	-19	-5	3

\*Background na Lagoa de Maricá

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



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

**ANEXO I-f - ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADOS DOS TESTES**

## 1 - Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) também são realizados vôos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) 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),

$\mu$  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 ( $\mu$ ) 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-se (2) por (1), obtém-se:

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

onde:

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

A seguir são apresentados os resultados dos testes de atenuação atmosférica da aeronave que participou do Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco.

**Aeronave: PR-FAK**

Data da Calibração: 26/01/2009

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

<b>MÉDIAS SOBRE A TERRA*</b>					
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>	
330	2407,362	195,948	64,534	102,172	
331	2368,466	197,414	62,155	100,379	
332	2457,034	199,356	64,458	105,254	
400	2177,034	177,492	60,373	91,661	
500	1750,569	139,293	48,914	73,190	
600	1546,914	124,741	43,155	63,259	
700	1322,862	105,552	38,845	55,345	
800	1168,153	94,508	34,237	48,780	
<b>MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*</b>					
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>	
330	249,144	29,743	9,553	6,405	
331	247,533	29,873	9,504	7,087	
332	245,210	29,553	9,710	6,870	
400	246,111	28,989	9,470	6,971	
500	242,809	28,149	9,550	7,164	
600	239,673	27,505	9,371	7,138	
700	233,892	27,382	9,019	7,413	
800	225,445	26,774	8,713	7,215	
<b>MÉDIAS TERRA-ÁGUA*</b>					
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>	
330	2158,218	166,205	54,981	95,767	
331	2120,933	167,541	52,651	93,292	
332	2211,824	169,803	54,748	98,384	
400	1930,923	148,503	50,903	84,690	
500	1507,760	111,144	39,364	66,026	
600	1307,241	97,236	33,784	56,121	
700	1088,970	78,170	29,826	47,932	
800	942,708	67,734	25,524	41,565	
<i>*valores corrigidos do tempo morto</i>					

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

- Tempo morto
- Background
- Espalhamento Compton

Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

LINHA	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	98.82	2158.218	100.490	22.047	95.767
331	102.00	2120.933	104.224	20.472	93.292
332	96.74	2211.824	103.832	21.004	98.384
400	114.18	1930.923	87.922	21.130	84.690
500	146.92	1507.760	63.342	15.085	66.026
600	168.79	1307.241	55.867	12.549	56.121
700	196.95	1088.970	41.470	11.036	47.932
800	220.94	942.708	35.868	8.736	41.565

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

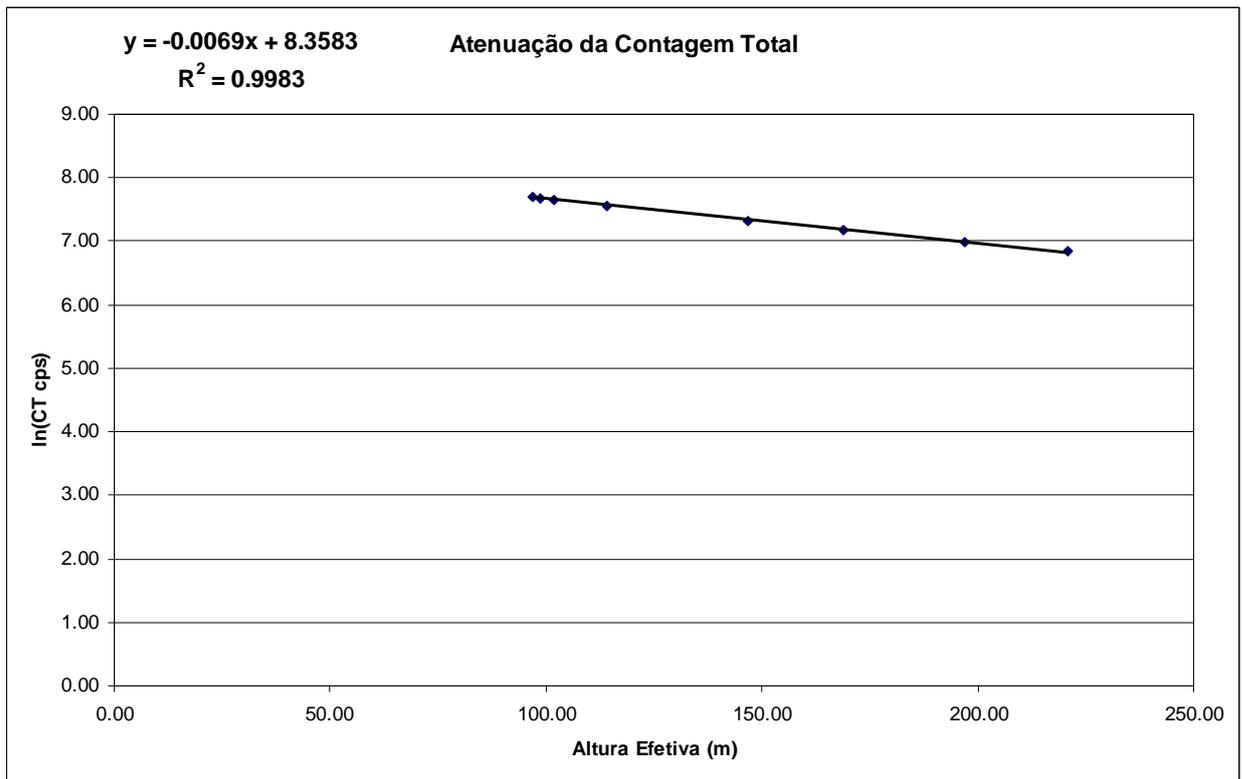
Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica (logarítmica).

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
330	98.82	7.677	4.610	3.093	4.562
331	102.00	7.660	4.647	3.019	4.536
332	96.74	7.702	4.643	3.045	4.589
400	114.18	7.566	4.476	3.051	4.439
500	146.92	7.318	4.149	2.714	4.190
600	168.79	7.176	4.023	2.530	4.028
700	196.95	6.993	3.725	2.401	3.870
800	220.94	6.849	3.580	2.167	3.727

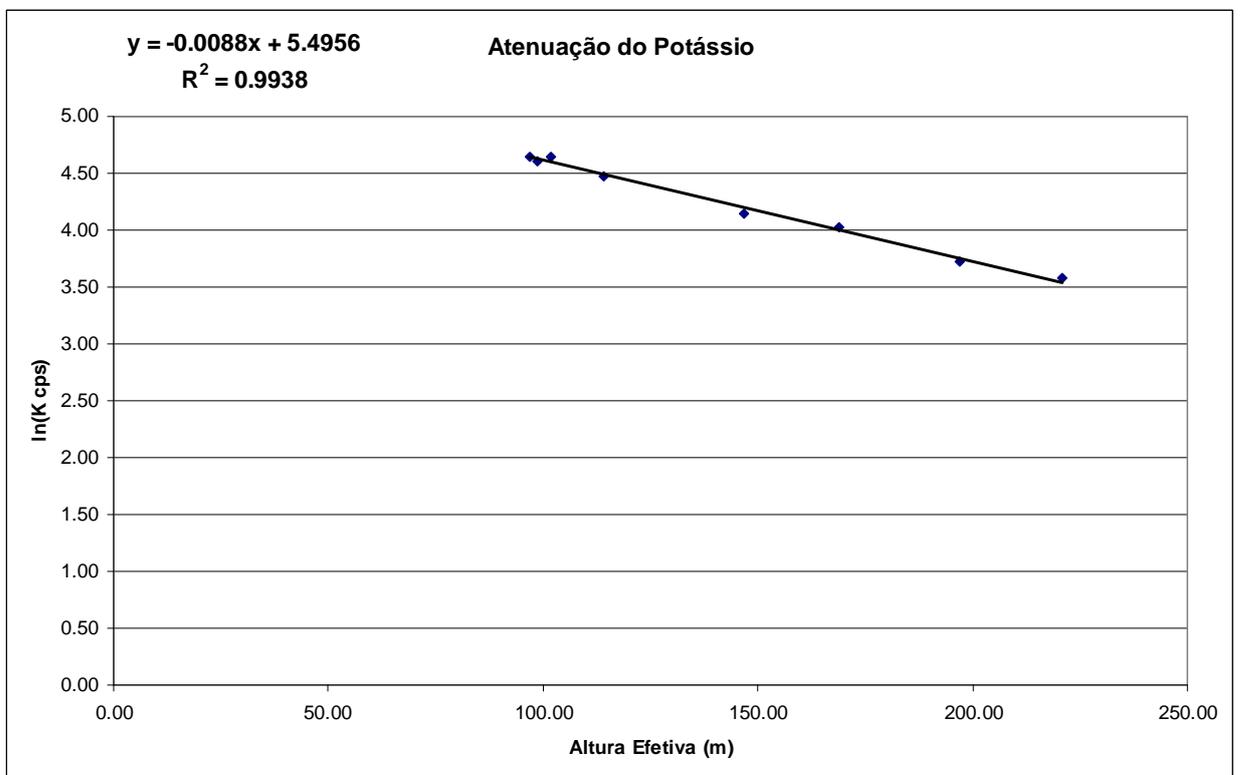
Os valores de  $\mu$  obtidos são correspondentes aos coeficientes angulares das equações das retas obtidas pelos gráficos das Figuras a seguir, conforme mostra o próximo Quadro.

Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

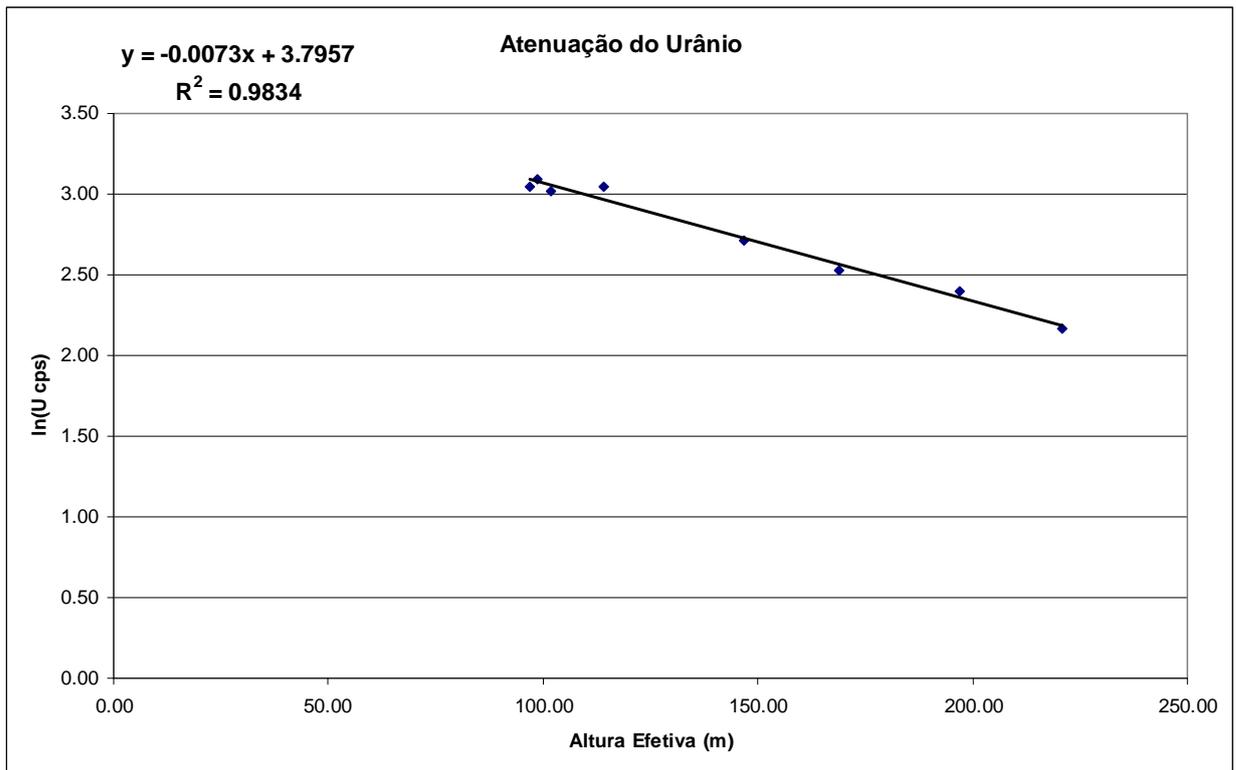
Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0.0069
Potássio	-0.0088
Urânio	-0.0073
Tório	-0.0070



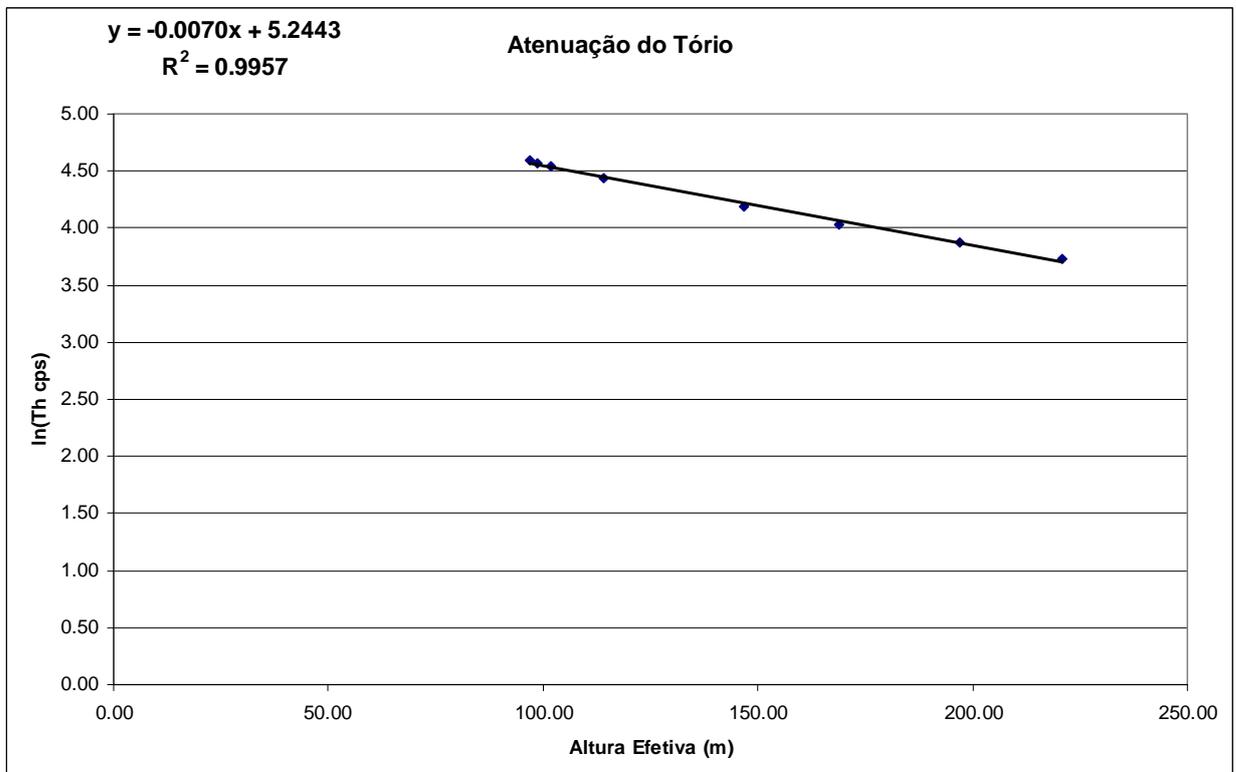
Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.



Coeficiente de Atenuação - Potássio.



Coefficiente de Atenuação – Urânio.



Coefficiente de Atenuação – Tório.

## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

### **Anexo II-a – Teste de Altimetros**

**Teste de Altimetro – PR-FAK**

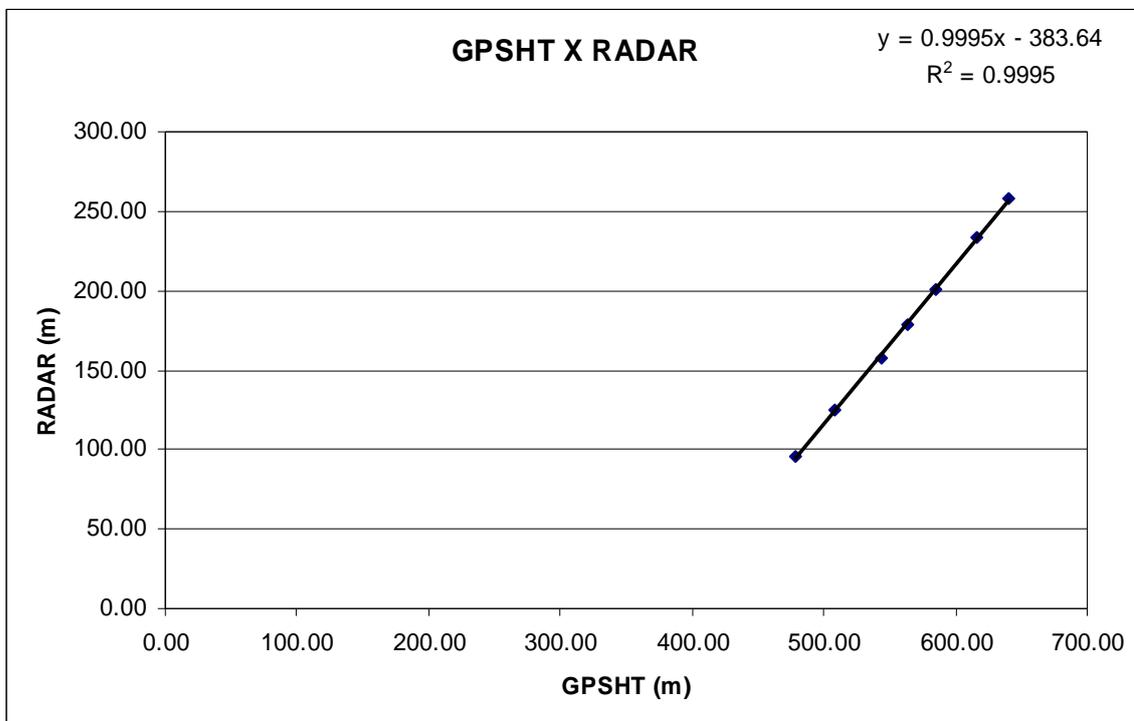
Projeto	28015
Aeronave	PR-FAK
Base	Petrolina-PE
Data	15/11/2008
Vôo	85

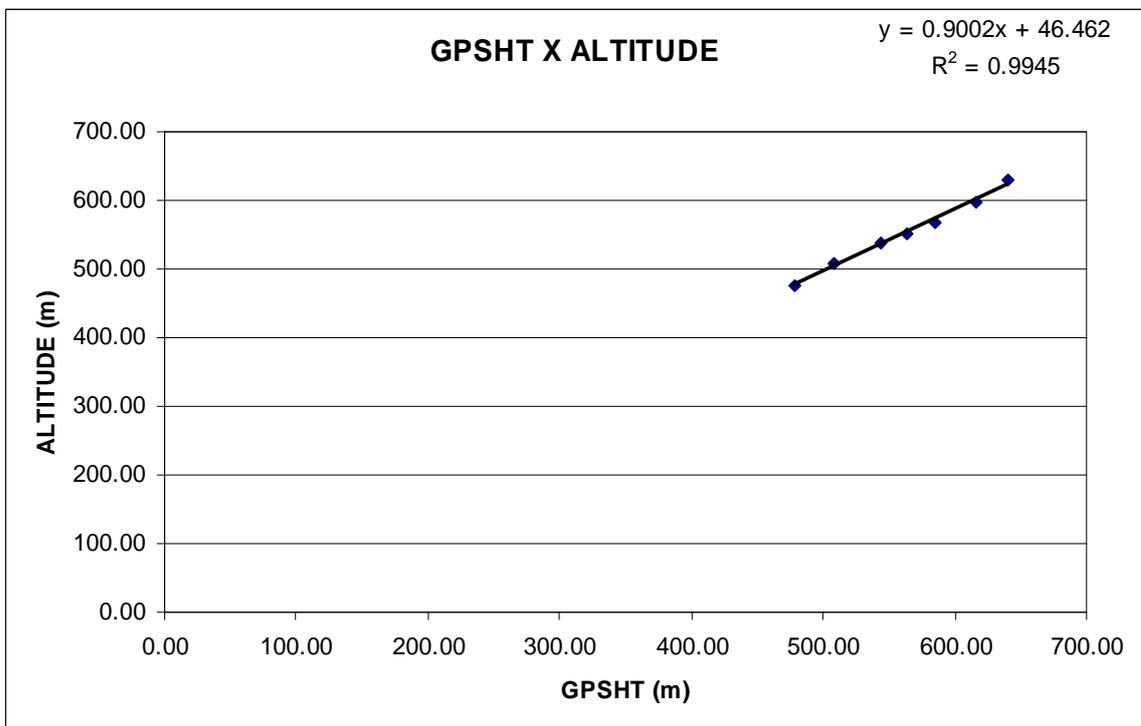
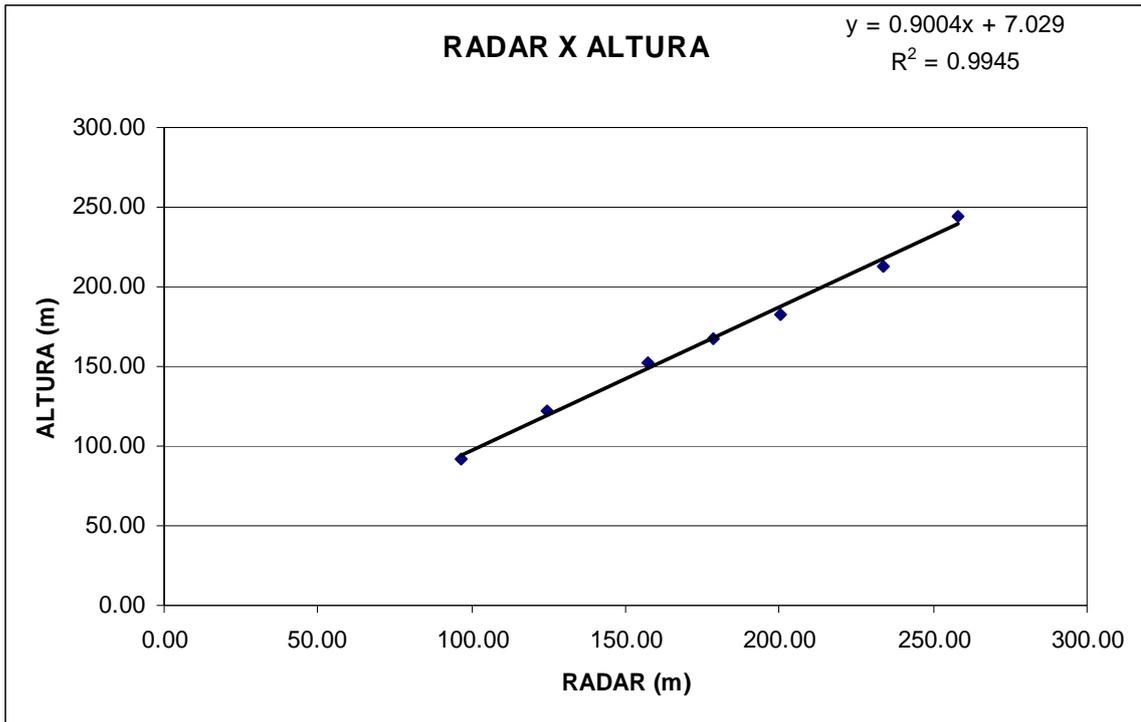
**Altitude da Pista: 385m**

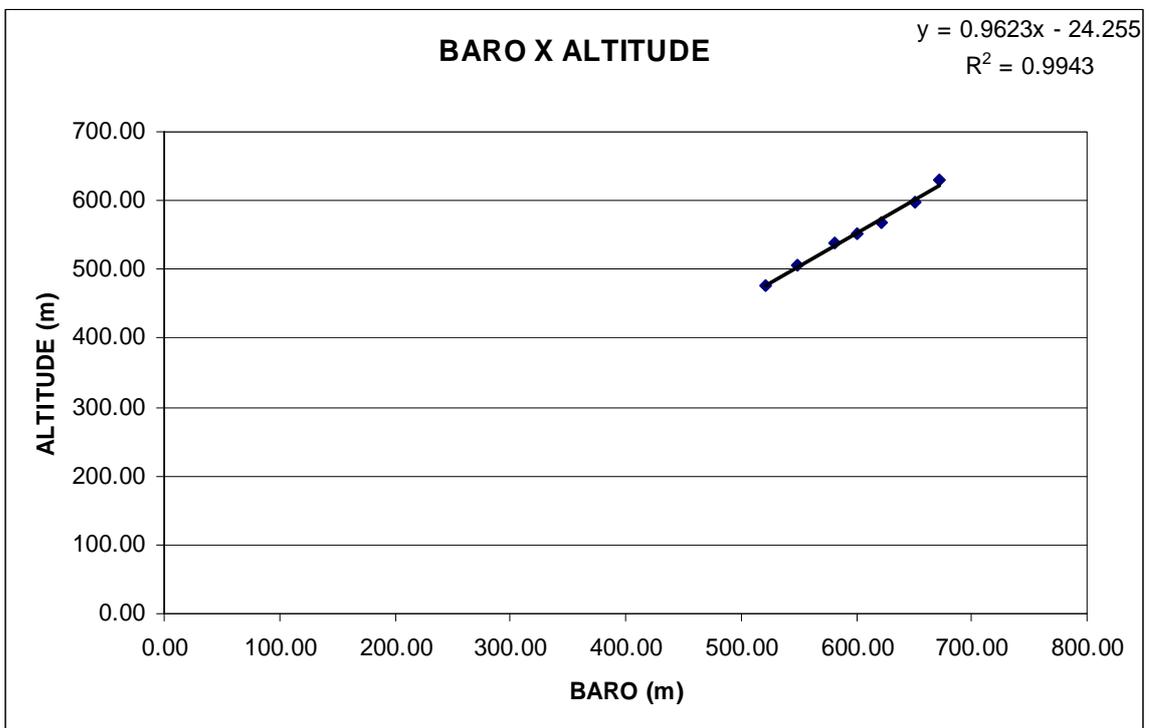
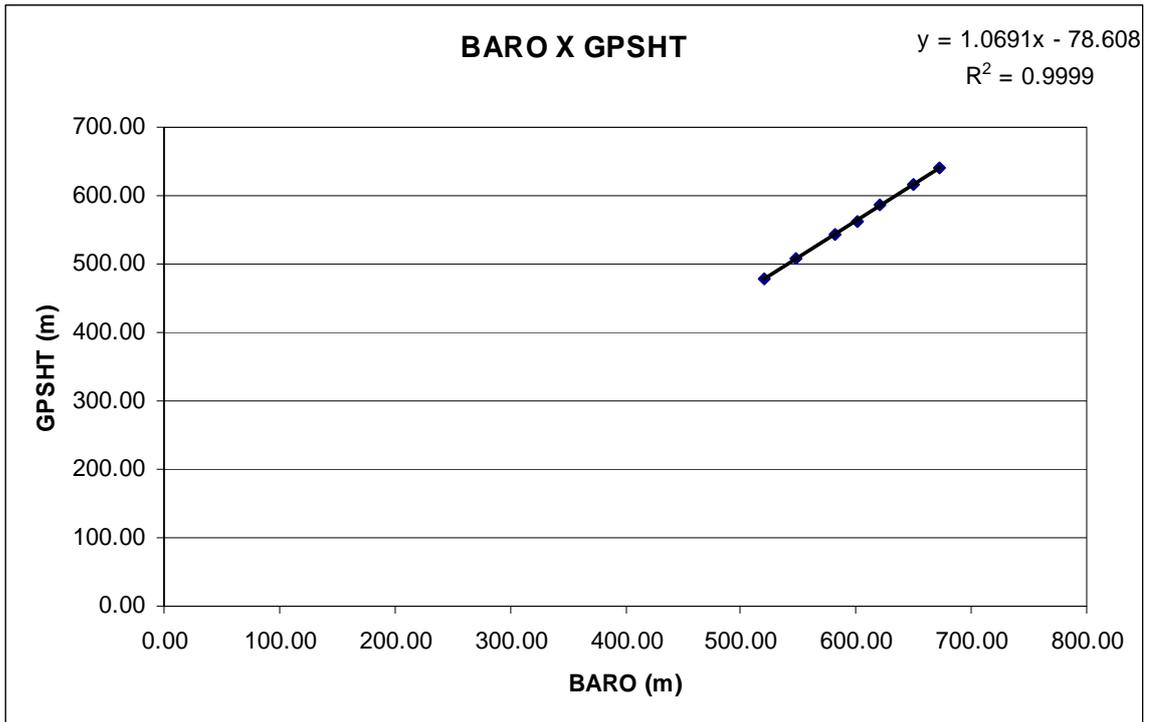
**ALTURA = Altura Teórica**

**ALTITUDE = Altura teórica somada com a altitude da Pista**

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR (m)	BARO (m)
800	243,84	628,84	640,80	257,82	672,47
700	213,36	598,36	616,90	233,83	650,21
600	182,88	567,88	585,20	200,52	621,28
550	167,64	552,64	563,40	178,27	601,04
500	152,40	537,40	543,20	157,13	581,98
400	121,92	506,92	507,70	124,74	548,68
300	91,44	476,44	479,00	96,29	520,80





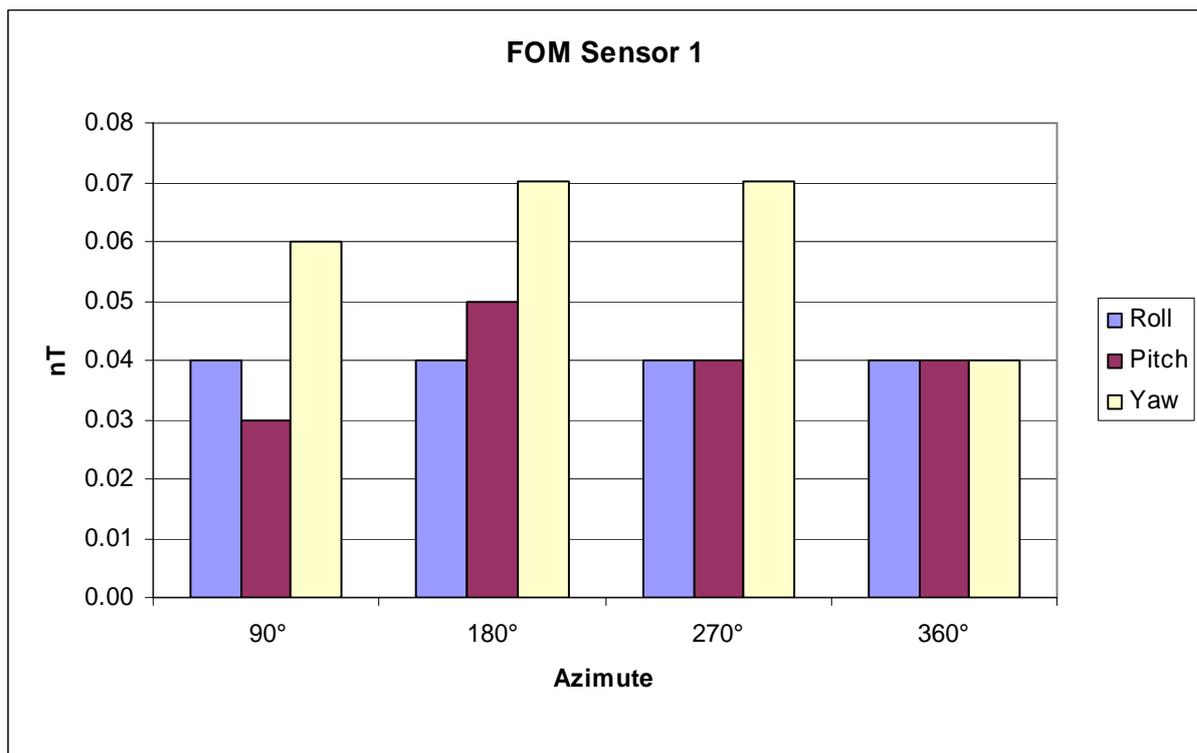


**Anexo II-b – Compensação Magnética**

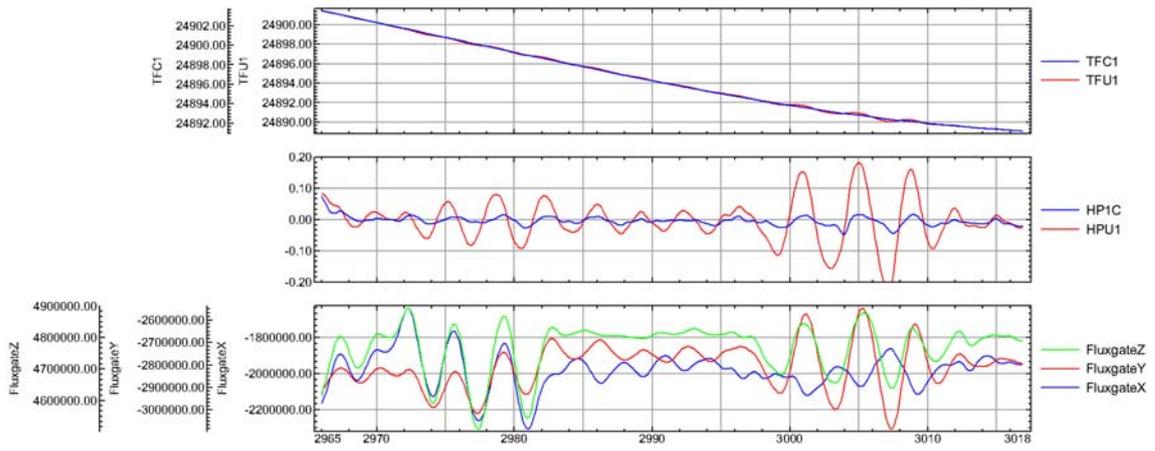
### Compensação Magnética – PR-FAK

Nº Job	28015
Base	Petrolina - PE
Aeronave	PR-FAK
Data	25/09/2008
Nº Vôo	4

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,04	0,03	0,06	0,13
181	180°	0,04	0,05	0,07	0,16
271	270°	0,04	0,04	0,07	0,15
361	360°	0,04	0,04	0,04	0,12
<b>TOTAL</b>					<b>0,56</b>



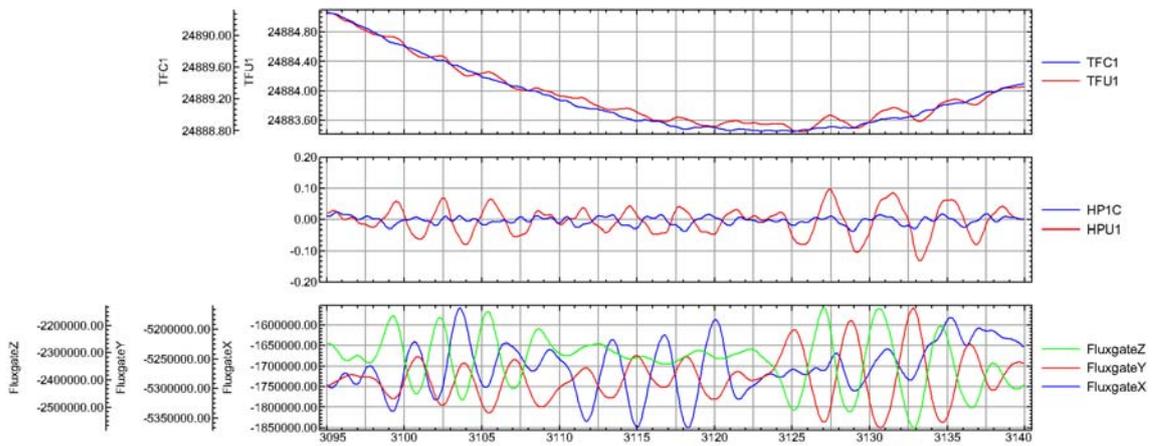
### 28015 - PR-FAK - FOM004 - AZIMUTE 90° - 25-09-2008



database: C:\Job\_28015\oasis\FOM004.gdb line/group: L91.1

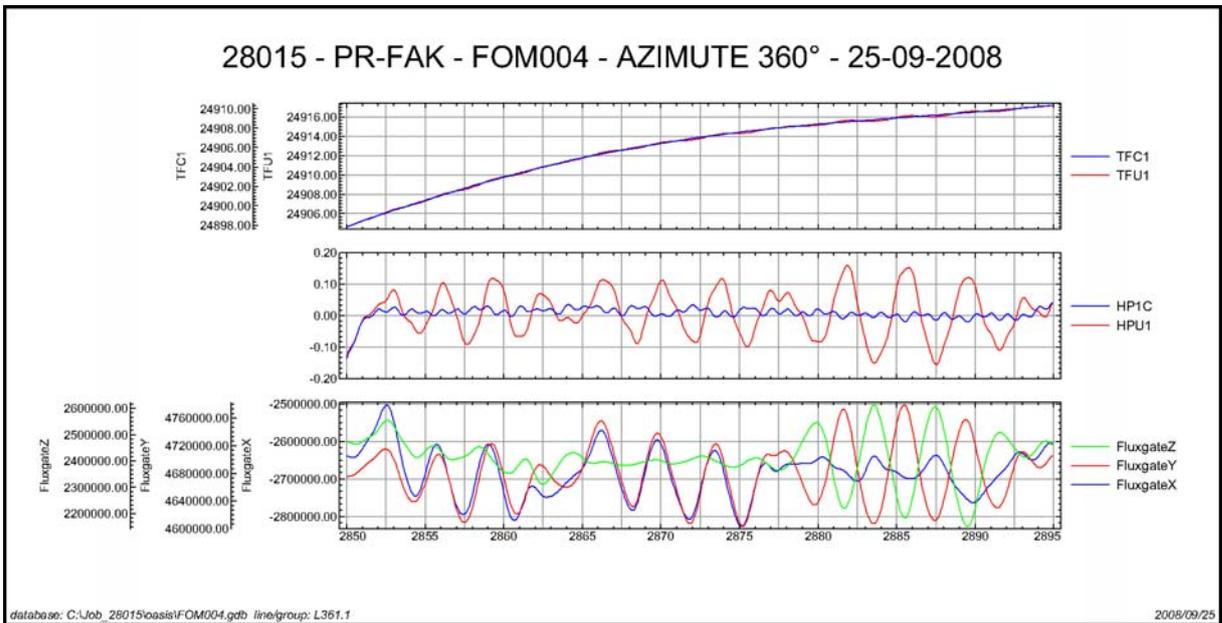
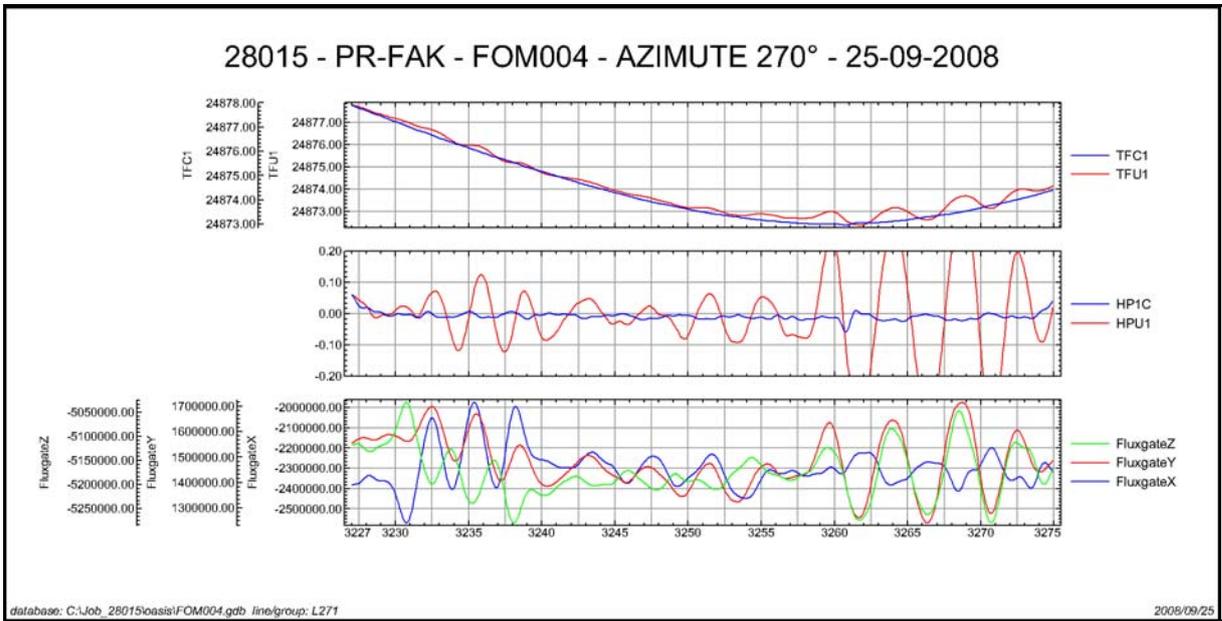
2008/09/25

### 28015 - PR-FAK - FOM004 - AZIMUTE 180° - 25-09-2008



database: C:\Job\_28015\oasis\FOM004.gdb line/group: L181.1

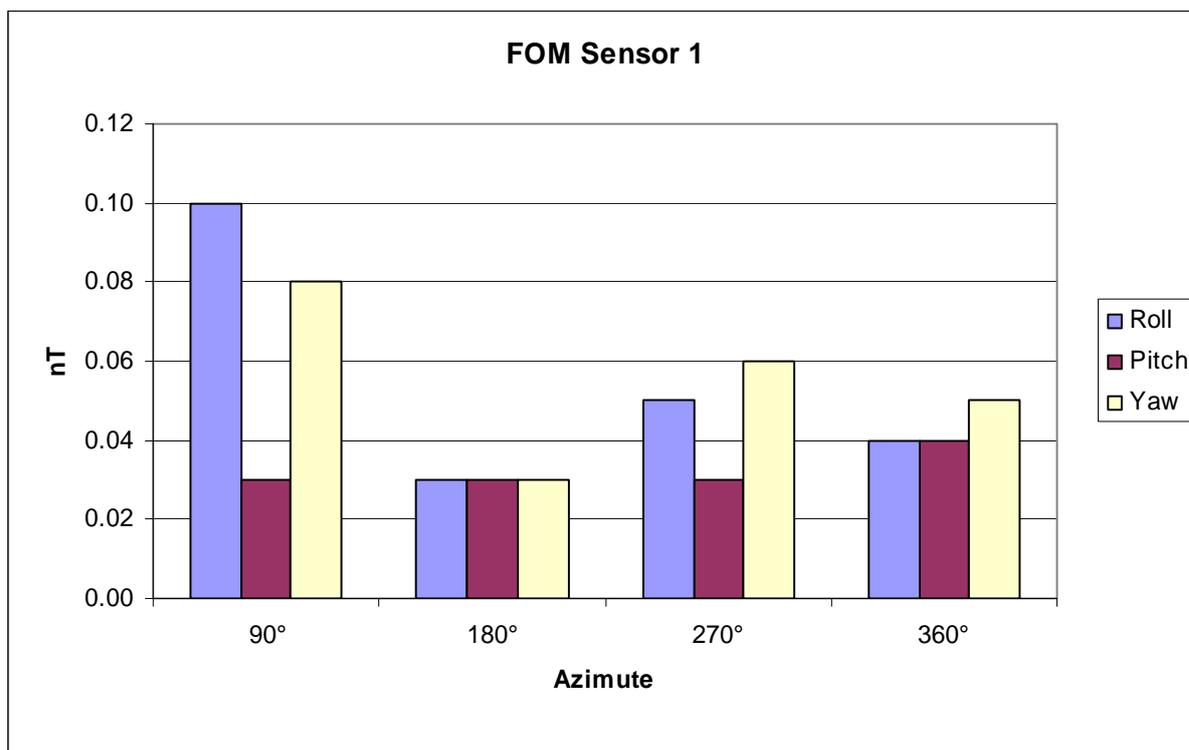
2008/09/25



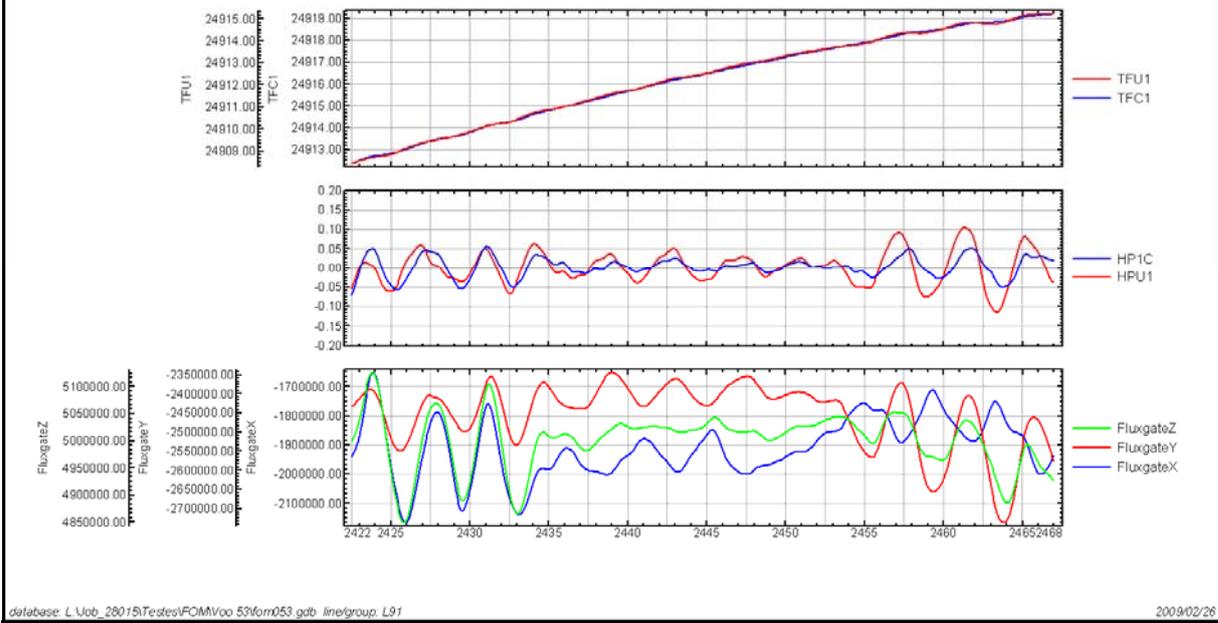
*TFU1 – Campo Magnético Total não compensado*  
*TFC1 – Campo Magnético Total compensado*  
*HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado*  
*HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado*  
*FluxgateX – Componente X da Fluxgate*  
*FluxgateY – Componente Y da Fluxgate*  
*FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate*

Nº Job	28015
Base	Remanso - BA
Aeronave	PR-FAK
Data	26/10/2008
Nº Vôo	53

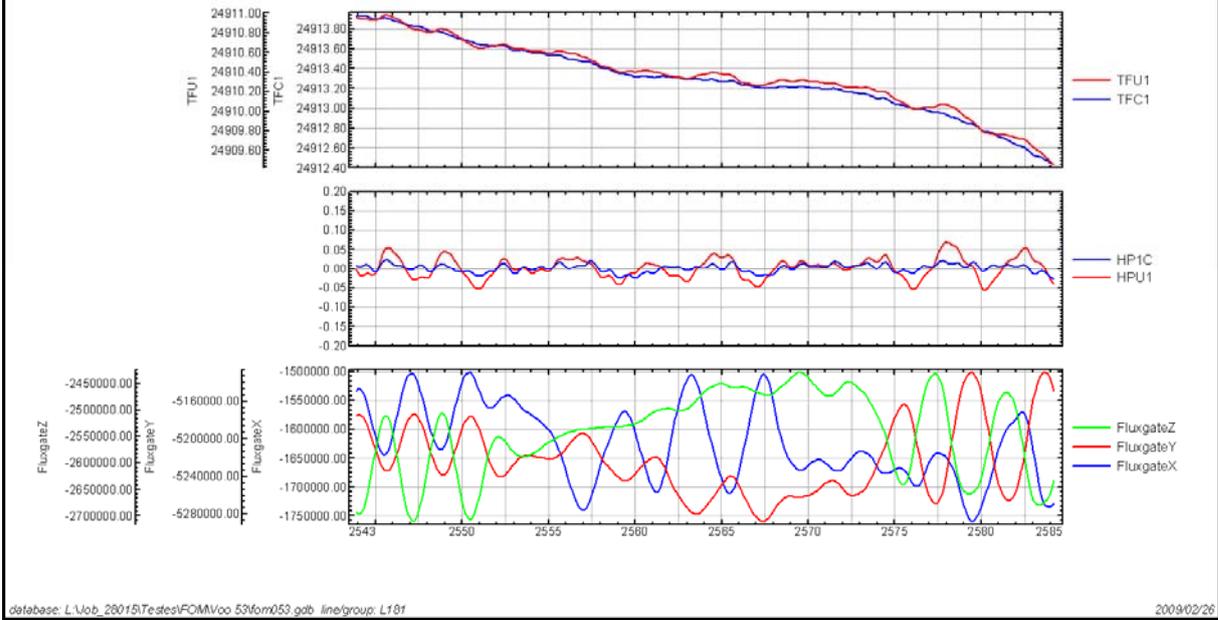
SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,1	0,03	0,08	0,21
181	180°	0,03	0,03	0,03	0,09
271	270°	0,05	0,03	0,06	0,14
361	360°	0,04	0,04	0,05	0,13
<b>TOTAL</b>					<b>0,57</b>

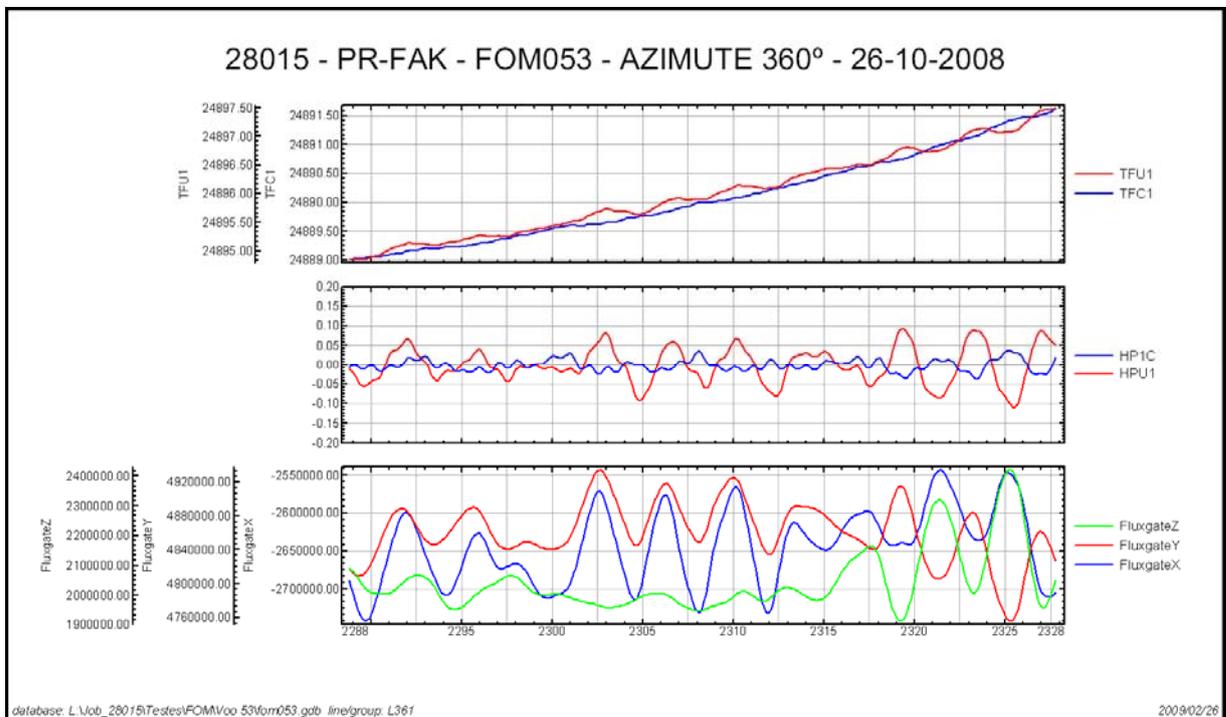
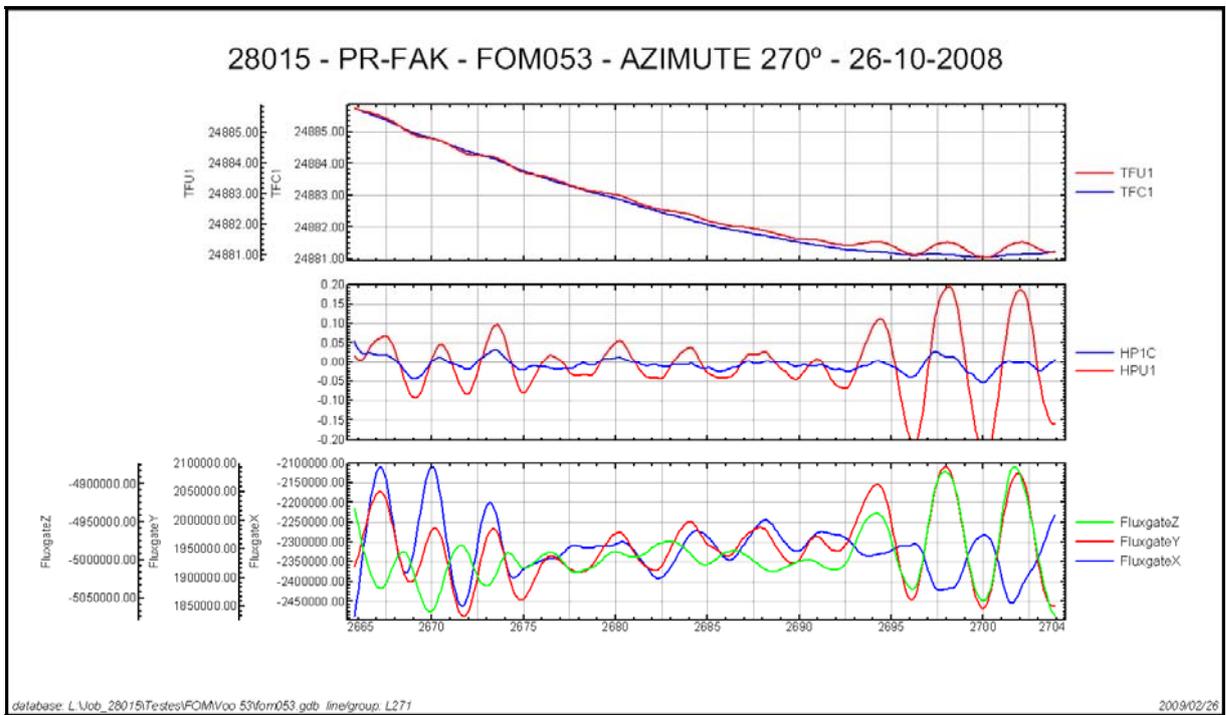


### 28015 - PR-FAK - FOM053 - AZIMUTE 90° - 26-10-2008



### 28015 - PR-FAK - FOM053 - AZIMUTE 180° - 26-10-2008



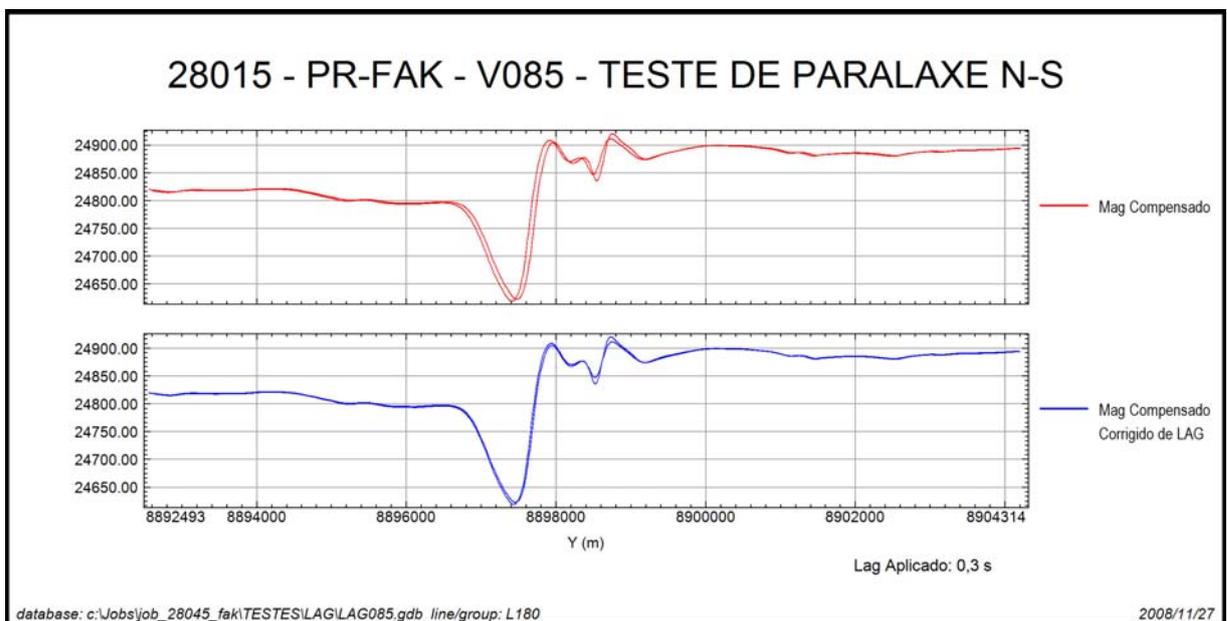


TFU1 – Campo Magnético Total não compensado  
TFC1 – Campo Magnético Total compensado  
HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado  
HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado  
FluxgateX – Componente X da Fluxgate  
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate  
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

**Anexo II-c – Teste de Paralaxe**

**Paralaxe – PR-FAK**

Projeto	28015
Base	Petrolina - PE
Aeronave	PR-FAK
Data	26/11/2008
Vôo	085



**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 Médio São Francisco.

Um total de 4 DVD-ROMs e 1 CD-ROM compõem a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

<b>Mídia</b>	<b>Conteúdo</b>
CD#01	- Relatório Final
DVD#01	- Banco de Dados <i>Geosoft</i> - Grids
DVD#02	- Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> - Arquivos com as Articulações da Folhas 1:100.000 e 1:250.000 (PDF) - Arquivos de Plotagem HPGL - Arquivos de Metadados do Projeto - Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000 e 1:250.000 <i>Geosoft</i> PLY
DVD#03	- Arquivos XYZ – Magnetometria e Gamaespectrometria (Zona UTM 23)
DVD#04	- Arquivos XYZ – Magnetometria e Gamaespectrometria (Zona UTM 24)

#### **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:

1087\_\*\_1DV = 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1087\_\*\_Mag = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1087\_\*\_Sinal = Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1087\_\*\_MDT = Modelo Digital do Terreno

1087\_\*\_CT = Contagem Total ( $\mu\text{R/h}$ )

1087\_\*\_Kperc = Potássio (%)

1087\_\*\_eU = Urânio (ppm)

1087\_\*\_eTh = Tório (ppm)

1087\_\*\_ThKRAZAO = Razão Tório/Potássio

1087\_\*\_UThRAZAO = Razão Urânio/Tório

1087\_\*\_UKRAZAO = Razão Urânio/Potássio

1087\_\*\_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)

1087\_\*\_PATH = Traços das Linhas de Vôo

#### **Exemplos:**

1087\_SC24VC4\_Mag.MAP – *Geosoft* MAP da Folha SC.24-V-C-IV Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

1087\_SC23XD\_Sinal.MAP – *Geosoft* MAP da Folha SC.23-X-D Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

1087\_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 1087 em todos os arquivos corresponde ao nº do projeto na Base Aero da CPRM.

Relação dos Arquivos georeferenciados a zona UTM 23 (Meridiano Central 45° WGr)

### Arquivos de GRIDS:

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1087_Mag_23.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1087_1DV_23.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1087_Sinal_23.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1087_CT_23.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
1087_Kperc_23.grd	Concentração de Potássio	%
1087_eU_23.grd	Concentração de Urânio	ppm
1087_eTh_23.grd	Concentração de Tório	ppm
1087_ThKRAZAO_23.grd	Razão Tório/Potássio	-
1087_UKRAZAO_23.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1087_UTHRAZAO_23.grd	Razão Urânio/Tório	-
1087_MDT_23.grd	Modelo Digital do Terreno	m

### Arquivos de Banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1087_GamaLine_23.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1087_GamaTie_23.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1087_MagLine_23.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1087_MagTie_23.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1087_Gama256_23.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
1087_GamaLine_23.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1087_GamaTie_23.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1087_MagLine_23.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1087_MagTie_23.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

### Arquivos de Cruzamentos:

Arquivo	Conteúdo
1087_Cruzamentos_23.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

Relação dos Arquivos georeferenciados a zona UTM 24 (Meridiano Central 39° WGr)

**Arquivos de GRIDS:**

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1087_Mag_24.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1087_1DV_24.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1087_Sinal_24.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1087_CT_24.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
1087_Kperc_24.grd	Concentração de Potássio	%
1087_eU_24.grd	Concentração de Urânio	ppm
1087_eTh_24.grd	Concentração de Tório	ppm
1087_ThKRAZAO_24.grd	Razão Tório/Potássio	-
1087_UKRAZAO_24.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1087_UTHRAZAO_24.grd	Razão Urânio/Tório	-
1087_MDT_24.grd	Modelo Digital do Terreno	m

**Arquivos de Banco de Dados GDB:**

Arquivo	Conteúdo
1087_GamaLine_24.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1087_GamaTie_24.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1087_MagLine_24.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1087_MagTie_24.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1087_Gama256_24.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
1087_GamaLine_24.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1087_GamaTie_24.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1087_MagLine_24.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1087_MagTie_24.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

**Arquivos de Cruzamentos:**

Arquivo	Conteúdo
1087_Cruzamentos_24.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

**Arquivos de Poligonais :**

<b>Arquivo</b>	<b>Conteúdo</b>
SC23XD1.PLY	Polígono referente à folha SC.23-X-D-I
SC23XD2.PLY	Polígono referente à folha SC.23-X-D-II
SC23XD3.PLY	Polígono referente à folha SC.23-X-D-III
SC23XD6.PLY	Polígono referente à folha SC.23-X-D-VI
SC24VC1.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-C-I
SC24VC2.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-C-II
SC24VC3.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-C-III
SC24VC4.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-C-IV
SC24VC5.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-C-V
SC24VC6.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-C-VI
SC24VD1.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-D-I
SC24VD4.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-D-IV
SC23XD.PLY	Polígono referente à folha SC.23-X-D
SC24VC.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-C
SC24VD.PLY	Polígono referente à folha SC.24-V-D

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

**ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO MÉDIO SÃO FRANCISCO**  
**FORMATO DIGITAL DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS PARA AS**  
**LINHAS DE VÔO**

FOLHA 1 DE 1

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFIT) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE VÔO - LINE)

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	TIE	NÚMERO DA LINHA	X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	FIDUCIAL (F8.1)	GPSALT (ALTITUDE GPS) (m) (F8.2)	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m) (F8.2)	ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m) (F8.2)	MDT (m) (F8.2)	MAGBASE (m) (F10.3)	MAGBRUTO (BRUTO) (m) (F10.3)	MAGCOM (COMPENSADO) (m) (F10.3)	MAGCOR (CORRIGIDO) (m) (F10.3)		
	MAGNIV (m) (F10.3)	MAGMIC (m) (F10.3)	MAGIGRF (-IGRF) (m) (F10.3)	IGRF (m) (F10.3)	LONGITUDE (GRAUS DECIMAS) (F11.6) (F11.6)	LATITUDE (GRAUS DECIMAS) (F11.6) (F11.6)	DATA (AAAA/MM/DD) (A10) (A10)	HORA (HHMMSS) (A10) (A10)					

**PROJETO AEROGEOFÍSICO MÉDIO SÃO FRANCISCO**  
**FORMATO DIGITAL DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS PARA AS**  
**LINHAS DE CONTROLE**

FOLHA 1 DE 1

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE CONTROLE - TIES)

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CONTROLE	TIE	NÚMERO DA LINHA	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9								
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9								
	COORDENADA UTM LESTE (m)	COORDENADA UTM NORTE (m)	FIDUCIAL (m)	GPSALT (ALTITUDE GPS) (m)	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m)	ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m)	MDT (m)	MAGBASE (m)	MAGBRUTO (BRUTO) (m)	MAGCOM (COMPENSADO) (m)	MAGCOR (CORRIGIDO) (m)								
	F10.0	F10.0	F10.0	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3								
	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20								
	MAGNIV	MAGMIC	MAGIGRF (-IGRF)	IGRF	LONGITUDE	LATITUDE	DATA	HORA											
	(m)	(m)	(m)	(m)	(GRAUS DECIMAS)	(GRAUS DECIMAS)	(AAAA/MM/DD)	(HH:MM:SS)											
	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F11.6	F11.6	(A10)	(A10)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95







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

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10010	11	5602	6025
10020	11	6181	6583
10030	11	6718	7148
10040	11	7307	7724
10050	11	7879	8319
10060	11	8483	8899
10070	11	9060	9483
10080	11	9635	10038
10090	11	10211	10641
10100	11	10803	11211
10110	11	11372	11807
10120	14	5065	5465
10130	14	5632	6049
10140	14	6235	6627
10150	14	6779	7183
10160	14	7339	7744
10170	14	7940	8346
10180	14	8521	8934
10190	14	9101	9523
10200	14	9679	10074
10210	14	10275	10680
10220	14	10863	11273
10230	14	11461	11865
10240	14	12055	12453
10250	14	12979	13383
10260	14	13495	13909
10270	15	5152	5567
10280	15	5721	6132
10290	15	6507	6924
10300	15	7265	7676
10310	15	7838	8258
10320	15	8403	8809
10330	15	8953	9361
10340	15	9528	9936
10350	15	10111	10626
10360	15	10763	11278
10370	15	11455	11954
10380	15	12096	12611
10390	17	4531	5037
10400	17	5209	5754
10410	17	5912	6436
10420	17	6622	7172
10430	17	7332	7841
10440	17	8014	8548
10450	17	8696	9202

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10460	17	9362	9892
10470	17	10050	10541
10480	17	10710	11244
10490	17	12053	12581
10500	17	12758	13249
10510	17	13453	13976
10520	17	14114	14605
10530	19	4895	5387
10540	19	5592	6115
10550	19	6283	6772
10560	19	6962	7471
10570	19	7897	8396
10580	19	8574	9096
10590	19	9258	9763
10600	19	9955	10462
10610	19	10626	11127
10620	21	4693	5181
10630	21	5360	5885
10640	21	6058	6547
10650	21	6736	7256
10660	21	7422	7906
10670	21	8092	8618
10680	21	8795	9283
10690	21	9463	9978
10700	21	10149	10649
10710	21	10816	11342
10720	21	11493	11990
10730	21	12161	12673
10740	37	4778	5269
10750	37	5425	5946
10760	37	6130	6610
10770	37	6799	7317
10780	37	7502	7988
10790	37	8156	8677
10800	37	8871	9354
10810	37	9536	10047
10820	37	10277	10769
10830	37	10990	11508
10840	37	11795	12309
10850	54	2571	3105
10860	54	3273	3753
10870	54	3928	4473
10880	54	4926	5413
10890	54	5627	6177
10900	54	6371	6857

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10910	54	7010	7565
10920	54	7731	8220
10930	54	9245	9798
10940	54	9985	10460
10950	54	10605	11144
10960	54	11348	11832
10970	54	11982	12536
10980	54	12698	13184
10990	54	13315	13865
11000	54	13994	14480
11010	55	2147	2669
11020	55	2864	3378
11030	55	3530	4046
11040	55	4245	4744
11050	55	4953	5467
11060	55	5644	6148
11070	55	6315	6831
11080	55	7066	7569
11090	55	7721	8237
11100	55	8411	8927
11110	56	2340	2854
11120	56	5904	6399
11130	56	3722	4254
11140	56	4471	4980
11150	56	5151	5695
11160	56	6551	7098
11170	56	7267	7864
11180	56	8065	8715
11190	56	8890	9481
11200	56	9674	10316
11210	56	10478	11083
11220	56	11312	11949
11230	56	12126	12717
11240	56	12890	13524
11250	57	1899	2513
11260	57	2686	3302
11270	57	3436	4055
11280	57	4215	4843
11290	57	4975	5609
11300	57	5775	6418
11310	57	6546	7168
11320	57	7321	7971
11330	57	8093	8730
11340	57	8906	9549
11350	59	2077	2705

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11360	59	2887	3524
11370	59	3678	4323
11380	59	4495	5132
11390	59	5297	5939
11400	59	6114	6749
11410	59	6903	7544
11420	59	7739	8369
11430	59	8508	9152
11440	59	9299	9914
11450	59	10052	10706
11460	59	10860	11672
11470	60	1723	2516
11480	60	2727	3530
11490	60	3706	4498
11500	60	4730	5514
11510	60	5715	6516
11520	60	6693	7489
11530	60	7665	8470
11540	61	1788	2625
11550	61	2805	3622
11560	61	3807	4633
11570	61	4832	5638
11580	61	5830	6661
11590	61	6879	7693
11600	61	7855	8686
11610	61	8920	9719
11620	61	9899	10717
11630	61	10915	11726
11640	61	11904	12724
11650	61	12942	13762
11660	62	1718	2497
11670	62	2669	3504
11680	62	3622	4422
11690	62	4587	5439
11700	62	5594	6390
11710	62	6547	7395
11720	62	7730	8518
11730	62	8656	9493
11740	62	9596	10366
11750	62	10478	11292
11760	65	1661	2457
11770	65	2658	3472
11780	65	3666	4462
11790	65	4672	5491
11800	65	5682	6467

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11810	65	6678	7500
11820	65	7676	8473
11830	65	8657	9471
11840	65	9656	10452
11850	66	1594	2375
11860	66	2574	3398
11870	66	3577	4361
11880	66	4564	5390
11890	66	5609	6416
11900	66	6608	7441
11910	66	7657	8461
11920	74	3990	4852
11930	74	5091	5918
11940	74	6159	7046
11950	74	7274	8073
11960	74	8322	9224
11970	74	9505	10287
11980	74	10546	11459
11990	74	11716	12495
12000	74	12735	13636
12010	73	9402	10232
12020	73	8320	9147
12030	73	7230	8065
12040	73	6151	6982
12050	73	5014	5867
12060	73	3950	4785
12070	50	11784	12596
12080	50	10743	11589
12090	50	9726	10554
12100	50	8683	9520
12110	50	7683	8500
12120	50	6622	7447
12130	50	5620	6449
12140	50	4588	5413
12150	50	2534	3379
12161	50	3553	4385
12170	49	6392	7204
12180	49	5335	6165
12190	49	4315	5113
12201	50	1541	2351
12210	49	2205	3006
12220	48	6593	7416
12230	48	1645	2842
12240	48	3057	4627
12250	48	4827	6365

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
12260	47	14039	15583
12270	47	12312	13819
12280	47	10534	12087
12290	47	8831	10310
12300	47	7079	8631
12310	47	5391	6879
12320	47	3647	5211
12330	47	1932	3439
12340	46	7187	8681
12350	46	5478	6999
12360	46	3720	5222
12370	46	1994	3505
12380	43	3429	4979
12390	43	1731	3226
12400	40	4834	6355
12410	40	3093	4610
12420	40	1347	2875
12430	39	12691	13600
12431	60	9167	9805
12440	39	10957	12482
12450	39	9227	10731
12460	39	7492	9023
12470	39	5777	7286
12480	39	4058	5596
12490	38	5387	6914
12500	38	3685	5183
12510	38	1957	3486
12520	38	1001	1747
12521	39	14043	14784
12530	36	6894	8247
12531	36	8610	8833
12540	36	5325	6762
12550	36	3596	5189
12560	36	1980	3468
12570	36	271	1841
12580	36	3354	4397
12582	85	3750	4259
12590	34	13594	15062
12600	34	11901	13398
12610	34	10196	11701
12620	34	8517	10017
12630	34	6846	8343
12640	34	5165	6671
12650	34	3480	4989
12660	20	2409	3915

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
12670	20	771	2217
12680	16	6429	7904
12690	16	4739	6255
12700	16	3078	4561
12710	13	4803	6366
12720	13	3110	4654
12730	22	2965	4443
12740	22	4622	6110
12750	22	6282	7052
12751	23	4539	5324
12760	23	5499	6957
12770	23	7150	8732
12780	23	8907	10353
12790	23	10534	12091
12800	23	12553	13303
12801	26	3517	4236
12810	24	2762	4276
12820	24	4409	5888
12830	24	6609	8113
12840	25	3199	4780
12850	25	4951	6409
12860	25	6633	8188
12870	25	8353	9824
12880	25	10024	11631
12890	25	11993	13485
12900	25	13696	15208
12910	26	4402	5964
12920	26	6140	7639
12930	26	7825	9342
12940	26	9541	11037
12950	26	11197	12700
12960	26	12915	14443
12970	27	2767	4280
12980	27	4460	5997
12990	27	6178	7700
13000	28	3150	4718
13010	28	4902	6372
13020	28	6556	8129
13030	28	8328	8849
13031	28	9371	10364
13040	28	10558	12123
13050	28	12304	13822
13060	28	13994	14802
13061	30	3143	3921
13070	29	2572	4100

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
13080	29	4297	5804
13090	29	5983	7509
13100	30	4089	5562
13110	30	5752	7290
13120	30	7478	8969
13130	30	9165	10680
13140	30	10868	12342
13150	30	12508	14014
13160	30	14209	14980
13161	32	3052	3796
13170	31	2591	4082
13180	31	4277	5812
13190	31	5985	7496
13200	32	3939	5440
13210	32	5629	7147
13220	32	7315	8809
13230	32	9030	10569
13240	32	10755	11518
13241	35	3292	4035
13250	35	4253	5797
13260	35	5963	7419
13270	35	7606	9125
13280	75	978	2528
13290	75	2754	4363
13300	64	7513	9059
13310	64	5797	7357
13320	64	5380	5604
13321	64	3614	4954
13330	75	4586	6157
13340	75	6399	7998
13350	76	3607	5203
13360	76	5951	7546
13370	76	7772	9333
13380	76	9586	11205
13390	76	11421	12968
13400	76	13224	14823
13410	77	2652	4195
13420	77	4431	5997
13430	77	6218	7751
13440	77	7968	9532
13450	77	9739	11321
13460	77	11537	13058
13470	78	2564	4161
13480	78	4386	5975
13490	78	6215	7770

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
13500	78	8031	9644
13510	78	9854	11404
13520	78	11626	13237
13530	79	2701	4254
13540	79	4518	6146
13550	79	6352	7883
13560	79	8122	9726
13570	79	9937	11443
13580	79	11722	13297
13590	80	2540	4126
13600	80	4353	5993
13610	80	6298	7882
13620	80	8114	9755
13630	80	9933	11478
13640	80	11714	13358
13650	81	2495	4000
13660	81	4257	5894
13670	81	6226	7754
13680	81	8041	9688
13690	81	9923	11466
13700	81	11759	12714
13701	82	2554	3187
13710	82	3428	5020
13720	82	5252	6837
13730	82	7043	8626
13740	82	8846	10438
13750	82	10650	12220
13760	82	12443	14038
13770	83	2484	4044
13780	83	4254	5816
13790	83	6028	7591
13800	83	7797	9367
13810	83	9576	11097
13820	83	11307	12862
13830	84	3169	4716
13840	84	4910	6438
13850	84	6627	8182
13860	84	8553	10059
13870	84	10291	11846
13880	84	12073	13553
13890	84	13762	15363
13900	85	5904	7493
13910	85	7794	9336
13920	85	9537	11110
13930	86	3055	4665

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
13940	86	4826	6335
13950	86	6523	7038
13951	86	7769	8872
13960	86	9066	10567
13970	86	10739	12333
13980	86	13466	15000
13990	87	2410	3941
14000	87	4149	5732
14010	87	5983	7543
14020	87	7697	9338
14030	87	9453	10961
14040	87	11115	12727
14050	90	3344	4931
14060	90	5046	6547
14070	90	6690	8238
14080	90	8358	9894
14090	90	10031	11552
14100	90	11685	13255
14110	91	2255	3760
14120	91	3951	5533
14130	91	5718	7213
14140	91	7326	8850
14150	91	8985	10466
14160	91	10569	12065
14170	92	2261	3848
14180	92	3983	5514
14190	92	5934	7480
14200	92	7650	9174
14210	92	9371	10897
14220	92	11014	12560
14230	93	2194	3330
14231	93	4040	4380
14240	93	4534	6068
14250	93	6210	7668
14260	93	7765	9298
14270	93	9477	10924
14280	93	11052	12624
14290	94	2961	4487
14300	94	4660	6146
14310	94	6318	7844
14320	94	8005	9494
14330	94	9665	11191
14340	94	11335	12830
14350	94	14297	15822
14360	95	2167	3675

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
14370	95	3868	5370
14380	95	5526	7063
14390	95	7153	8676
14400	95	8877	10376
14410	96	2414	3955
14420	96	4266	5808
14430	96	6014	7586
14440	97	2166	3633
14450	97	3807	5342
14460	97	5541	7008
14470	97	7172	8692
14480	97	8902	10354
14490	97	10479	11970
14500	97	12163	13627
14510	99	2027	3603
14520	99	3766	5286
14530	99	5495	7058
14540	99	7218	8733
14550	99	8944	10511
14560	99	10661	12190
14570	99	12381	13916
14580	99	14064	15580
14590	101	2537	4045
14600	101	4156	5696
14610	101	5895	7384
14620	101	7547	9095
14630	103	2079	3637
14640	103	3775	5306
14650	103	5499	7065
14660	103	7224	8753
14670	103	9890	11433
14680	103	11621	13156
14690	103	13326	14866
14700	103	15044	16556
14710	104	1788	3281
14720	104	3440	4952
14730	104	5148	6640
14740	104	6791	8330
14750	104	8514	9989
14760	104	10144	11640
14770	104	11811	13258
14780	107	1952	3453
14790	107	3671	5217
14800	107	5556	7063
14810	107	7249	8784

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
14820	107	9010	10304
14821	110	2175	2393
14830	107	10711	12250
14840	107	12450	13924
14850	107	14121	15664
14860	108	1918	3417
14870	108	3563	5123
14880	108	5258	6752
14890	108	6838	8362
14900	108	8484	10002
14910	108	10118	11643
14920	108	11775	13274
14930	110	2544	4061
14940	110	4279	5754
14950	110	5953	7462
14960	110	7679	8696
14961	111	4700	5183
14970	110	8970	9992
14971	111	3682	4196
14980	111	2043	3535
14990	111	5320	6874
15000	111	7016	8447
15010	111	8579	10167
15020	111	10319	11728
15030	111	11893	13481
15040	112	1741	3221
15050	112	3344	4878
15060	112	5024	6491
15070	112	6624	8123
15080	112	8250	9745
15090	112	9862	11379
15100	112	11505	12989
15110	112	13112	14609
15120	113	2140	3673
15130	113	3799	5300
15140	113	5449	6971
15150	113	7092	8567
15160	113	8709	10213
15170	113	10329	11854
15180	113	11976	13421
15190	113	13541	15068
15200	114	1449	2929
15210	114	3050	4563
15220	114	4700	6195
15230	114	6318	7826

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
15240	114	7951	9422
15250	114	9528	11013
15260	114	11135	12589
15270	114	12698	14232
15280	115	1901	3172
15281	117	3265	3592
15290	115	3696	5101
15300	117	1550	3115
15310	117	4234	5685
15320	117	5826	7394
15330	117	7539	8974
15340	118	1616	3189
15350	118	4086	5537
15360	118	5669	7248
15370	118	7698	9176
15380	118	9307	10866
15390	118	11046	12489
15400	118	12641	14226
15410	118	14393	15835
15420	119	1303	2904
15430	119	3019	4417
15440	119	4566	5821
15441	121	3053	3390
15450	119	6294	7665
15460	120	1795	3371
15470	121	1416	2937
15480	121	3975	5492
15490	121	5615	7146
15500	121	7283	8802
15510	122	2141	3522
15511	122	3761	3998
15520	122	4139	5637
15530	122	5816	7362
15540	123	1587	3120
15550	123	3219	4713
15560	123	4854	6371
15570	123	6471	7938
15580	124	3545	4179
15581	138	1847	2726
15590	124	4551	5704
15591	138	3261	3597
15600	124	5840	7385
15610	124	7687	9165
15620	138	3816	5424
15630	138	5609	7061

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
15640	138	7261	8858
15650	138	9046	10494
15660	138	11940	13501
15670	138	13689	15120
15680	138	15346	16912
15690	139	1679	2456
15691	139	3061	3615
15692	139	4357	4589
15700	139	4766	6295
15710	139	6430	7909
15720	139	8067	9604
15730	139	9761	10512
15731	139	11202	11922
15740	139	12090	13585
15750	140	1278	2727
15760	140	2916	4464
15770	140	4646	5778
15771	140	6622	6966
15780	140	7141	8663
15790	140	8821	10262
15800	140	10433	11479
15801	141	1541	2065
15810	140	11657	12593
15811	141	2553	3031
15820	141	3169	4715
15830	141	4840	6326
15840	141	6475	7647
15841	141	8250	8604
15850	141	8765	9890
15851	142	1562	1939
15860	141	10116	11254
15861	142	2132	2505
15870	141	11455	12446
15871	142	3305	3806
15880	142	3960	5497
15890	142	5634	7124
15900	142	7439	8959
15910	142	9094	10582
15920	142	10751	12240
15930	142	12398	13884
15940	143	481	1985
15950	143	2121	3620
15960	143	3771	5250
15970	143	5417	6876
15980	143	7021	8498

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
15990	143	9061	10066
15991	143	11764	12233
16000	143	10188	11660
16010	143	13090	14535
16020	144	1686	2702
16021	144	9254	9732
16030	144	3112	4088
16031	144	9889	10412
16040	144	4216	5798
16050	144	5929	7362
16060	144	7519	9089
16070	144	10524	11955
16080	144	12084	13638
16090	144	13763	15188
16100	144	15312	16807
16110	136	7553	9085
16120	136	2178	3770
16130	135	9438	10974
16140	135	7863	9340
16150	135	6215	7756
16160	135	4564	6085
16170	135	2885	4432
16180	135	1256	2766
16191	136	3914	5418
16200	130	6344	7851
16210	130	4698	6228
16220	130	3054	4560
16230	130	1415	2941
16240	129	11946	13508
16250	129	10323	11793
16260	129	8590	10167
16270	129	6886	8374
16280	129	5165	6747
16290	129	3507	5002
16300	129	1709	3308
16310	127	10972	12492
16320	127	9306	10824
16330	127	8329	9127
16331	136	9269	10020
16340	127	5876	7415
16350	127	4197	5689
16360	127	2456	4037
16370	126	12894	14379
16380	126	11330	12781
16390	126	9740	11228

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
16400	126	8189	9633
16410	126	6574	8060
16420	126	4750	6205
16430	126	3089	4603
16440	126	1851	2953
16441	136	6864	7241
16450	120	13055	14342
16451	136	5689	5950
16460	120	11156	12677
16470	120	9493	11043
16480	120	7859	9335
16490	120	6200	7753
16500	120	4605	6061
16510	128	6971	7514
16511	128	771	1845
16520	128	1967	3431
16530	128	3594	5193
16540	128	5347	6800
16550	145	2204	3687
16560	145	3826	5316
16570	145	5482	6964
16580	145	7085	8578
16590	145	8750	10225
16600	145	10513	11232
16601	146	1832	2571
16610	146	2738	4312
16620	146	4473	5902
16630	146	6078	7646
16640	146	7964	9389
16650	146	9570	11113
16660	146	11391	12805
16670	146	13028	14561
16680	147	1067	2625
16690	147	2725	4145
16700	147	4354	4868
16701	147	5431	6492
16710	147	6627	8040
16720	147	8226	9786
16730	147	9912	11330
16740	147	11457	12990
16750	147	13104	14513
16760	148	2160	2775
16761	148	15276	16093
16770	148	2945	4557
16780	148	4710	6126

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
16790	148	6306	7898
16800	148	8019	9430
16810	148	9593	11166
16820	148	11286	12691
16830	148	12866	13393
16831	148	14131	15170
16840	149	909	1525
16841	149	13303	14120
16850	149	1716	3323
16860	149	3459	4905
16870	149	5098	6683
16880	149	6813	8222
16890	149	8372	9940
16900	149	10056	11458
16910	149	11620	13197
16920	150	1726	2460
16921	150	14322	15032
16930	150	2676	4263
16940	150	4441	5912
16950	150	6046	7597
16960	150	7759	9223
16970	150	9341	10879
16980	150	11060	12507
16990	150	12636	14178
17000	151	1284	2028
17001	151	13747	14433
17010	151	2248	3848
17020	151	3949	5384
17030	151	5542	7128
17040	151	7249	8682
17050	151	8822	10392
17060	151	10494	11927
17070	151	12096	13663
17080	152	1612	2238
17081	152	13955	14785
17090	152	2440	3983
17100	152	4089	5548
17110	152	5681	7221
17120	152	7341	8770
17130	152	8904	10421
17140	152	10548	11977
17150	152	12104	13657
17160	153	858	1610
17161	154	1506	2302
17170	153	1748	3305

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
17180	153	3456	4887
17190	153	5593	6504
17191	154	16001	16575
17200	153	6746	7605
17201	155	1084	1707
17210	153	7813	8621
17211	156	1563	2317
17220	154	2410	3851
17230	154	4032	5615
17240	154	5793	7228
17250	154	7425	9012
17260	154	9176	10600
17270	154	10772	12327
17280	154	12760	14197
17290	154	14365	15894
17300	155	1837	3270
17310	155	3387	4918
17320	155	5025	6455
17330	155	6565	8073
17340	155	8152	9554
17350	155	9662	11165
17360	155	11243	12648
17370	155	12750	14261
17380	155	14340	15729
17390	155	15832	16486
17391	157	1212	2116
17400	156	2533	3954
17410	156	4063	5585
17420	156	5670	7096
17430	156	7207	8737
17440	156	8814	10234
17450	156	10358	11877
17460	156	11957	13387
17470	156	13495	15026
17480	156	15127	16590
17490	156	16703	17521
17491	158	1802	2542
17500	157	3777	4395
17501	157	2245	3089
17510	157	4582	6129
17520	157	6240	7683
17530	157	7877	9421
17540	157	9564	10993
17550	157	11197	12747
17560	157	12850	14274

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fiducial Inicial</b>	<b>Fiducial Final</b>
17570	157	14440	15980
17580	157	16084	17514
17590	158	2681	4109
17600	158	4218	5728
17610	158	5825	7266
17620	158	7375	8893
17630	158	8975	10413
17640	158	10516	12021
17650	158	12137	13573
17660	158	13674	15143
17670	158	15222	16660
17680	159	1545	3103
17690	159	3246	4703
17700	159	4858	6371
17710	159	6517	7947

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fiducial Inicial</b>	<b>Fiducial Final</b>
17720	159	8143	9696
17730	159	10253	11702
17740	159	11864	13415
19010	12	10426	13943
19020	12	6045	10010
19030	12	2379	5816
19040	10	6386	10419
19050	10	2667	6108
19060	8	6849	11153
19070	8	2191	2738
19071	8	3187	6633
19080	9	7710	12927
19090	9	2234	7147
19100	5	7527	12947
19110	5	2469	7312