



**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 ANAUÁ**

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

**VOLUME I**

**TEXTO TÉCNICO**

**2007  
LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A.**



## REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

### MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Nelson José Hubner Moreira  
Ministro de Estado Interino

Nelson José Hubner Moreira  
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

Luís Marcelo Fontoura Mourão  
Divisão de Geofísica - DIGEOF

### **Superintendências Regionais**

Manfredo Ximenes Ponte  
Superintendente de Belém

Hélio Pereira  
Superintendente de Belo Horizonte

Maria Abadia Camargo  
Superintendente de Goiânia

Marco Antonio de Oliveira  
Superintendente de Manaus

José Alcides Fonseca  
Superintendente de Porto Alegre

José Wilson de C. Temoteo  
Superintendente de Recife

Ivanaldo Vieira Gomes da Costa  
Superintendente de Salvador

José Carlos Garcia Ferreira  
Superintendente de São Paulo

## 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 28 de Novembro de 2006, celebrou com o Consórcio LASA Engenharia e Prospecções S.A./ PROSPECTORS Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. o Contrato nº 103/PR/06 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Anauá*, o qual localiza-se na porção sudeste do Estado de Roraima e na porção noroeste do Estado do Pará, na Região Norte do Brasil.

Para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas 2 (duas) aeronaves de propriedade da LASA Engenharia e Prospecções S.A.: Cessna 404 Titan, prefixo PT-FZN e Reims 406 Caravan II, prefixo PR-FAG, as quais realizaram o projeto no período de 17.03.2007 a 14.09.2007, totalizando 34.342,84 km de perfis.

Como base de operações para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a cidade de Boa Vista (RR) para todas as aeronaves. Foram usados magnetômetros de bombeamento ótico de vapor de césio da SCINTREX, modelo CS-2 e gamaespectrômetros da EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais, bem como o sistema de navegação GPS com receptores de 12 canais das marcas Trimble AgGPS-132.

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 120,97h de vôo pelas duas aeronaves, que resultaram no levantamento efetivo de 34.342,84 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM - Serviço Geológico do Brasil em uma área de cerca de 15.903 km<sup>2</sup>. O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de setembro e outubro de 2007.

Os produtos finais do Projeto Aerogeofísico Anauá estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (4 exemplares), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a IX), 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, 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 8 Mapas Digitais de Traço de Linhas de Vôo (escala 1:100.000), bem como os arquivos digitais referentes aos metadados, os arquivos XYZ (perfis) e em malhas (*grids*), estes últimos no tamanho de 125 x 125m, ambos no formato *GEOSOFT*, como também arquivos digitais de todos os mapas do projeto nas citadas escalas e o arquivo do texto, figuras e tabelas do Volume I do Relatório Final do Projeto em formato PDF, todos os arquivos gravados em DVD-ROM.

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

### PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

#### ÍNDICE DOS VOLUMES

<b>VOLUME I</b>	<b>TEXTO TÉCNICO E ANEXOS</b>
<b>VOLUME II</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 (Folhas 1 a 8)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)</li><li>• MAPA DE CONTORNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)</li></ul>
<b>VOLUME III</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 (Folhas 1 a 8)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL</li></ul>
<b>VOLUME IV</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 (Folhas 1 a 8)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO</li></ul>
<b>VOLUME V</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 (Folhas 1 a 8)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO</li></ul>
<b>VOLUME VI</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 (Folhas 1 a 8)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO</li></ul>

- VOLUME VII**      **ANEXOS – ESCALA: 1:250.000 (Folhas I a II)**
- MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
  - MAPA DE CONTORNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
  - MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
  - MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL
  - MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO
- VOLUME VIII**      **ANEXOS – ESCALA: 1:250.000 (Folhas I a II)**
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO
  - MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO
  - MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO
  - MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO
  - MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO
- VOLUME IX**      **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 URÂNIO
  - 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 ANAUÁ**

**VOLUME I - TEXTO TÉCNICO**

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. AQUISIÇÃO DE DADOS</b>	<b>8</b>
2.1 - Características do Levantamento	8
2.2 - Equipamentos Utilizados	8
2.2.1 - Aeronaves	9
2.2.2 - Aeromagnetômetros	9
2.2.3 - Aerogamaespectrômetros	10
2.2.4 - Sistemas de Aquisição de Dados	10
2.2.5 - Sistemas de Vídeo	11
2.2.6 - Altímetros	12
2.2.7 - Sistemas de Navegação e Posicionamento	12
2.2.8 - Magnetômetro Terrestre	12
2.3 - Planejamento e Mobilização	13
2.3.1 - Elaboração do Plano de Vôo	13
2.3.2 - Estatística das Operações	14
2.3.3 - Mapa do Projeto de Vôo	16
2.3.4 - Testes dos Equipamentos	17
2.3.5 - Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores ( <i>Downward</i> e <i>Upward</i> )	27
2.3.6 - Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	28
2.3.7 - Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i>	30
2.4 - Compilação de Dados	30
2.5 - Equipe Técnica na Base de Operações	32

<b>3. PROCESSAMENTO DE DADOS</b> -----	<b>33</b>
3.1- Fluxo de Processamento -----	33
3.1.1 - Preparação do Banco de Dados do Levantamento-----	33
3.1.2 - Processamento dos Dados Magnetométricos-----	33
3.1.2.1 - Correção do Erro de Paralaxe -----	33
3.1.2.2 - Remoção da Variação Magnética Diurna-----	34
3.1.2.3 - Nivelamento dos Perfis -----	34
3.1.2.4 - Micronivelamento dos Perfis-----	35
3.1.2.5 - Remoção do IGRF-----	35
3.1.3 - Processamento dos Dados Gamaespectrométricos -----	35
3.1.3.1 - Correção do Tempo Morto -----	36
3.1.3.2 - Aplicação de Filtragem -----	36
3.1.3.3 - Correção do Erro de Paralaxe -----	36
3.1.3.4 - Cálculo da Altura Efetiva de Vôo -----	36
3.1.3.5 - Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico-----	36
3.1.3.6 - Remoção do <i>Background</i> do Radônio -----	37
3.1.3.7 - Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> ( $a_1$ e $a_2$ )-----	38
3.1.3.8 - Correção do Efeito <i>Compton</i> -----	39
3.1.3.9 - Correção Altimétrica -----	39
3.1.3.10 - Conversão para Concentração de Elementos -----	40
3.1.4 - Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K-----	41
3.2 - Interpolação e Contorno -----	41
3.3 - Arquivo Final de Dados -----	41
3.4 - Equipe Envolvida no Processamento dos Dados -----	42
 <b>4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES</b> -----	 <b>44</b>

<b>5. PRODUTOS FINAIS</b> -----	<b>45</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)- -----	49
5.2 - Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem Total- --	49
5.3 - Mapa Radiométrico Ternário -----	49
5.4 - Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K -----	49
5.5 - Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno -----	50
5.6 - Mapa de Traço de Linhas de Vôo -----	50
5.7 - Relatório Final -----	50
5.8 - Arquivos Digitais Finais-----	50
5.9 - Arquivos de Poligonais -----	53
5.10 - Produtos Originais-----	53
<b>6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL</b> -----	<b>60</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	<b>61</b>



## ÍNDICE DOS ANEXOS

- ANEXO I** - Resumo do Processo de Calibração dos Gamaespectrômetros
- Anexo I-a** - Resultado dos Testes da Resolução dos Cristais Detectores (*downward e upward*).
    - Anexo I-a.1** – Aeronave PT-FZN (28/03/07)
    - Anexo I-a.2** – Aeronave PR-FAG (03/06/06)
  - Anexo I-b** - Resultado do Teste sobre os Tanques de Calibração Transportáveis para Determinação dos Coeficientes de Espalhamento *Compton*.
    - Anexo I-b.1** – Aeronave PT-FZN (28/03/07)
    - Anexo I-b.2** – Aeronave PR-FAG (15/07/06)
  - Anexo I-c** - Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico.
    - Anexo I-c.1** – Aeronave PT-FZN (30/03/07)
    - Anexo I-c.2** – Aeronave PR-FAG (28/05/06)
  - Anexo I-d** - Determinação das Constantes de Calibração do Radônio
    - Anexo I-d.1** – Aeronave PT-FZN
    - Anexo I-d.2** – Aeronave PR-FAG
  - Anexo I-e** - Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes
    - Anexo I-e.1** – Aeronave PT-FZN (29/03/07)
    - Anexo I-e.2** – Aeronave PR-FAG (24/06/06)
  - Anexo I-f** - Atenuação Atmosférica – Resultados dos Testes
    - Anexo I-f.1** – Aeronave PT-FZN (29/03/07)
    - Anexo I-f.2** – Aeronave PR-FAG (24/06/06)
- ANEXO II** - Testes Contratuais
- Anexo II-a** - Teste de Altímetros
    - Anexo II-a.1** – Testes de Altímetros – PT-FZN
    - Anexo II-a.2** – Testes de Altímetros – PR-FAG
  - Anexo II-b** - Compensação Magnética
    - Anexo II-b.1** – Compensação Magnética – PT-FZN
    - Anexo II-b.2** – Compensação Magnética – PR-FAG
  - Anexo II-c** - Teste de Paralaxe
    - Anexo II-c.1** – Teste de Paralaxe – PT-FZN
    - Anexo II-c.2** – Teste de Paralaxe – PR-FAG
- ANEXO III** - Quadros Sinópticos das Operações de Campo
- ANEXO IV** - Conteúdo dos DVD-ROMs
- ANEXO V** - Formato de Gravação dos Dados do Projeto
- ANEXO VI** - Listagem das Linhas Aprovadas e Utilizadas no Processamento

## ÍNDICE DAS FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico-----	1
<b>Figura 2</b> - Vértices do Projeto e Área de Atuação de cada Aeronave-----	3
<b>Figura 3</b> - Aeronave Cessna 404 Titan – PT-FZN-----	7
<b>Figura 4</b> - Aeronave Reims 406 Caravan II – PR-FAG-----	7
<b>Figura 5</b> - Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base-----	12
<b>Figura 6</b> - Mapa das Linhas de Vôo -----	14
<b>Figura 7</b> - Gráfico da Estatística das Operações – Aeronave PT-FZN -----	15
<b>Figura 8</b> - Gráfico da Estatística das Operações – Aeronave PR-FAG -----	16
<b>Figura 9</b> – Movimentos de <i>ROLL</i> , <i>PITCH</i> e <i>YAW</i> -----	18
<b>Figura 10</b> - Fluxograma do Processamento de Dados -----	43
<b>Figura 11</b> - Cronograma Geral das Operações -----	44
<b>Figura 12</b> - Articulação das Folhas na Escala 1:100.000-----	47
<b>Figura 13</b> - Articulação das Folhas na Escala 1:250.000-----	48
<b>Figura 14</b> - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) -----	54
<b>Figura 15</b> - Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) -----	55
<b>Figura 16</b> - Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total-----	56
<b>Figura 17</b> - Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – ( <i>CMY Inverted</i> )-----	57
<b>Figura 18</b> - Mapa Radiométrico da Razão Tório/Potássio -----	58
<b>Figura 19</b> - Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno-----	59

## ÍNDICE DAS TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Coordenadas Geográficas do Projeto -----	6
<b>Tabela 2</b> - Equipamentos Utilizados-----	8
<b>Tabela 3</b> - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes-----	10
<b>Tabela 4</b> - Quilometragem Produzida e Área Levantada -----	13
<b>Tabela 5</b> - Estatística das Operações -----	15
<b>Tabela 6</b> - Divisão das Linhas por Aeronave -----	16
<b>Tabela 7</b> - Teste de Manobras – Aeronave PT-FZN-----	19
<b>Tabela 8</b> - Teste de Manobras – Aeronave PR-FAG -----	19
<b>Tabela 9</b> - Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PT-FZN -----	22
<b>Tabela 10</b> - Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PR-FAG -----	23
<b>Tabela 11</b> - Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – Aeronave PT-FZN -----	26
<b>Tabela 12</b> - Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – Aeronave PR-FAG -----	27
<b>Tabela 13</b> - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis -----	28
<b>Tabela 14</b> - Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i> -----	29
<b>Tabela 15</b> - <i>Backgrounds</i> das Aeronaves e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> -----	29
<b>Tabela 16</b> - Constantes de Calibração do Radônio -----	38
<b>Tabela 17</b> – Coeficientes <i>Skyshine</i> -----	38
<b>Tabela 18</b> - Coeficientes de Atenuação Atmosférica-----	40
<b>Tabela 19</b> - Coeficientes de Sensibilidade -----	40
<b>Tabela 20</b> - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas-----	41
<b>Tabela 21</b> - Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos-----	45
<b>Tabela 22</b> - Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos -----	46
<b>Tabela 23</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Magnetometria -----	51
<b>Tabela 24</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Gamaespectrometria-----	52
<b>Tabela 25</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais -----	53
<b>Tabela 26</b> – Arquivo de Cruzamentos XYZ - Magnetometria -----	53

## 1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico abrange a porção sudeste do Estado de Roraima e a porção noroeste do Estado do Pará, localizada na região norte do Brasil, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 34.342,84 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.

Duas equipes participaram do levantamento, utilizando as aeronaves Cessna 404 Titan, prefixo PT-FZN e Reims 406 Caravan II, prefixo PR-FAG. Cada aeronave foi responsável por determinada área de prospecção, como mostra a Figura 2.

A aeronave PT-FZN realizou seus trabalhos em duas etapas: a primeira entre 15/04/2007 e 15/05/2007 e a segunda entre 01/08/2007 e 14/09/2007, adquirindo 23.630,85 km de linhas de vôo. A aeronave PR-FAG executou sua produção entre 17/03/2007 e 18/05/2007 com 10.711,99 km de linhas de vôo e linhas de controle. É importante ressaltar que a totalidade das linhas de controle executadas no projeto foi adquirida pela aeronave PR-FAG com 1.709,11 km. As equipes utilizaram como base de operações a cidade de Boa Vista, no Estado de Roraima e as aeronaves operaram a partir do Aeroporto Internacional de Boa Vista.

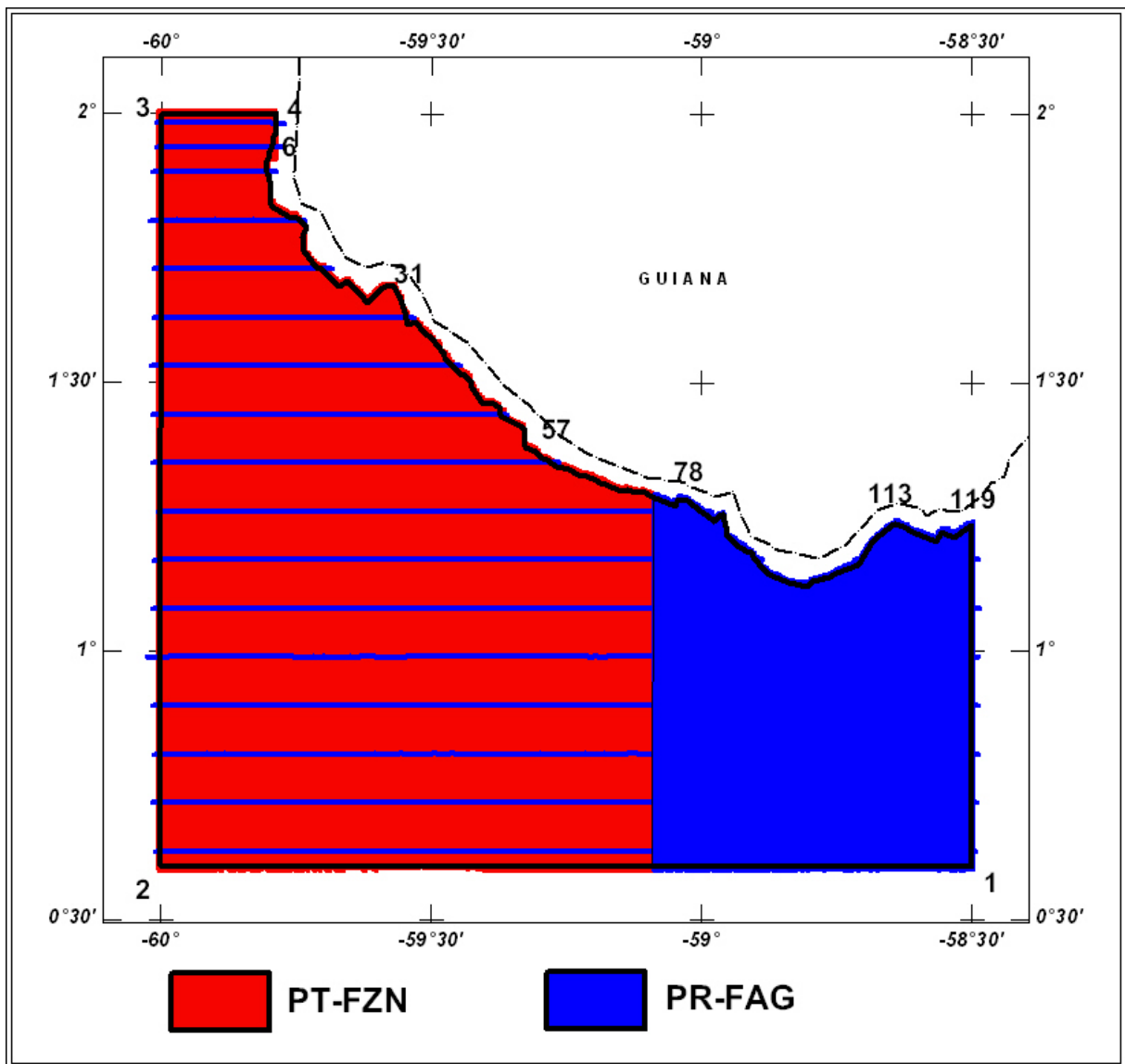


Figura 2 – Vértices do Projeto e Área de Atuação de cada Aeronave

VÉRTICE	LONGITUDE	LATITUDE
1	-58°30'00"	0°36'00"
2	-60°00'00"	0°36'00"
3	-60°00'00"	2°00'00"
4	-59°47'08"	2°00'03"
5	-59°47'09"	1°58'05"
6	-59°47'08"	1°57'54"
7	-59°47'27"	1°57'29"
8	-59°47'27"	1°56'53"
9	-59°47'59"	1°55'51"
10	-59°47'59"	1°55'21"
11	-59°48'13"	1°54'44"
12	-59°48'12"	1°53'27"
13	-59°48'00"	1°52'57"
14	-59°47'56"	1°52'29"
15	-59°47'51"	1°51'55"
16	-59°47'50"	1°49'48"
17	-59°45'31"	1°48'24"
18	-59°44'59"	1°48'25"
19	-59°43'52"	1°47'27"
20	-59°44'14"	1°46'16"
21	-59°44'13"	1°44'44"
22	-59°42'49"	1°42'50"
23	-59°42'07"	1°42'44"
24	-59°40'13"	1°40'48"
25	-59°39'21"	1°41'19"
26	-59°37'24"	1°39'24"
27	-59°36'59"	1°38'59"
28	-59°35'22"	1°40'38"
29	-59°35'02"	1°40'43"
30	-59°34'13"	1°40'41"
31	-59°34'04"	1°40'29"
32	-59°33'41"	1°39'53"
33	-59°33'29"	1°39'37"
34	-59°32'57"	1°37'50"
35	-59°32'40"	1°36'53"
36	-59°32'33"	1°36'31"
37	-59°31'42"	1°36'48"
38	-59°30'42"	1°35'26"
39	-59°30'04"	1°35'06"
40	-59°28'34"	1°33'11"
41	-59°28'34"	1°32'46"
42	-59°27'12"	1°31'24"
43	-59°26'30"	1°30'54"
44	-59°26'12"	1°30'46"
45	-59°25'36"	1°30'16"

VÉRTICE	LONGITUDE	LATITUDE
46	-59°25'33"	1°29'57"
47	-59°25'30"	1°29'30"
48	-59°25'10"	1°28'59"
49	-59°24'16"	1°27'39"
50	-59°23'07"	1°27'39"
51	-59°22'16"	1°27'08"
52	-59°22'16"	1°26'12"
53	-59°20'12"	1°25'10"
54	-59°19'52"	1°24'57"
55	-59°19'39"	1°24'50"
56	-59°19'30"	1°24'18"
57	-59°19'30"	1°22'47"
58	-59°18'21"	1°22'18"
59	-59°17'56"	1°21'39"
60	-59°17'05"	1°21'26"
61	-59°16'02"	1°20'36"
62	-59°15'18"	1°20'33"
63	-59°14'45"	1°20'18"
64	-59°13'18"	1°19'34"
65	-59°12'48"	1°19'33"
66	-59°11'55"	1°19'17"
67	-59°10'55"	1°18'42"
68	-59°10'38"	1°18'42"
69	-59°08'58"	1°17'51"
70	-59°08'38"	1°17'58"
71	-59°08'16"	1°18'04"
72	-59°07'48"	1°17'56"
73	-59°07'01"	1°17'44"
74	-59°06'48"	1°17'49"
75	-59°06'09"	1°17'42"
76	-59°05'30"	1°17'21"
77	-59°04'12"	1°16'48"
78	-59°02'57"	1°16'16"
79	-59°02'38"	1°16'55"
80	-59°02'18"	1°16'53"
81	-59°01'55"	1°16'54"
82	-59°01'40"	1°16'47"
83	-59°01'35"	1°16'46"
84	-59°00'00"	1°15'34"
85	-58°58'32"	1°14'29"
86	-58°57'42"	1°15'18"
87	-58°57'36"	1°15'17"
88	-58°57'20"	1°13'55"
89	-58°57'08"	1°12'55"
90	-58°56'24"	1°12'14"
91	-58°56'10"	1°11'59"



VÉRTICE	LONGITUDE	LATITUDE
92	-58°54'47"	1°11'01"
93	-58°54'28"	1°11'00"
94	-58°54'05"	1°10'19"
95	-58°53'48"	1°10'06"
96	-58°53'41"	1°09'44"
97	-58°52'50"	1°08'54"
98	-58°52'09"	1°08'27"
99	-58°51'23"	1°08'09"
100	-58°50'18"	1°07'39"
101	-58°49'39"	1°07'32"
102	-58°48'45"	1°07'23"
103	-58°48'10"	1°07'17"
104	-58°47'43"	1°07'51"
105	-58°46'55"	1°07'59"
106	-58°46'17"	1°08'07"
107	-58°46'14"	1°08'14"
108	-58°45'59"	1°08'10"
109	-58°44'57"	1°08'49"
110	-58°42'33"	1°09'44"
111	-58°40'52"	1°12'24"
112	-58°38'36"	1°14'17"
113	-58°38'31"	1°14'18"
114	-58°37'36"	1°13'56"
115	-58°36'28"	1°13'21"
116	-58°33'57"	1°12'16"
117	-58°33'19"	1°13'23"
118	-58°31'59"	1°12'43"
119	-58°29'58"	1°14'07"

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto

Foram utilizadas as seguintes aeronaves para a execução deste projeto: Cessna 404 Titan prefixo PT-FZN (Figura 3) e o Reims 406 Caravan II prefixo PR-FAG (Figura 4), todas de propriedade da LASA Engenharia e Prospecções S.A.



Figura 3 - Aeronave Cessna 404 Titan – PT-FZN



Figura 4 - Aeronave Reims 406 Caravan II – PR-FAG

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras do aeromagnetômetro para a aeronave PT-FZN e vinte leituras do aeromagnetômetro da aeronave PR-FAG e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo (para ambas aeronaves), 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 na base de operações utilizada durante o levantamento no aeroporto de Boa Vista (RR).

As calibrações dos sistemas detectores aerogamaespectrométricos foram realizadas em duas etapas: a primeira, estática, com emprego de fontes padronizadas (tanques de calibração transportáveis ou *transportable calibration pads* para o *background*, potássio, urânio e tório), foi conduzida no aeroporto de Jacarepaguá, Rio de Janeiro (RJ). A calibração dinâmica foi executada na região de Maricá (RJ), sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range - DCR*) que resultou de levantamento terrestre.

O processamento dos dados foi desenvolvido no escritório sede da LASA 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 que nortearam 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) (PT-FZN)
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,05 s (magnetômetro) e 1,0 s (espectrômetro) (PR-FAG)
- Altura média de vôo: 100 m
- Velocidade aproximada de vôo:
  - PT-FZN: 281 km/h
  - PR-FAG: 288 km/h

### 2.2 Equipamentos Utilizados

A Tabela 2, a seguir, apresenta os equipamentos utilizados pelas aeronaves durante a execução do Projeto Aerogeofísico Anauá.

Prefixo da Aeronave	PT-FZN	PR-FAG
Modelo da Aeronave	Titan 404	Reims 406 Caravan II
Fabricante da Aeronave	Cessna	Reims
Aeromagnetômetro	Scintrex CS-2	Scintrex CS-2
Gamaespectrômetro	Exploranium GR-820	Exploranium GR-820
Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio	2.560 pol <sup>3</sup> <i>down</i> e 512 pol <sup>3</sup> <i>up</i>	2.560 pol <sup>3</sup> <i>down</i> e 512 pol <sup>3</sup> <i>up</i>
Sistema de Navegação	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”
Sistema de Aquisição GPS	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”
Câmera de Vídeo	Panasonic AG32	Panasonic AG32
Radar Altímetro	Collins ALT-50	King 405
Altímetro Barométrico	Rosemount 1241M	Fugro/Enviro
Magnetômetro Terrestre de Prótons <i>Overhauser</i>	GEM Systems GSM-19	GEM Systems GSM-19
Sistema de Aquisição	FASDAS	FASDAS

Tabela 2 - Equipamentos Utilizados

### 2.2.1. Aeronaves

O levantamento foi efetuado por duas aeronaves distintas. O Cessna, modelo 404 Titan, prefixo PT-FZN é uma aeronave a pistão, bimotor, de asa baixa, trem de pouso retrátil, equipada com motores Continental de 375 HP. Essa aeronave opera a uma velocidade média de 281 km/h, e possui autonomia de 9,5 horas. O Reims, modelo 406 Caravan II é uma aeronave construída na França sob licença da Cessna. É uma aeronave de asa baixa, trem de pouso retrátil e está equipada com duas turbinas PT6 A112 de 500 HP, a hélice, opera a velocidade de 288 km/h e possui autonomia de 6,5 horas.

### 2.2.2. Aeromagnetômetros

#### a) Aeronave PT-FZN

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

Sensor: Scintrex CS-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 281 km/h da aeronave, a aproximadamente 7,8 m no terreno.

#### b) Aeronave PR-FAG

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

Sensor: Scintrex CS-2  
Resolução: 0,001 nT  
Faixa: 20.000 - 95.000 nT  
Montagem: *Stinger*

As leituras do magnetômetro são realizadas a cada 0,05 segundo, o que equivale, para a velocidade de 288 km/h da aeronave, a aproximadamente 4,0 m no terreno.

### 2.2.3. Aerogamaespectrômetros

Foram utilizados pelas duas aeronaves gamaespectrômetros EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais, onde o espectro de cada um dos cristais detectores é analisado individualmente para determinação precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. Uma correção linear é aplicada individualmente a cada cristal, mantendo o espectro permanentemente alinhado. As radiações gama detectadas são somadas e as leituras reduzidas a uma única saída de 256 canais espectrais.

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

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	-

Tabela 3 - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes

As leituras dos gamaespectrômetros são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 78 e 80 metros no terreno, para as aeronaves PT-FZN e PR-FAG, respectivamente.

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

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

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

### 2.2.4. Sistemas de Aquisição de Dados

O computador do sistema de aquisição de dados FASDAS é a principal unidade do sistema aeromagnético instalado a bordo das aeronaves. 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	-
10/20*	Campo magnético compensado	nT
10/20*	Campo magnético bruto	nT
10/20*	Componente X <i>fluxgate</i>	mV
10/20*	Componente Y <i>fluxgate</i>	mV
10/20*	Componente Z <i>fluxgate</i>	mV
10/20*	Radar altímetro	μV
10/20*	Temperatura	μV
10/20*	Barômetro	μV
10/20*	Temperatura	°C
10/20*	Altura de vôo	ft
10/20*	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

\* 10 amostras por segundo para a aeronave PT-FZN e 20 amostras por segundo para a aeronave PR-FAG

### 2.2.5. Sistema de Vídeo

As aeronaves PT-FZN e PR-FAG utilizam-se de sistemas de vídeo comerciais VHS, modelo Panasonic AG32, constituídos por câmeras de alta definição acopladas aos gravadores. Monitores de 5" estão disponíveis nas cabines para visualização em tempo real. As câmeras são instaladas em janelas especialmente projetadas no piso de cada 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 dos altímetros de radar e dos barômetros de precisão incluídos no sistema aerogeofísico. O radar altímetro utilizado pela aeronave PT-FZN foi o Collins, modelo ALT 50. A aeronave PR-FAG utilizou o modelo King 405. Todos os equipamentos apresentam precisão de 5 pés e alcance de 2.500 pés. Os barômetros são transdutores de pressão que registram a altitude de vôo em relação ao nível do mar. A aeronave PT-FZN utilizou o Rosemount 1241M e a aeronave PR-FAG utilizou o modelo Fugro/Enviro. Todos os barômetros utilizados apresentam precisão e alcance equivalentes aos dos radares altímetros.

### 2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação das aeronaves foi efetuada por sistemas GPS de 12 canais, com receptores 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.

As aeronaves estão equipadas 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 no Aeroporto Internacional de Boa Vista, (RR), 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. A Figura 5 mostra um exemplo do registro do magnetômetro.

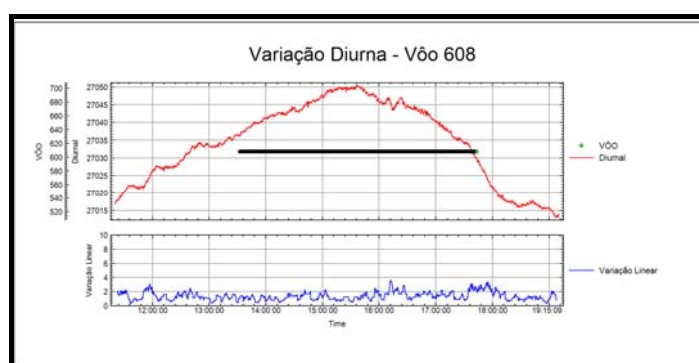


Figura 5 - Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base

## 2.3 Planejamento e Mobilização

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

- Seleção da base de operações, instalada na cidade de Boa Vista (RR);
- 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 033, de 12.03.2007.

### 2.3.1. Elaboração do Plano de Vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Anauá foram programadas 336 linhas de vôo e 18 linhas de controle, totalizando 34.342,84 km de perfis geofísicos, conforme a Tabela 4 a seguir. A Figura 6 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

<b>Prefixo da Aeronave</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Total de Linhas de Vôo (km)</b>	<b>Total de Linhas de Controle (km)</b>	<b>Total de Linhas de Vôo+Controle (km)</b>
PT-FZN	11.519	23.630,85	-	23.630,85
PR-FAG	4.384	9.002,88	1.709,11	10.711,99
<b>Totais:</b>	<b>15.903</b>	<b>32.633,73</b>	<b>1.709,11</b>	<b>34.342,84</b>

Tabela 4 - Quilometragem Produzida e Área Levantada



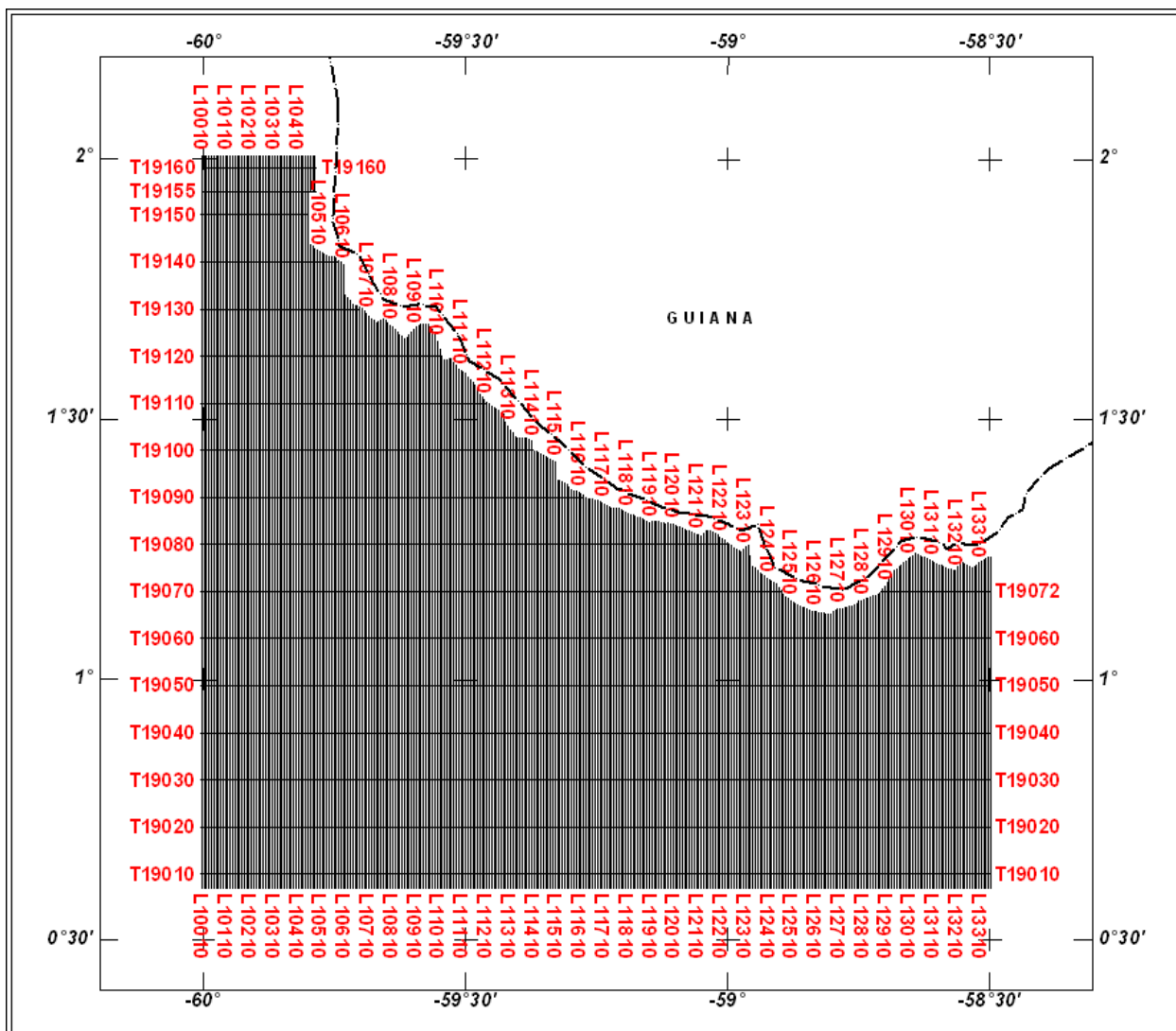


Figura 6 – Mapa das Linhas de Vôo

### 2.3.2. Estatística das Operações

O Projeto Aerogeofísico Anauá foi executado entre 17/03/2007 e 14/09/2007. A aeronave PT-FZN completou sua parte com 76 dias, em duas etapas: a primeira entre 15/04/2007 e 15/05/2007 e a segunda entre 01/08/2007 e 14/09/2007. A aeronave PR-FAG efetuou seus trabalhos entre 17/03/2007 e 18/05/2007 totalizando 63 dias. Foram gastas cerca de 120,97 horas de vôo produtivo para a aquisição dos dados e testes. A Tabela 5 e os gráficos das Figuras 7 e 8, a seguir, mostram as estatísticas obtidas durante a fase de aquisição dos dados. Para a execução do levantamento a aeronave PT-FZN utilizou 82,47 horas de vôo produtivo e a aeronave PR-FAG, 38,50 horas de vôo produtivo.

Item	Indicadores do Levantamento	AERONAVE			
		PT-FZN		PR-FAG	
		Nº Dias	%	Nº Dias	%
1	Produção	39	51,32%	22	34,92%
2	Meteorologia	25	32,89%	27	42,86%
3	Manutenção de Aeronave	6	7,89%	5	7,94%
4	Tempestade Magnética	0	0,00%	0	0,00%
5	Falha de Equipamento	1	1,32%	7	11,10%
6	Testes Contratuais	4	5,26%	1	1,59%
7	Outros	1	1,32%	1	1,59%
	Total	76*	100,00%	63*	100,00%

Tabela 5 - Estatística das Operações

\* Número de dias despendido pela aeronave.

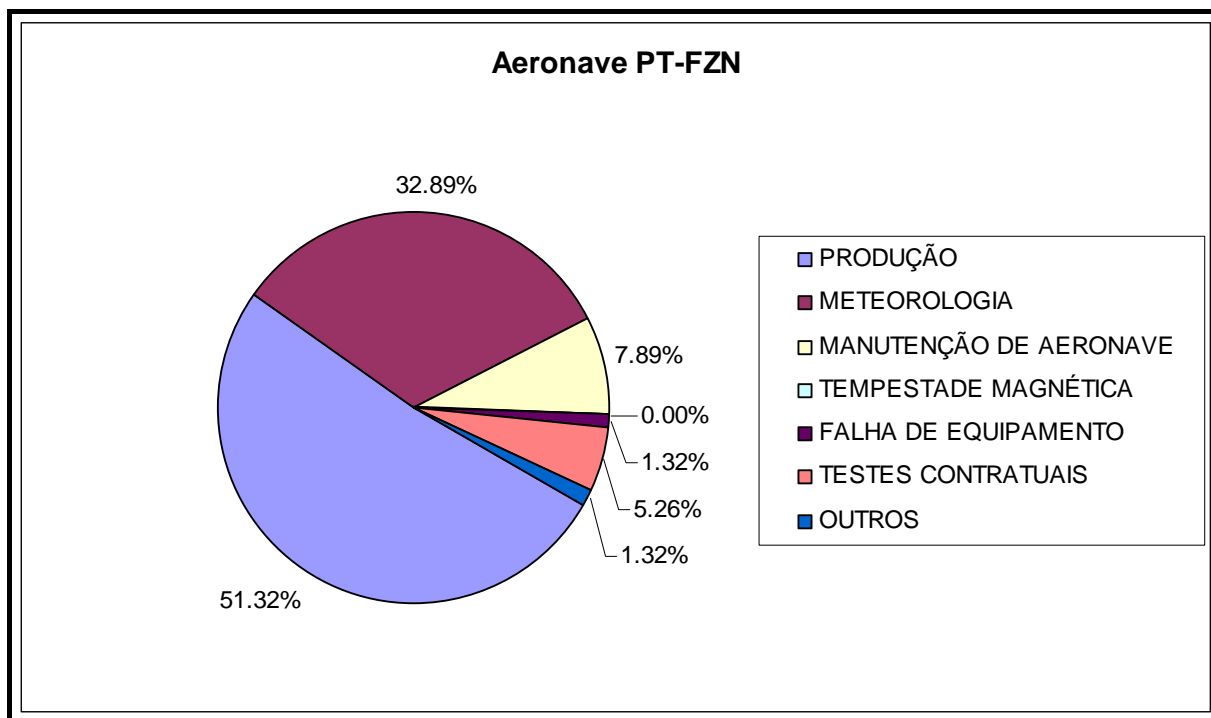


Figura 7 - Gráfico da Estatística das Operações – PT-FZN

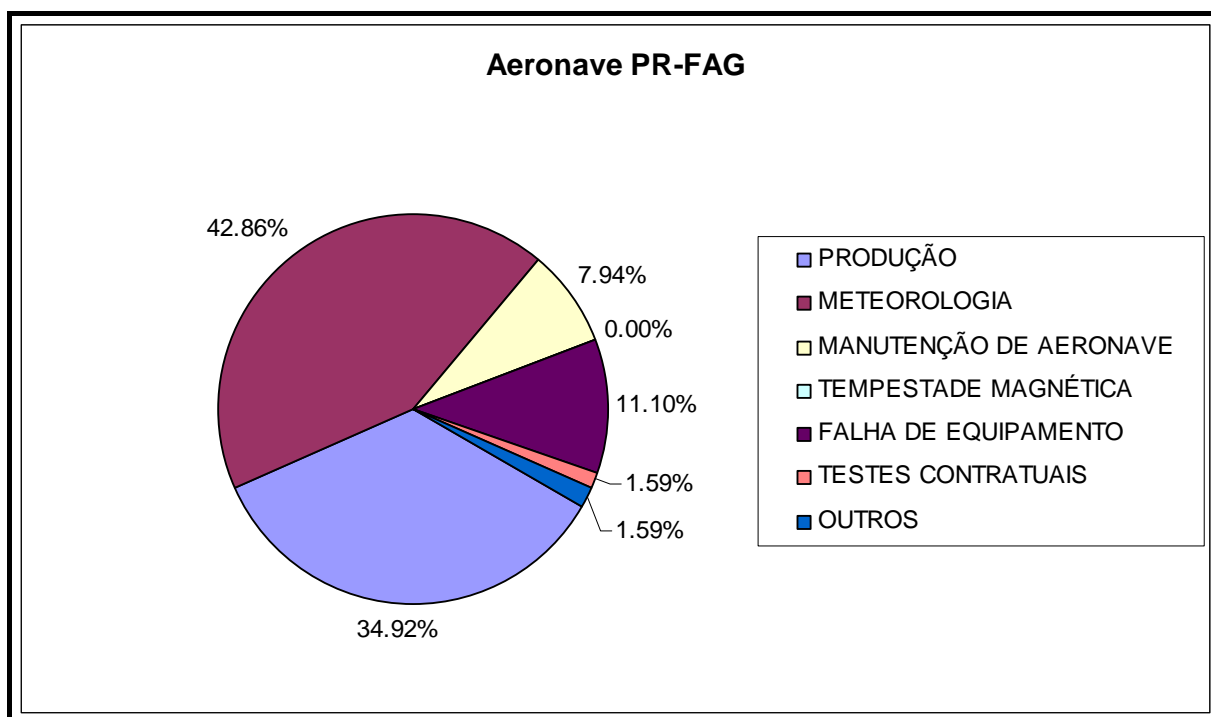


Figura 8 - Gráfico da Estatística das Operações – PR-FAG

### 2.3.3. Mapa do Projeto de Vôo

O mapa do projeto de vôo foi obtido analiticamente, sendo determinadas, por cálculo, as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de vôo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 500 m para as linhas de vôo e 10.000 m para as linhas de controle.

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

Cada aeronave operou em determinada área do projeto, ficando dividido como mostra a Tabela 6 a seguir.

PREFIXO DA AERONAVE	LINHAS DE VÔO
PT-FZN	10010 a 12040
PR-FAG	12050 a 13360

PREFIXO DA AERONAVE	LINHAS DE CONTROLE
PT-FZN	-
PR-FAG	19010 a 19160

Tabela 6 – Divisão das Linhas por Aeronave

#### 2.3.4. Testes dos Equipamentos

##### a) Teste Altimétrico

Teste conduzido antes do início das operações para calibração do radar altímetro a bordo de cada aeronave. Neste teste cada aeronave realiza passagens consecutivas sobre uma base de altitude conhecida, 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 9) 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.

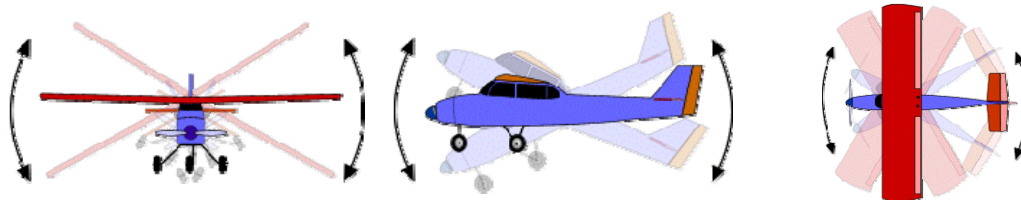


Figura 9 – Movimentos de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*

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

c) Determinação dos Coeficientes de Compensação Magnética

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

Para avaliação da qualidade da compensação magnética da aeronave foram realizados os testes do tipo Manobras, antes do início das operações e após cada manutenção efetuada na parte elétrica das aeronaves. 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 nas Tabelas 7 e 8 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

<b>DATA</b>	<b>AZIMUTE</b>	<b>ROLL(nT)</b>	<b>PITCH (nT)</b>	<b>YAW (nT)</b>	<b>TOTAL (nT)</b>
15/04/2007	90°	0,10	0,03	0,06	0,19
	180°	0,03	0,04	0,05	0,12
	270°	0,10	0,07	0,20	0,37
	360°	0,10	0,08	0,06	0,24
<b>Somatório</b>					<b>0,92</b>
24/04/2007	90°	0,10	0,08	0,30	0,48
	180°	0,07	0,04	0,15	0,26
	270°	0,05	0,06	0,09	0,20
	360°	0,16	0,04	0,08	0,28
<b>Somatório</b>					<b>1,22</b>
29/04/2007	90°	0,13	0,05	0,15	0,33
	180°	0,07	0,06	0,15	0,28
	270°	0,08	0,07	0,06	0,21
	360°	0,10	0,05	0,07	0,22
<b>Somatório</b>					<b>1,04</b>
02/08/2007	90°	0,09	0,06	0,06	0,21
	180°	0,03	0,04	0,03	0,10
	270°	0,18	0,07	0,06	0,31
	360°	0,05	0,03	0,06	0,14
<b>Somatório</b>					<b>0,76</b>

Tabela 7 – Testes de Manobras – Aeronave PT-FZN

<b>DATA</b>	<b>AZIMUTE</b>	<b>ROLL(nT)</b>	<b>PITCH (nT)</b>	<b>YAW (nT)</b>	<b>TOTAL (nT)</b>
20/03/2007	90°	0,07	0,05	0,09	0,21
	180°	0,14	0,09	0,20	0,43
	270°	0,05	0,07	0,18	0,30
	360°	0,16	0,08	0,13	0,37
<b>Somatório</b>					<b>1,31</b>

Tabela 8 – Testes de Manobras – Aeronave PR-FAG

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, ocorre então atrasos entre o tempo da amostragem e o tempo da gravação propriamente dito, resultando num valor do paralaxe com sinal oposto ao produzido pela diferença de posição entre a antena GPS e o sensor magnetométrico.

Os dados magnetométricos desta linha voada em sentidos inversos são representados em formas de perfis empilhados. O eixo horizontal dos perfis plotados refere-se às coordenadas geográficas mostrando, assim, a correlação das anomalias corrigidas independentemente do sentido voado. A calibração resultou em um fator de defasagem de 0,30 segundo para a aeronave PT-FZN e de 0,15 segundo para a aeronave PR-FAG. Os resultados dos testes são apresentados no Anexo II-c.

e) Teste com Amostras Radioativas no Solo

Com vistas a controlar o comportamento do desempenho do sistema gamaespectrométrico dos cristais voltados para baixo, testes com amostras de mão de urânio e tório são realizados antes do início e após os vôos operacionais. As amostras são colocadas sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave estacionada no mesmo local. As Tabelas 9 e 10 apresentam os resultados desses testes, para as aeronaves de prefixos PT-FZN e PR-FAG, respectivamente.

<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
18/04/07	INICIO	205	317	172
	FIM		310	174
26/04/07	INICIO	208	319	176
	FIM		325	183
27/04/07	INICIO	209	322	174
	FIM		320	173
01/05/07	INICIO	211	317	171
	FIM		326	177
03/05/07	INICIO	212	321	174
	FIM		322	176
04/05/07	INICIO	213	320	171
	FIM		318	172
05/05/07	INICIO	214	327	170
	FIM		311	169
03/08/07	INICIO	231	238	140
	FIM		232	140
04/08/07	INICIO	232	226	140
	FIM		223	137
06/08/07	INICIO	233	321	163
	FIM		268	142
07/08/07	INICIO	234	296	154
	FIM		294	149
08/08/07	INICIO	235/236	309	161
	FIM		322	159
09/08/07	INICIO	238	299	158
	FIM		315	161
10/08/07	INICIO	239	319	159
	FIM		306	158
11/08/07	INICIO	240	315	160
	FIM		319	161
12/08/07	INICIO	242	308	159
	FIM		316	162
13/08/07	INICIO	243/244	316	162
	FIM		319	156
14/08/07	INICIO	245/246	310	159
	FIM		-	-
16/08/07	INICIO	247	318	160
	FIM		320	174
17/08/07	INICIO	249	321	159
	FIM		320	162
18/08/07	INICIO	251	321	160
	FIM		315	158



<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
23/08/07	INICIO	253	305	161
	FIM		315	162
25/08/07	INICIO	254	309	165
	FIM		318	162
26/08/07	INICIO	255	317	156
	FIM		314	159
28/08/07	INICIO	257	331	163
	FIM		321	157
29/08/07	INICIO	258	320	162
	FIM		319	159
30/08/07	INICIO	259	315	160
	FIM		-	-
31/08/07	INICIO	260	320	161
	FIM		307	158
01/09/07	INICIO	261	323	159
	INICIO		310	159
02/09/07	INICIO	263	313	161
	FIM		315	172
03/09/07	INICIO	264	326	176
	FIM		324	172
04/09/07	INICIO	265	324	174
	FIM		326	175
05/09/07	INICIO	266	328	172
	FIM		324	174
06/09/07	INICIO	267	326	174
	FIM		327	175
07/09/07	INICIO	268	326	175
	FIM		329	174
09/09/07	INICIO	270	328	172
	FIM		327	172
10/09/07	INICIO	271	323	175
	FIM		315	177
11/09/07	INICIO	272	326	175
	FIM		327	173
13/09/07	INICIO	273	326	176
	FIM		321	172
14/09/07	INICIO	274	325	173
	FIM		328	174

Tabela 9 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PT-FZN

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
27/03/07	INÍCIO	13	195	68
	FIM		202	67
28/03/07	INÍCIO	14	201	67
	FIM		198	68
29/03/07	INÍCIO	16	197	66
	FIM		198	65
31/03/07	INÍCIO	17	192	65
	FIM		198	68
03/04/07	INÍCIO	18	196	66
	FIM		203	65
04/04/07	INÍCIO	19	202	70
	FIM		-	-
05/04/07	INÍCIO	20	203	67
	FIM		200	66
06/04/07	INÍCIO	21	202	63
	FIM		-	-
07/04/07	INÍCIO	22	203	64
	FIM		199	65
08/04/07	INÍCIO	23	202	68
	FIM		225	69
10/04/07	INÍCIO	24	208	65
	FIM		203	68
11/04/07	INÍCIO	25	199	68
	FIM		178	51
13/04/07	INÍCIO	27	196	69
	FIM		207	66
15/04/07	INÍCIO	30	195	67
	FIM		199	67
18/04/07	INÍCIO	31	196	68
	FIM		205	63
19/04/07	INÍCIO	32	207	67
	FIM		207	65
23/04/07	FIM	34	205	67
	INÍCIO		207	65
24/04/07	INÍCIO	35	199	65
	FIM		206	65
26/04/07	INÍCIO	36	204	70
	FIM		208	68
01/05/07	INÍCIO	38	211	68
	FIM		209	67
03/05/07	INÍCIO	39	201	66
	FIM		205	66
04/05/07	INÍCIO	40	206	69
	FIM		211	73

Tabela 10 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PR-FAG

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 e analógica.

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 nas Tabelas 11 e 12, a seguir, para as aeronaves de prefixos PT-FZN e PR-FAG, respectivamente.

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Base: Boa Vista-RR</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
18/04/07	INÍCIO	205	44,50	35,15
	FIM		51,81	46,94
26/04/07	INÍCIO	208	64,12	51,90
	FIM		65,93	54,39
27/04/07	INÍCIO	209	67,04	51,45
	FIM		68,15	58,20
01/05/07	INÍCIO	211	64,11	49,46
	FIM			
03/05/07	INÍCIO	212	62,72	48,42
	FIM		64,16	57,00
04/05/07	INÍCIO	213	63,73	48,90
	FIM		65,36	55,82
05/05/07	INÍCIO	214	65,57	52,29
	FIM		67,42	60,55
03/08/07	INÍCIO	231	58,26	52,77
	FIM		60,35	55,61
04/08/07	INÍCIO	232	54,85	48,57
	FIM		57,29	55,17
06/08/07	INÍCIO	233	58,31	49,40
	FIM		57,59	54,71
07/08/07	INÍCIO	234	56,72	49,65
	FIM		59,79	58,45
08/08/07	INÍCIO	235/236	60,68	53,18
	FIM		60,81	58,17
09/08/07	INÍCIO	238	61,16	51,31
	FIM		60,60	55,50
10/08/07	INÍCIO	239	58,63	52,28
	FIM		55,41	52,54
11/08/07	INÍCIO	240	57,59	45,92
	FIM		55,62	49,91

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Base: Boa Vista-RR</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
12/08/07	INÍCIO	242	58,99	49,79
	FIM		57,99	51,16
13/08/07	INÍCIO	243	59,21	53,77
	FIM		59,35	55,72
13/08/07	INÍCIO	244	-	-
	FIM		58,86	56,61
14/08/07	INÍCIO	245	56,84	52,27
	FIM		59,50	53,72
14/08/07	INÍCIO	246	-	-
	FIM		53,49	54,15
16/08/07	INÍCIO	247	57,53	51,27
	FIM		62,79	54,18
17/08/07	INÍCIO	249	59,09	52,26
	FIM		58,38	55,54
18/08/07	INÍCIO	251	55,19	55,26
	FIM		55,33	52,76
23/08/07	INÍCIO	253	58,92	50,37
	FIM		60,64	55,69
25/08/07	INÍCIO	254	59,53	53,27
	FIM		58,77	54,77
26/08/07	INÍCIO	255	57,43	47,25
	FIM		60,03	54,11
28/08/07	INÍCIO	257	61,03	49,49
	FIM		58,68	50,98
29/08/07	INÍCIO	258	60,8	51,24
	FIM		58,27	53,95
30/08/07	INÍCIO	259	62,19	59,62
	FIM		60,91	61,47
31/08/07	INÍCIO	260	47,12	41,02
	FIM		45,07	48,5
01/09/07	INÍCIO	261	54,41	51,92
	FIM		59,21	50,64
02/09/07	INÍCIO	263	59,68	54,28
	FIM		60,35	55,57
03/09/07	INÍCIO	264	58,94	49,53
	FIM		57,54	55,39
04/09/07	INÍCIO	265	58,72	51,31
	FIM		58,66	56,09
05/09/07	INÍCIO	266	57,86	52,62
	FIM		60,09	56,49
06/09/07	INÍCIO	267	57,54	47,52
	FIM		57,98	52,41
07/09/07	INÍCIO	268	57,84	52,43
	FIM		60,23	57,27

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Base: Boa Vista-RR</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
09/09/07	INÍCIO	270	57,11	48,81
	FIM		58,92	54,56
10/09/07	INÍCIO	271	56,43	43,78
	FIM		59,68	51,30
11/09/07	INÍCIO	272	59,57	59,57
	FIM		61,11	61,11
13/09/07	INÍCIO	273	58,32	50,45
	FIM		59,76	61,51
14/09/07	INÍCIO	274	57,92	51,33
	FIM		60,00	55,07

Tabela 11 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas –PT-FZN

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Base: Boa Vista-RR</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
27/03/07	INÍCIO	13	46,21	35,32
	FIM		49,02	43,12
28/03/07	INÍCIO	14	48,26	35,20
	FIM		49,35	42,82
29/03/07	INÍCIO	16	47,15	35,53
	FIM		49,65	48,24
31/03/07	INÍCIO	17	48,63	38,91
	FIM		50,90	51,99
03/04/07	INÍCIO	18	49,57	37,10
	FIM		48,55	49,03
04/04/07	INÍCIO	19	49,57	37,10
	FIM		48,55	49,03
05/04/07	INÍCIO	20	44,65	38,03
	FIM		46,89	45,72
06/04/07	INÍCIO	21	47,89	36,2
	FIM		48,25	44,53
07/04/07	INÍCIO	22	49,85	36,84
	FIM		48,41	44,91
08/04/07	INÍCIO	23	47,24	36,31
	FIM		46,39	41,53
10/04/07	INÍCIO	24	47,14	34,24
	FIM		46,63	39,63
11/04/07	INÍCIO	25	47,15	35,19
	FIM		49,09	42,01
13/04/07	INÍCIO	27	48,78	35,46
	FIM		48,11	42,25
15/04/07	INÍCIO	30	50,32	38,85
	FIM		45,48	43,54

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)</b>				
<b>Base: Boa Vista-RR</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
18/04/07	INÍCIO	31	55,22	42,85
	FIM		53,04	50,19
19/04/07	INÍCIO	32	42,87	34,64
	FIM		48,99	41,43
23/04/07	INÍCIO	34	53,24	45,26
	FIM		50,16	44,88
24/04/07	INÍCIO	35	52,15	37,66
	FIM		47,33	42,65
26/04/07	INÍCIO	36	52,95	45,15
	FIM		52,46	44,94
01/05/07	INÍCIO	38	54,14	43,76
	FIM		-	-
03/05/07	INÍCIO	39	55,04	45,27
	FIM		54,09	49,71
04/05/07	INÍCIO	40	54,12	43,23
	FIM		57,95	54,05

Tabela 12 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas –PR-FAG

### 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* (2.560 pol<sup>3</sup>) ficaram abaixo de 7% e para os cristais detectores *upward looking* (512 pol<sup>3</sup>) ficaram abaixo de 12% para as duas aeronaves, 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 de cada aeronave. A aeronave prefixo PT-FZN foi calibrada em março de 2007 e a aeronave PR-FAG foi calibrada em junho e julho de 2006. 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 13:

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

Tabela 13 - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis

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 2.560 polegadas cúbicas. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento *Compton* estão resumidos na Tabela 14. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

AERONAVE	DATA	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	a	b	g
PT-FZN	28/03/2007	0,2505 $\pm 0,0024$	0,4113 $\pm 0,0057$	0,7356 $\pm 0,0084$	0,0566 $\pm 0,0040$	0,0057 $\pm 0,0023$	0,0071 $\pm 0,0016$
PR-FAG	15/07/2006	0,2524 $\pm 0,0022$	0,4336 $\pm 0,0054$	0,7336 $\pm 0,0077$	0,0512 $\pm 0,0033$	0,0032 $\pm 0,0019$	0,0062 $\pm 0,0014$

Tabela 14 - Coeficientes de Espalhamento *Compton*

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

CANAL	COEFICIENTE	PT-FZN (30/03/07)	PR-FAG (28/05/06)
Contagem Total	<b>a (cps)</b>	162,2900	116,5100
	<b>b</b>	0,5588	0,6375
Potássio	<b>a (cps)</b>	19,483	20,6790
	<b>b</b>	0,0291	0,0344
Urânio	<b>a (cps)</b>	6,3102	2,4156
	<b>b</b>	0,0232	0,0286
Tório	<b>a (cps)</b>	3,1856	0,6053
	<b>b</b>	0,0327	0,0347
U <sub>up</sub>	<b>a (cps)</b>	1,0528	0,5356
	<b>b</b>	0,0054	0,0064

Tabela 15 - *Backgrounds* das Aeronaves e *Cosmic Stripping Ratios*



#### **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 das aeronaves 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 Pentium;
- Impressora;
- Sistema de TV/Vídeo VHS.

## 2.5 Equipe Técnica na Base de Operações

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

Carlos Augusto Lemos de Carvalho	Supervisor de Operações
Anselmo Pereira Bezerra Filho	Chefe de Equipe
Carmela Magalhães Pereira	
Leandro Azevedo da Silva	
Leonardo de Souza do Nascimento	
Márcio Cisnaldo de Souza	
Francisco Carlos Mateus	Engenheiro Eletrônico
Jorge Santos Pereira	Operador de Equipamento
José Marcelo Silva de Souza	
Nilton César Rodrigues Marques	
Rildo Andrade Araújo	
Sandro Jorge Rodrigues da S. Sinfrônio	
Amauri Moreira dos Santos	Piloto
André de Queiroz Almeida	
Antônio da Silva Cavalcante	
João Marcos de Miranda	
Mayk Motta Alves do Nascimento	
Reginaldo Pianowski	
Reginaldo Vieira Rodrigues	
Roberto da Cunha e Souza Junior	
Rogério Villas Boas Pajolla	
Rubens Peixoto da Silva	
Edmílson Ribeiro Alves	Mecânico
Eliziário Ozias	
Sergio Jesus de Grandi	
Severino José Leal Filho	
Tiago Bazileu	

### **3. PROCESSAMENTO DE DADOS**

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

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Anauá 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 10 no final do capítulo, mostra o fluxo de processamento utilizado para o levantamento.

##### **3.1.1 Preparação do Banco de Dados do Levantamento**

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

Preparado o banco de dados do tipo .XYZ, onde Z corresponde a cada uma das variáveis medidas a bordo da aeronave e XY as coordenadas 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 pelas aeronaves PT-FZN e PR-FAG corresponderam a 0,30 e 0,15 segundo respectivamente. Estas diferenças significativas são devidas às diferenças encontradas nos sistemas de aquisição. 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 29.588 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 encontrados 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 14/04/2007 (2007,285).

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

### 3.1.3.1 Correção do Tempo Morto

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

### 3.1.3.2 Aplicação de Filtragem

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

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

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

### 3.1.3.3 Correção do Erro de Paralaxe

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

### 3.1.3.4 Cálculo da Altura Efetiva ( $h_e$ ) de Vôo

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

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

**h** - altura de vôo medida pelo radar altímetro em metros,

**T** - temperatura do ar medida em °C,

**P** - pressão atmosférica em milibar.

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

### 3.1.3.5 Remoção do *Background* da Aeronave e Cósmico

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

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

$N = a + bC$ , onde:

**N** - somatório das duas contribuições (em cps),

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

**C** - canal de radiação cósmica,

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

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 15 – *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, 1991):

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

**u<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, 1991, p. 27).



No cálculo dos coeficientes  $a_{tc}$ ,  $a_k$ ,  $a_u$  e  $a_t$  (Tabela 16) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos correspondentes a estes cálculos encontram-se no Anexo I-d.

CANAL	COEFICIENTE	PT-FZN	PR-FAG
Contagem Total	$a_{tc}$	14,3740	14,0160
Potássio	$a_k$	0,8157	0,7914
Urânio <i>up</i>	$a_u$	0,1791	0,1873
Tório	$a_t$	0,0995	0,1072

Tabela 16 - Constantes de Calibração do Radônio

### 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 (Grasty & Minty, 1995):

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

- $u_g$  - 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 17 abaixo.

COEFICIENTE	PT-FZN	PR-FAG
$a_1$	0,032	0,025
$a_2$	0,014	0,013

Tabela 17 – Coeficientes *Skyshine*

### 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 14 – 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 aerolevantamento (100 m), eliminando falsas anomalias ocasionadas por elevações no terreno.

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

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

$N_H$  é a radiação à distância  $H$  da fonte,

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

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

$$\text{Ln} (N_H) = -\mu H + \text{Ln} (N_o)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\text{Ln} (N_o)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 18 obtidos durante os testes realizados em Maricá (RJ). Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de vôo encontram-se no Anexo I-f.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$	
	PT-FZN (29/03/2007)	PR-FAG (24/06/2006)
Contagem Total	-0,0069	-0,0072
Potássio	-0,0084	-0,0093
Urânio	-0,0079	-0,0077
Tório	-0,0070	-0,0075

Tabela 18 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

### 3.1.3.10 Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores das aeronaves PT-FZN e PR-FAG para as janelas do potássio, urânio e tório foram determinadas com base nas razões entre as medições efetuadas a bordo (N) e em terra (C), nos testes conduzidos respectivamente em 29/03/2007 e 24/06/2006, 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 19 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.

Canal Radiométrico	SENSIBILIDADE	
	PT-FZN (29/03/2007)	PR-FAG (24/06/2006)
Contagem Total	228,57 cps/ $\mu$ R/h CT	211,25 cps/ $\mu$ R/h CT
Potássio	70,79 cps / %K	66,46 cps / %K
Urânio	12,96 cps / ppm eU	14,25 cps / ppm eU
Tório	5,15 cps / ppm eTh	4,29 cps / ppm eTh

Tabela 19 - Coeficientes de Sensibilidade

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. Os valores da concentração determinados para o canal de contagem total foram 13,75  $\mu\text{R/h}$  (PT-FZN) e 13,49  $\mu\text{R/h}$  (PR-FAG).

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 10% da média destes canais na área de levantamento e aplicado também um filtro passa-baixa de 11 amostras. A Tabela 20, a seguir, resume os valores utilizados:

Canal Radiométrico	VALOR MÍNIMO
K (%)	0,0714
eU (ppm)	0,1026
eTh (ppm)	0,9219

Tabela 20 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas

### 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
- Maria Filipa Perez da Gama - Geofísica Sênior

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Anauá esteve a cargo do geólogo Jorge Dagoberto Hildenbrand.

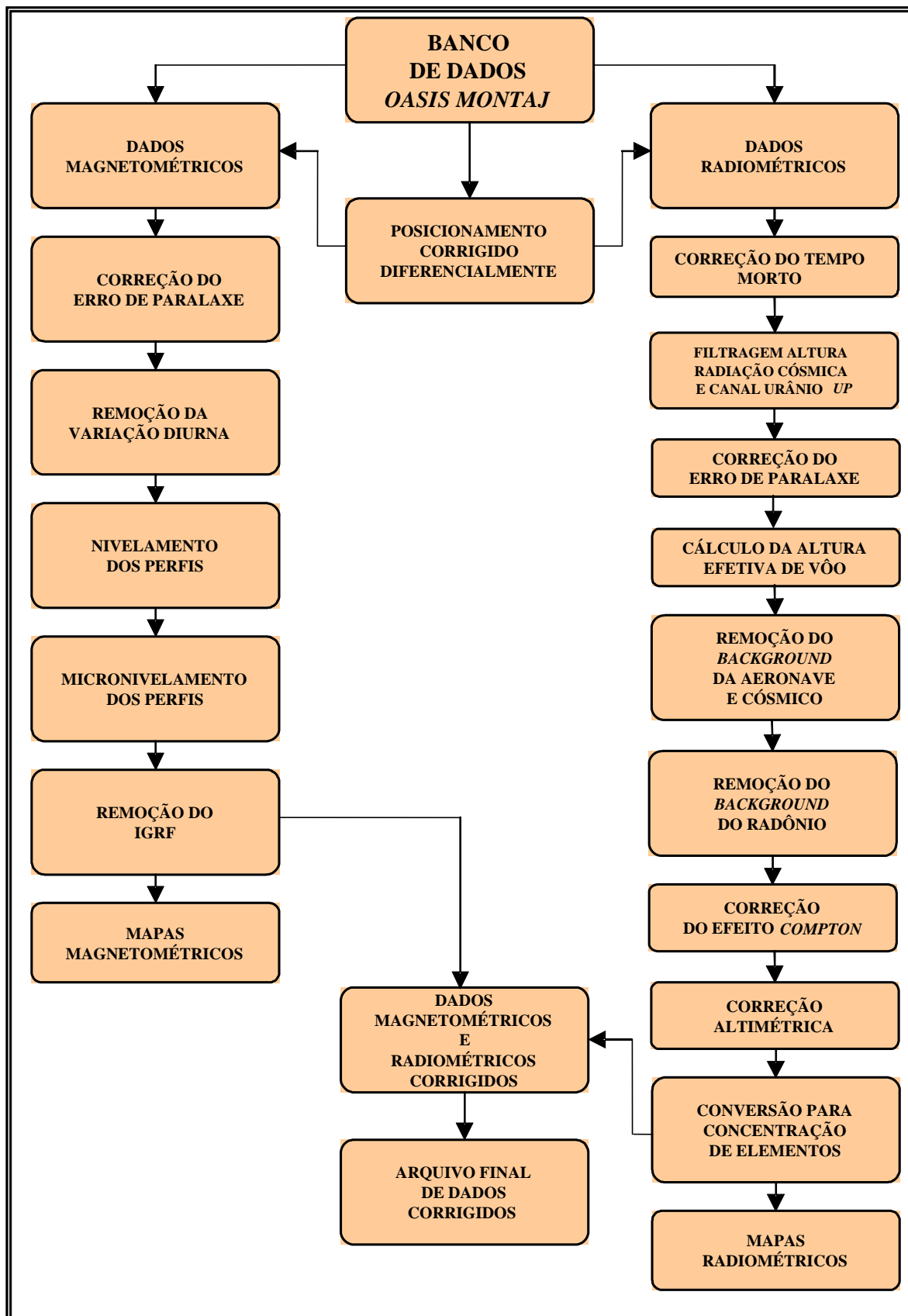


Figura 10 - Fluxograma do Processamento de Dados

#### 4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Anauá foi executado no período de 17 de março de 2007 a 14 de setembro de 2007. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final tiveram início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 25/10/2007.

A Figura 11 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

Ano	2007												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Calibração Inicial	■												
Mobilização			■										
Aquisição de Dados	■	■	■										
<i>Dynamic Calibration Range</i>	■												
Processamento e Relatório Final			■	■									

Figura 11 – Cronograma Geral das Operações



## 5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Anauá 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. As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (8 km em 1:100.000, 20 km em 1:250.000 e 40 km em 1:500.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 10, 15 e 30 minutos, respectivamente, para as escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais da folha ao milionésimo NA.21 disponível 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.

As Figuras 12 e 13 ilustram a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, respectivamente.

A Tabela 21 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

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>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrica eU/K</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrica eTh/K</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, 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	-	-

Tabela 21 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos



As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 22 a seguir:

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

Tabela 22 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos

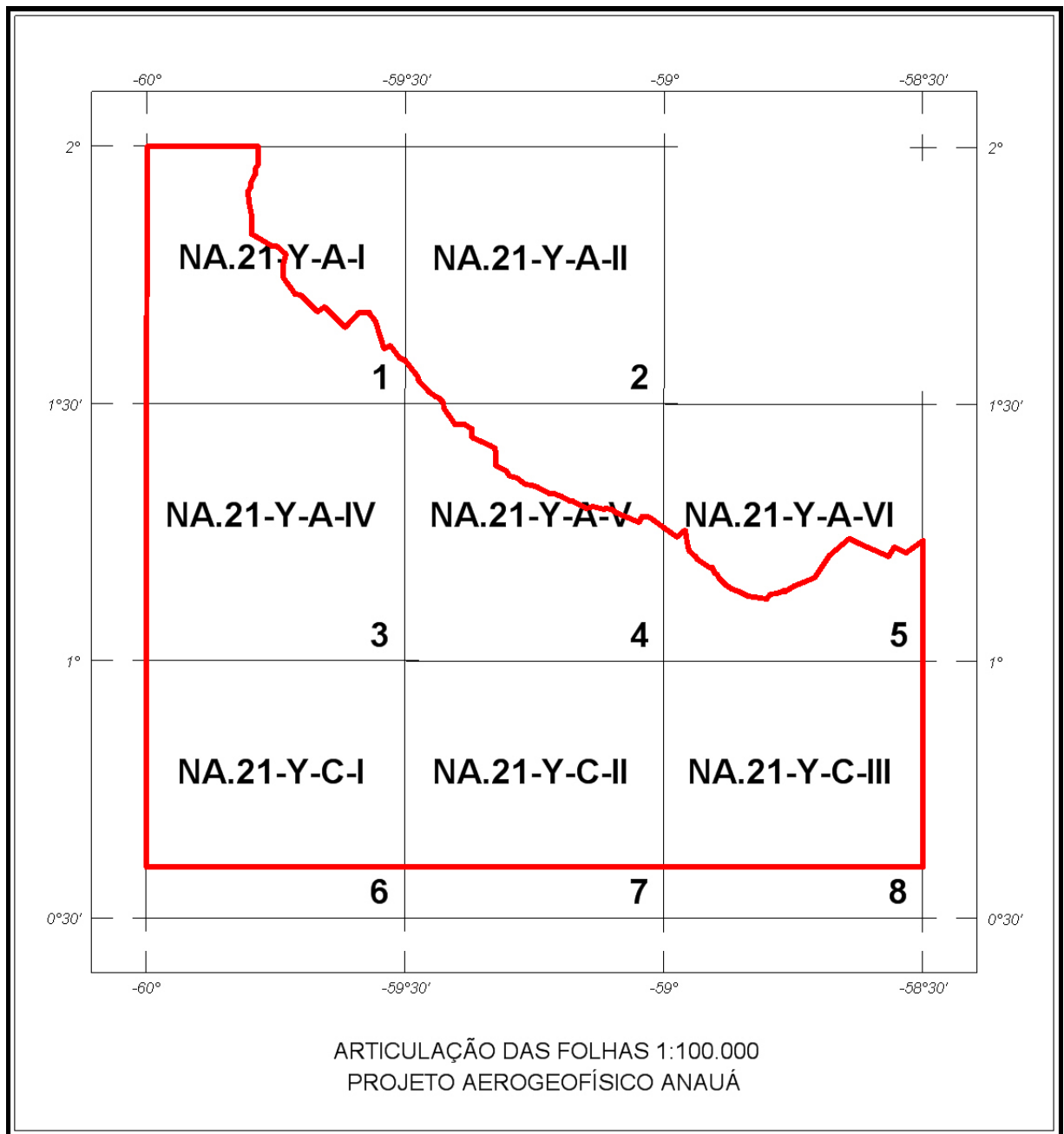


Figura 12 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000

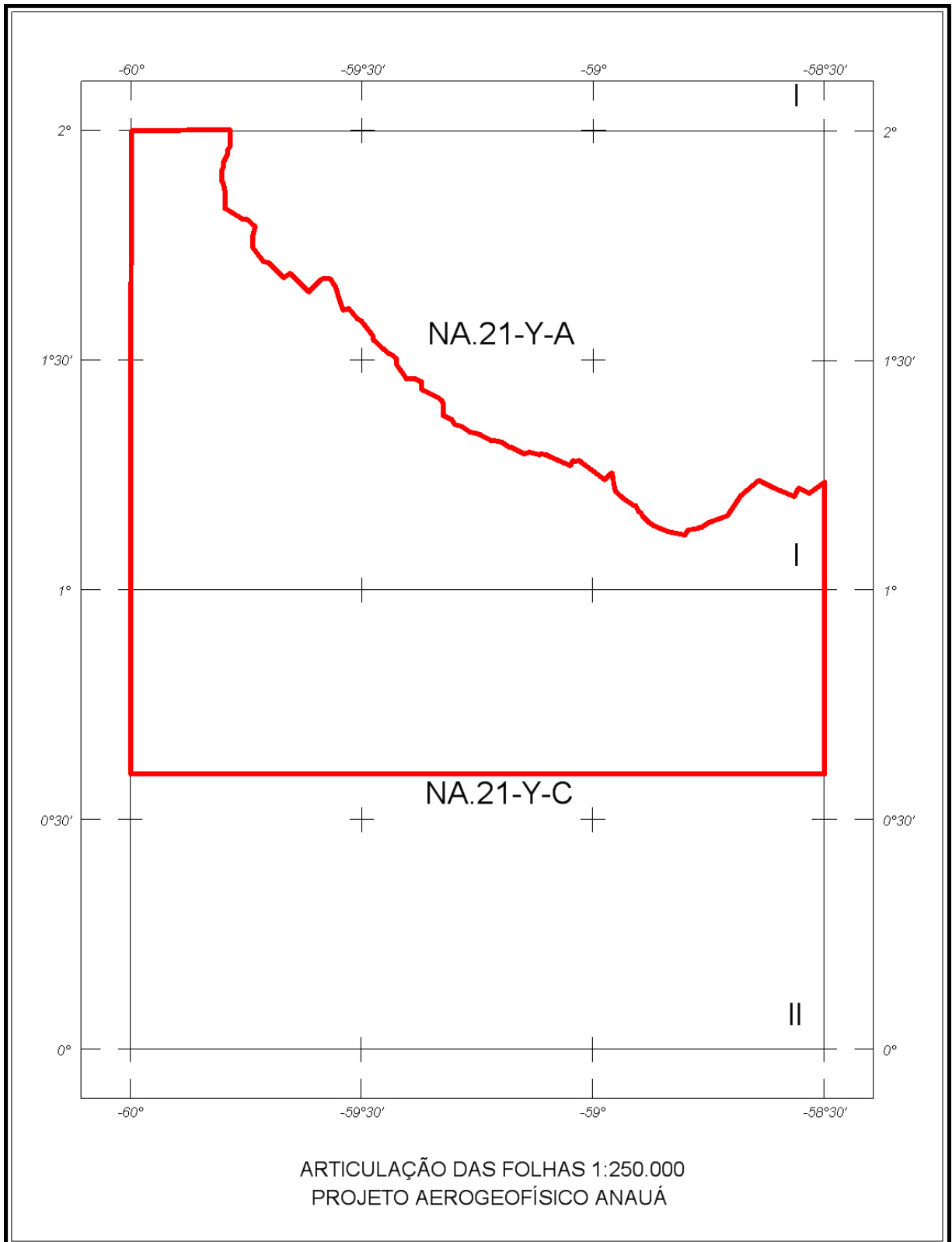


Figura 13 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000

### **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 (folha única), 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. Nesta escala as curvas de contorno não são apresentadas.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 14 e 15 respectivamente, com escala reduzida para tamanho A-4.

### **5.2 Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem Total**

Os mapas radiométricos foram elaborados a partir das concentrações aparentes dos canais radiométricos de potássio, urânio, tório e contagem total. Nos mapas 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 16.

### **5.3 Mapa Radiométrico Ternário**

Mapa elaborado apenas na escala 1:500.000 (folha única), expressa a relação 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 17.

### **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 e às curvas de contorno. Na escala 1:500.000 as curvas de contorno não são apresentadas.

O mapa radiométrico da razão Tório/Potássio está elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, sendo apresentado na Figura 18.

### **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 19, a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtidos a partir dos dados de GPS e radar altímetro registrados pela aeronave.

### **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 9 volumes (Volume I - Texto Técnico e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Anauá e dos procedimentos utilizados no levantamento e no processamento dos dados correspondentes, até a elaboração dos mapas finais, conforme descrito anteriormente.

O texto deste relatório foi elaborado pelo geólogo César Marinho Costa. A revisão e edição final estiveram a cargo do geólogo Márcio Vieira Marques 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 em 4 (quatro) cópias. A descrição do conteúdo das informações gravadas nos DVD-ROMs está sendo apresentada no Anexo IV. A descrição detalhada do formato dos arquivos XYZ e do padrão da CPRM (cruzamentos) é apresentada no Anexo V e também nas Tabelas 23, 24 e 25.

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

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 12040 para a aeronave PT-FZN e de 12050 a 13360 para a aeronave PR-FAG. As linhas de controle estão numeradas de 19010 a 19160 e foram executadas pela aeronave PR-FAG. Todas estas linhas listadas foram aprovadas e utilizadas no processamento e estão organizadas por ordem crescente de numeração.

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

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

<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	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 23 – 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 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	$\mu\text{R/h}$
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 24 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Gamaespectrometria

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 25 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais

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	-

Tabela 26 – Arquivo de Cruzamentos XYZ – Magnetometria

## 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.



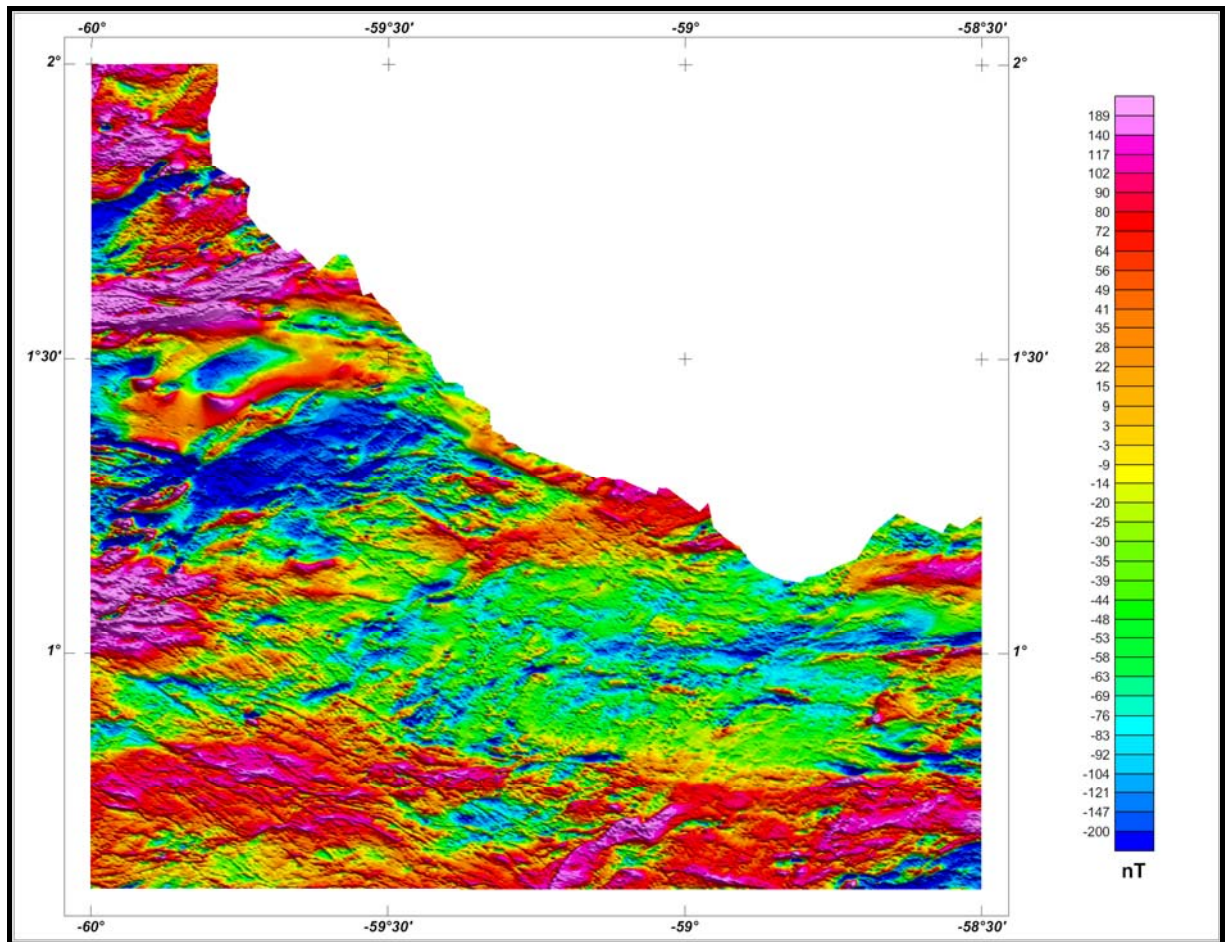


Figura 14 – Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

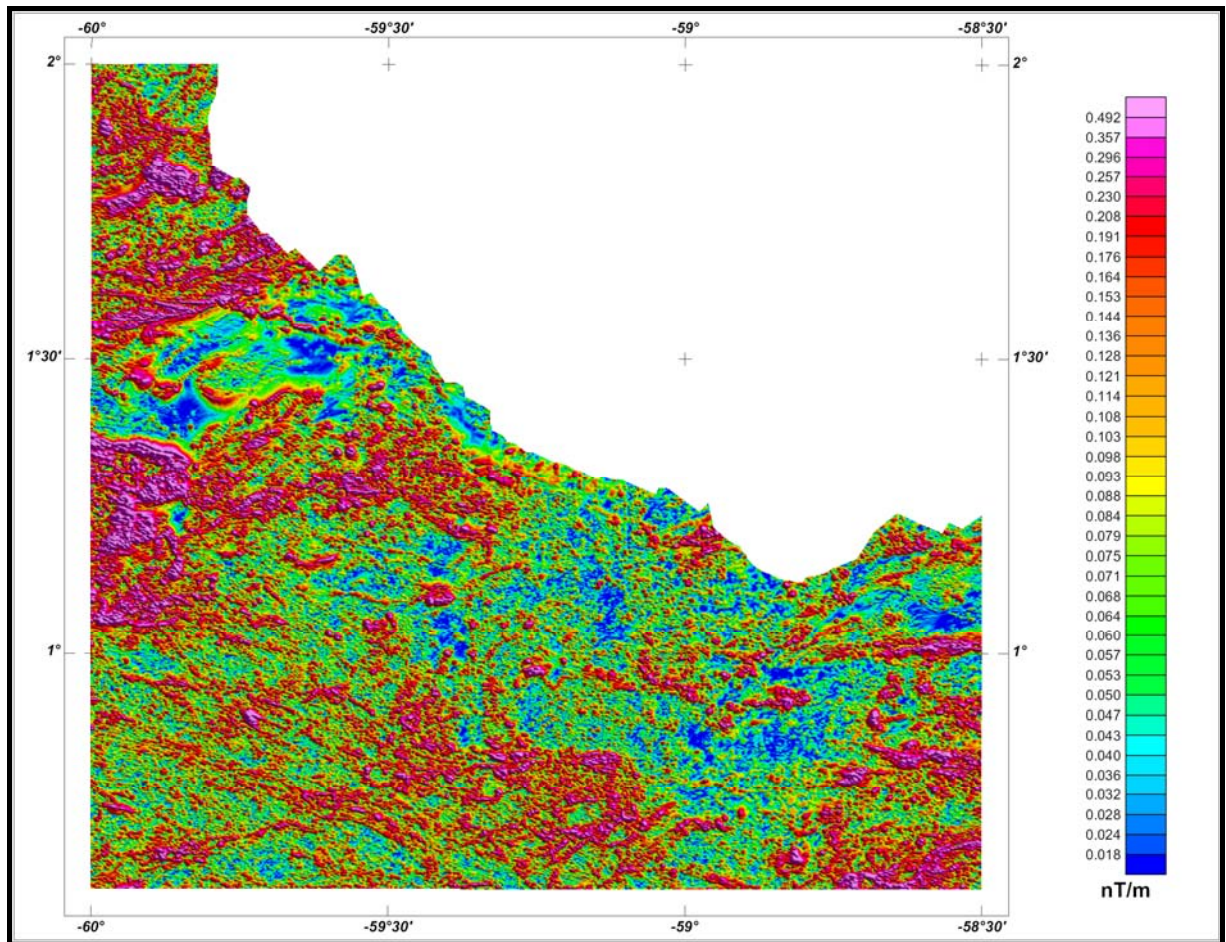


Figura 15 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

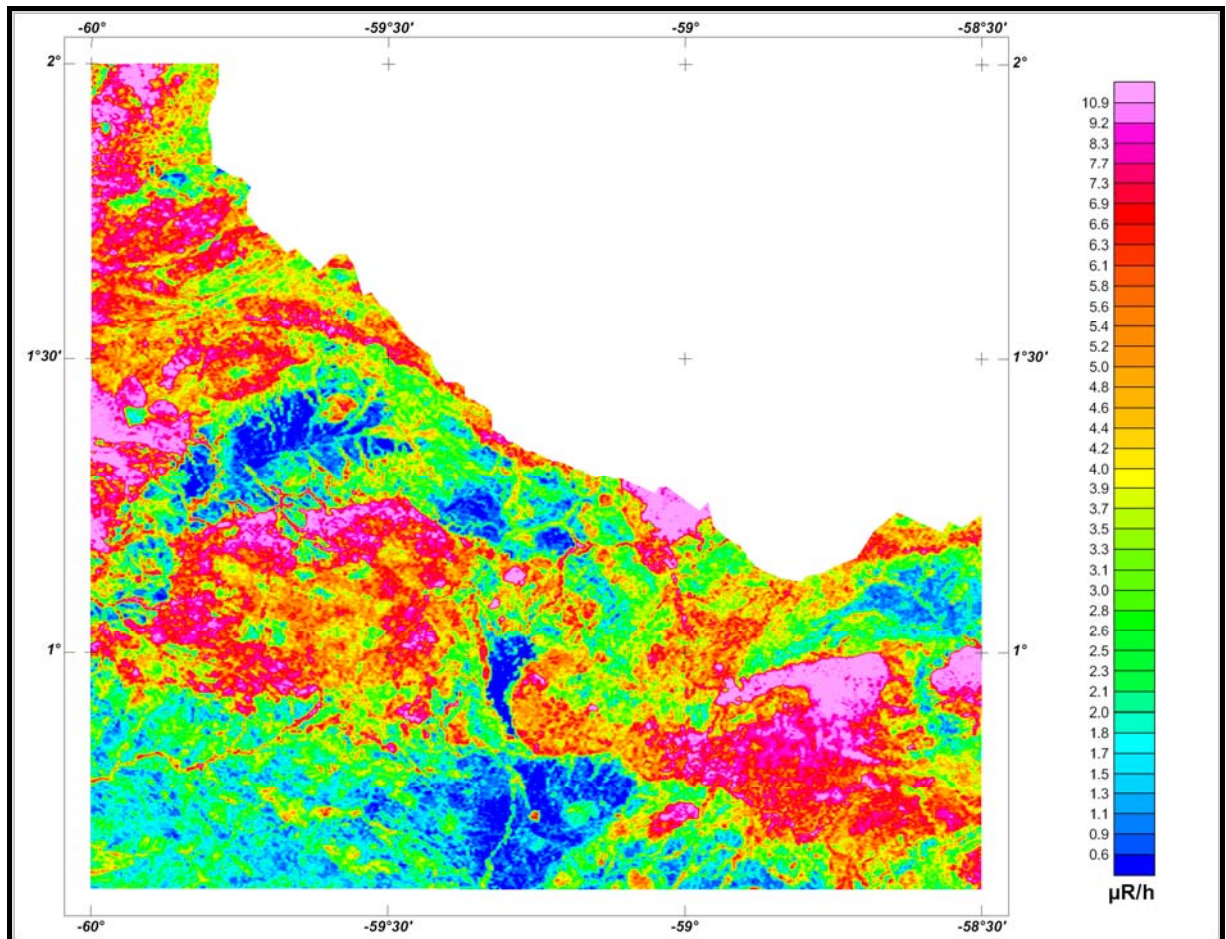


Figura 16 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total

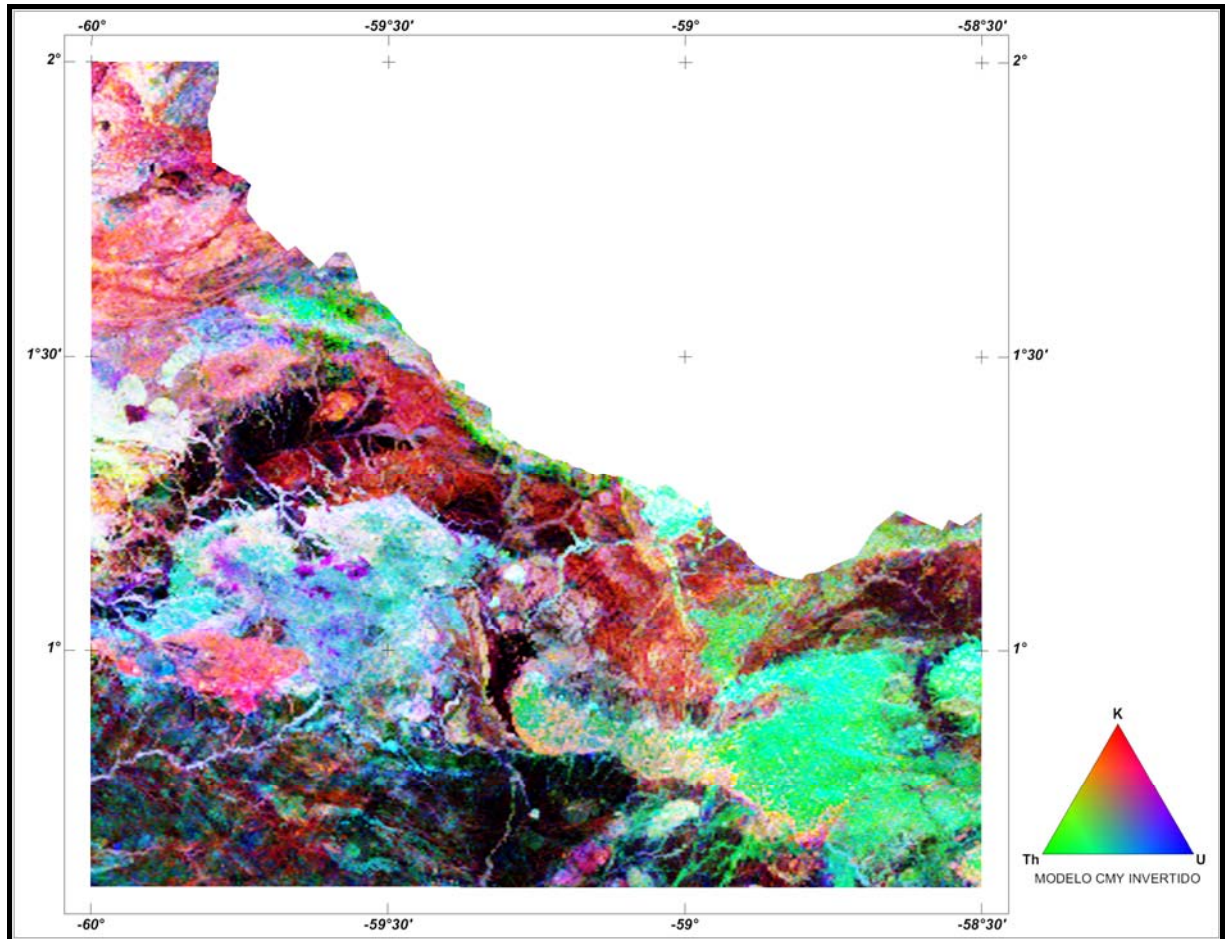


Figura 17 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th)

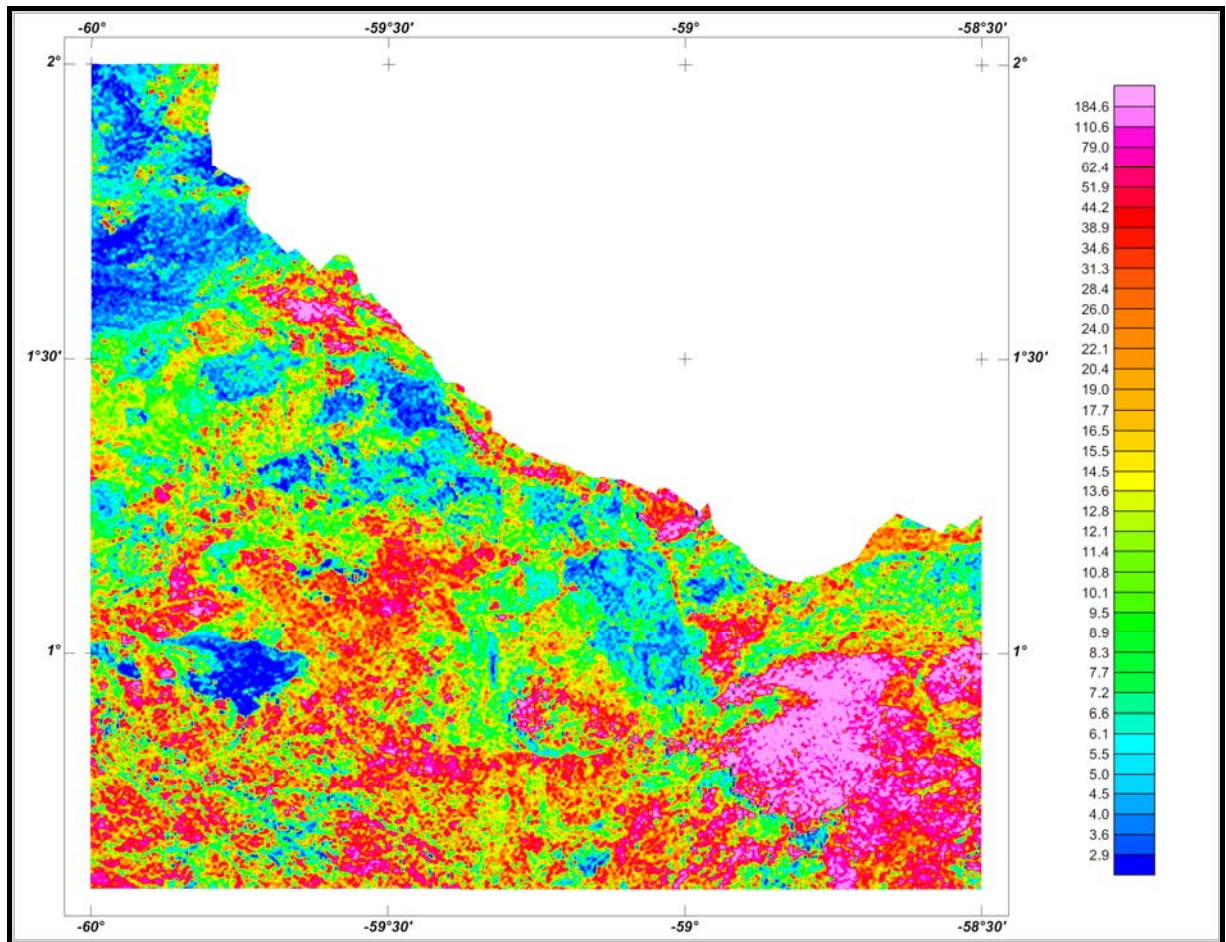


Figura 18 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio

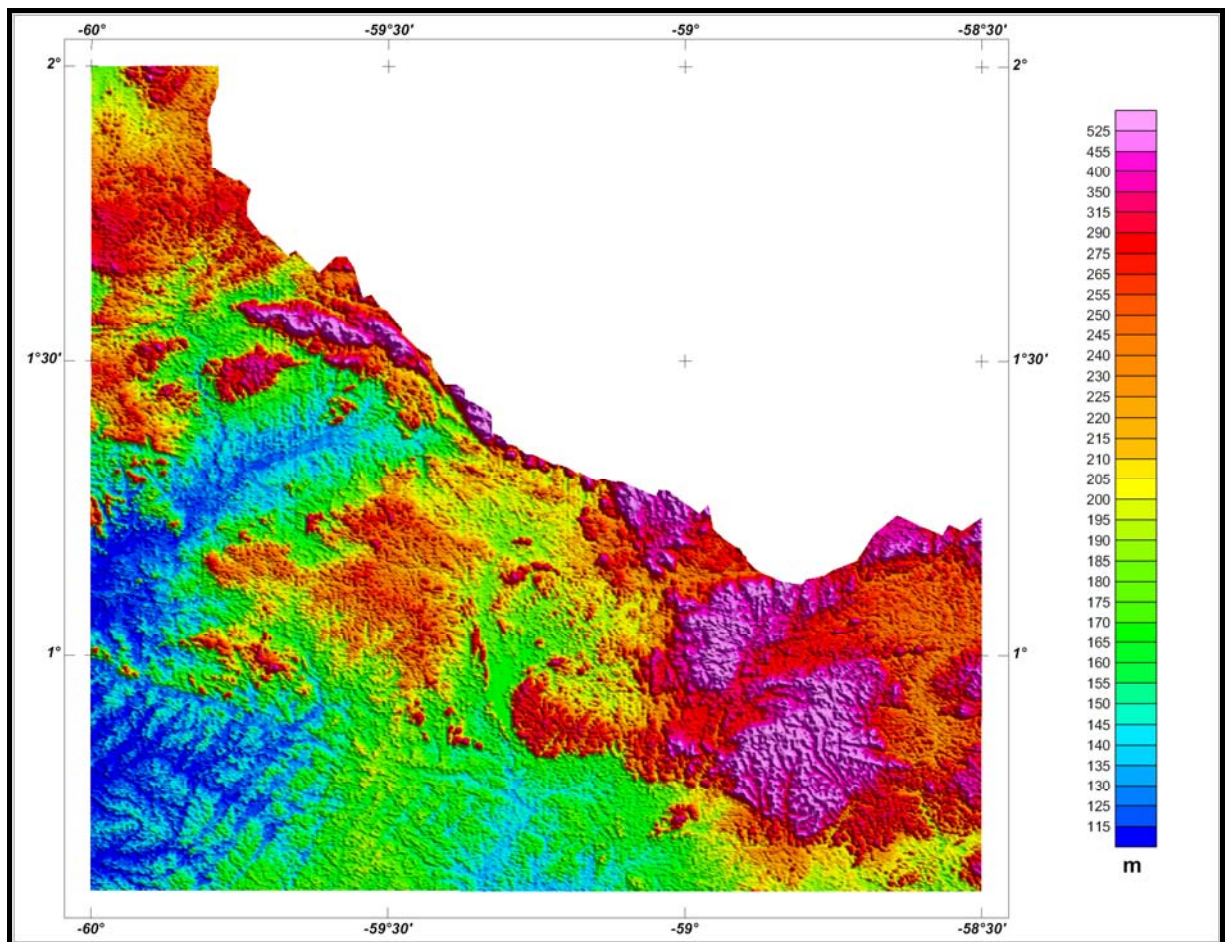


Figura 19 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

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

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

Edmílson de Souza Rosa	Geólogo	SUREG-RE
João Batista Freitas de Andrade	Geólogo	DIGEOF/RJ
Ludwig Zellner	Assistente Especializado	DIGEOF/RJ
Regina Célia dos Santos Silva	Geóloga	SUREG-BE

A revisão e compatibilização geral dos resultados obtidos apresentados no Relatório Final foi executada pelo gerente do contrato, geólogo Luís Marcelo Fontoura Mourão.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM - 1999** - Relatório sobre os serviços de geodésia e topografia para locação da linha de calibração dinâmica. Divisão de Cartografia - DICART. Rio de Janeiro, Brasil.
- Ford, K. L. & Santaguida, F. - 1997** – Gamma ray spectrometry as an indicator of potassic alteration zones associated with VHMS mineralization. In Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration. Toronto, Canada.
- Geosoft - 2005** – Montaj Geophysics Levelling System: Tutorial and User Guide. [www.geosoft.com](http://www.geosoft.com). Toronto, Canada.
- Grasty, R. L. & Minty, B. R. S. - 1995** - A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. AGSO, Australia.
- Grasty, R. L. & Hovgaard, J. - 1996** - The calibration of upward looking detectors in gamma ray surveys. SEG, 66 Annual Meeting Expanded Abstracts, L.A., USA.
- IAEA. - 1991** - Airborne gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria.
- IAEA. - 2003** – Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria.
- Reeves, C. V., Redford, S. W. & Milligan, P. R. - 1997** - Airborne geophysics: old methods, new images. In Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration. Toronto, Canada. p. 13-30.



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

**ANEXO I-a**

**RESULTADO DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD* e *UPWARD*)**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-a.1

RESULTADO DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD* e *UPWARD*)

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ  
28 DE MARÇO DE 2007

## Log Vôo – Magnetometria & Gamaespectrometria

Flight   PAD                        Job   2639                        Date   28/03/2007    
 Base   RJ                                Client   CPRM                        Area                                     
 Aircraft   PT-FZN                        Pilot                                                         Operator   MARCELO/ALMIR  

	GR-820	BOX A	BOX B	BOX D	ROI	ELEMENT	CHANNEL	STAB
S/N	8262	2606	2625	2525	1	TOTAL COUNT	75-469	---
CAL					2	POTASSIUM	233-265	248
ADC					3	URANIUM	281-312	298
					4	THORIUM	404-469	437
					8	URANIUM UP	281-312	---

AMPLIFIER A			AMPLIFIER B			AMPLIFIER C		
XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN
A1	5.0	144	B1	5.3	142	D1 UP	10.1	182
A2	5.7	154	B2	5.1	173	D2 UP	10.0	135
A3	5.1	140	B3	5.1	144	D3	4.8	172
A4	5.5	145	B4	4.7	157	D4	4.7	128

TOTAL	DOWN	UP
CANAL	218.0	55.0
FWHM	5.2	10.3

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

SAMPLE TEST		Spec-6430.msdc INITIAL			
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11	TH	1715	11:43	1895	11:46
12	U	2071	11:49	2251	11:52
13	BG	2315	11:53	2495	11:56

SAMPLE TEST		Spec263906431.msdc FINAL			
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
21	TH	410	17:53	590	17:56
22	U	665	17:57	845	18:00
23	BG	923	18:02	1103	18:05



Foto tirada no dia 28/03/2007 no hangar em Jacarepaguá mostrando a resolução dos cristais do sistema Exploranium GR820 da aeronave PT-FZN.

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-a.2

RESULTADO DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD* e *UPWARD*)

AERONAVE REIMS 406 CARAVAN II

PR-FAG

RIO DE JANEIRO-RJ  
03 DE JUNHO DE 2006

## Log Vôo – Magnetometria & Gamaespectrometria

 Flight      PAD      Job                      Date      03/06/2006  
 Base      RJ            Client                      Area                       
 Aircraft      PR-FAG      Pilot                      Operator      SANDRO     

	<b>GR-820</b>	<b>BOX A</b>	<b>BOX B</b>	<b>BOX D</b>	<b>ROI</b>	<b>ELEMENT</b>	<b>CHANNEL</b>	<b>STAB</b>
S/N	8253	2606	2607	DETMAT 2	1	TOTAL COUNT	34-233	---
CAL					2	POTASSIUM	115-131	122
ADC	135				3	URANIUM	139-155	147
					4	THORIUM	202-233	218
					8	URANIUM UP	139-155	---

BOX A			BOX B			BOX D		
XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN
A1	4.6	125	B1	4.9	130	D1 UP	9.9	127
A2	5.0	137	B2	5.9	135	D2 UP	9.1	131
A3	6.6	129	B3	5.4	129	D3	5.9	142
A4	5.0	134	B4	6.1	132	D4	4.5	116

<b>TOTAL</b>	<b>DOWN</b>	<b>UP</b>
CANAL	217.9	54.9
FWHM	5.3	10.2

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

SAMPLE TEST				INITIAL	
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	1063	14:30	1183	14:32
11100	U	1306	14:34	1426	14:36
11300	BG	1513	14:37	1633	14:39

SAMPLE TEST				FINAL	
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	174	16:51	294	16:53
11100	U	405	16:55	525	16:57
11300	BG	662	16:59	782	17:01

Não há foto mostrando a resolução do sistema pois na época desta calibração tal procedimento, ainda não havia sido implementado.

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

**ANEXO I-b**

**RESULTADO DO TESTE SOBRE OS TANQUES DE CALIBRAÇÃO TRANSPORTÁVEIS  
PARA DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO *COMPTON***

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ  
CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-b.1

RESULTADO DO TESTE SOBRE OS TANQUES DE CALIBRAÇÃO  
TRANSPORTÁVEIS PARA DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO *COMPTON*

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ  
28 DE MARÇO DE 2007



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

### Aeronave PT-FZN

Obs.: Valores corrigidos do *live time*

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>	600	287,197	60,901	122,241
TH1	Tório	600	344,724	98,661	255,278
U1	Urânio	600	352,796	152,213	127,905
K1	Potássio	600	437,230	60,476	121,229

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>	600	313,918	57,890	112,571
TH2	Tório	600	380,460	102,548	281,028
U2	Urânio	600	402,527	178,284	121,514
K2	Potássio	600	516,375	57,429	112,395

Pacote de Cristais C (512 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG2	<i>Background</i>	600	182,391	32,880	61,301
TH2	Tório	600	226,205	61,436	160,230
U2	Urânio	600	232,950	104,649	66,075
K2	Potássio	600	299,442	32,452	60,459

Pacote de Cristais A (1.024 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	172318	36540	73344
Tório	600	206834	59197	153167
Urânio	600	211678	91328	76743
Potássio	600	262338	36286	72737

Pacote de Cristais B (1.024 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	188351	34734	67542
Tório	600	228276	61529	168617
Urânio	600	241516	106970	72908
Potássio	600	309825	34457	67437

Pacote de Cristais C (512 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	109435	19728	36781
Tório	600	135723	36862	96138
Urânio	600	139770	62789	39645
Potássio	600	179665	19471	36275

Pacotes de Cristais A+B+C (2.560 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	470103	91002	177667
Tório	600	570833	157587	417922
Urânio	600	592964	261088	189296
Potássio	600	751828	90214	176450

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 PT-FZN Caixa A - 28/03/2007

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	172318.	36540.	73344.
K Pad	600.0	262338.	36286.	72737.
U Pad	600.0	211678.	91328.	76743.
T Pad	600.0	206834.	59197.	153167.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.075E+01 (2.993E-01)	1.282E+00 (3.300E-02)	4.219E-01 (1.068E-02)
1.515E-01 (6.328E-02)	1.753E+00 (3.570E-02)	2.563E-01 (5.643E-03)
7.606E-02 (9.050E-02)	8.738E-02 (1.299E-02)	9.935E-01 (1.669E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.848E-02 (7.080E-04)	-3.488E-02 (7.281E-04)	-1.159E-02 (4.171E-04)
-3.694E-03 (1.868E-03)	5.806E-01 (1.173E-02)	-1.482E-01 (3.918E-03)
-3.387E-03 (4.442E-03)	-4.839E-02 (6.636E-03)	1.020E+00 (1.697E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.075E+01 (2.993E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 1.753E+00 (3.570E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 9.935E-01 (1.669E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.428E+01 (3.501E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 2.051E+00 (4.176E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 1.182E+00 (1.987E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2580 ( .0043)  
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4247 ( .0088)  
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7313 ( .0133)  
U INTO TH (A = A32/A22): .0498 ( .0073)  
K INTO TH (B = A31/A11): .0037 ( .0044)  
K INTO U (G = A21/A11): .0073 ( .0030)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.557E+02 (9.785E-01) COUNTS/M  
U WINDOW : 5.841E+01 (4.060E-01) COUNTS/M  
TH WINDOW : 1.198E+02 (5.783E-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 PT-FZN Caixa B - 28/03/2007

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	188351.	34734.	67542.
K Pad	600.0	309825.	34457.	67437.
U Pad	600.0	241516.	106970.	72908.
T Pad	600.0	228276.	61529.	168617.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.799E+01 (3.838E-01)	1.733E+00 (4.133E-02)	4.864E-01 (1.202E-02)
2.050E-01 (6.234E-02)	2.312E+00 (4.618E-02)	2.996E-01 (6.217E-03)
2.508E-01 (8.855E-02)	1.450E-01 (1.305E-02)	1.258E+00 (2.067E-02)

INVERSE A-MATRIX:

3.599E-02 (4.969E-04)	-2.650E-02 (4.912E-04)	-7.605E-03 (2.717E-04)
-2.295E-03 (1.021E-03)	4.408E-01 (8.751E-03)	-1.041E-01 (2.663E-03)
-6.913E-03 (2.547E-03)	-4.552E-02 (4.026E-03)	8.087E-01 (1.322E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.799E+01 (3.838E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.312E+00 (4.618E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.258E+00 (2.067E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.275E+01 (4.490E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 2.705E+00 (5.404E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 1.497E+00 (2.460E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2383 ( .0034)  
TH INTO K (BETA = A13/A33): .3868 ( .0076)  
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7497 ( .0112)  
U INTO TH (A = A32/A22): .0627 ( .0055)  
K INTO TH (B = A31/A11): .0090 ( .0032)  
K INTO U (G = A21/A11): .0073 ( .0022)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.717E+02 (1.093E+00) COUNTS/M  
U WINDOW : 5.468E+01 (4.020E-01) COUNTS/M  
TH WINDOW : 1.092E+02 (5.654E-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 C:

"" 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 PT-FZN Caixa C - 28/03/2007

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	109435.	19728.	36781.
K Pad	600.0	179665.	19471.	36275.
U Pad	600.0	139770.	62789.	39645.
T Pad	600.0	135723.	36862.	96138.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.619E+01 (2.362E-01)	9.884E-01 (2.588E-02)	3.214E-01 (8.384E-03)
1.042E-01 (4.651E-02)	1.378E+00 (2.812E-02)	1.931E-01 (4.299E-03)
4.501E-02 (6.417E-02)	7.576E-02 (9.332E-03)	7.386E-01 (1.246E-02)

INVERSE A-MATRIX:

6.209E-02 (9.156E-04)	-4.368E-02 (9.405E-04)	-1.560E-02 (5.738E-04)
-4.227E-03 (2.235E-03)	7.393E-01 (1.499E-02)	-1.914E-01 (5.158E-03)
-3.351E-03 (5.439E-03)	-7.317E-02 (8.205E-03)	1.374E+00 (2.299E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.619E+01 (2.362E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.378E+00 (2.812E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 7.386E-01 (1.246E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.894E+01 (2.763E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 1.612E+00 (3.290E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 8.789E-01 (1.483E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2614 ( .0044)  
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4351 ( .0094)  
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7173 ( .0136)  
U INTO TH (A = A32/A22): .0550 ( .0067)  
K INTO TH (B = A31/A11): .0028 ( .0040)  
K INTO U (G = A21/A11): .0064 ( .0029)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.579E+02 (7.771E-01) COUNTS/M  
U WINDOW : 3.096E+01 (2.991E-01) COUNTS/M  
TH WINDOW : 5.950E+01 (4.106E-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+C:

"" 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 PT-FZN Caixas A+B+C - 28/03/2007

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	470103.	91002.	177667.
K Pad	600.0	751828.	90214.	176450.
U Pad	600.0	592964.	261088.	189296.
T Pad	600.0	570833.	157587.	417922.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

6.493E+01 (8.458E-01)	4.004E+00 (8.862E-02)	1.230E+00 (2.557E-02)
4.607E-01 (1.037E-01)	5.443E+00 (1.067E-01)	7.490E-01 (1.365E-02)
3.721E-01 (1.499E-01)	3.081E-01 (2.266E-02)	2.990E+00 (4.797E-02)

INVERSE A-MATRIX:

1.550E-02 (2.025E-04)	-1.120E-02 (1.808E-04)	-3.570E-03 (9.409E-05)
-1.062E-03 (3.094E-04)	1.871E-01 (3.648E-03)	-4.645E-02 (1.084E-03)
-1.820E-03 (7.797E-04)	-1.789E-02 (1.258E-03)	3.397E-01 (5.437E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 6.493E+01 (8.458E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 5.443E+00 (1.067E-01) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.990E+00 (4.797E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 7.597E+01 (9.896E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 6.368E+00 (1.248E-01) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.558E+00 (5.709E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2505 ( .0024)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4113 ( .0057)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7356 ( .0084)

U INTO TH (A = A32/A22): .0566 ( .0040)

K INTO TH (B = A31/A11): .0057 ( .0023)

K INTO U (G = A21/A11): .0071 ( .0016)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 6.853E+02 (2.010E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.440E+02 (6.761E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.885E+02 (9.606E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

RESULTADO	
Coefficiente	Valor Obtido em 28/03/2007
$\alpha$	0,2505 ± 0,0024
$\beta$	0,4113 ± 0,0057
$\gamma$	0,7356 ± 0,0084
<b>a</b>	0,0566 ± 0,0040
<b>b</b>	0,0057 ± 0,0023
<b>g</b>	0,0071 ± 0,0016

Coefficientes de Espalhamento *Compton*

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-b.2

RESULTADO DO TESTE SOBRE OS TANQUES DE CALIBRAÇÃO  
TRANSPORTÁVEIS PARA DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO *COMPTON*

AERONAVE REIMS 406 - CARAVAN II

PR-FAG

RIO DE JANEIRO-RJ  
15 DE JULHO DE 2006

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

### Aeronave PR-FAG

Obs.: Valores corrigidos do *live time*

Pacote de Cristais #1 (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	262,973	44,153	80,201
TH1	Tório	600	325,826	82,160	223,920
U1	Urânio	600	334,916	145,310	86,197
K1	Potássio	600	425,802	43,963	79,640

Pacote de Cristais #2 (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG2	<i>Background</i>	600	266,361	46,970	81,132
TH2	Tório	600	332,547	88,938	236,268
U2	Urânio	600	345,885	156,193	89,298
K2	Potássio	600	447,278	46,237	80,158

Pacote de Cristais #3 (512 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG2	<i>Background</i>	600	181,216	31,740	52,994
TH2	Tório	600	241,321	71,389	182,187
U2	Urânio	600	251,979	129,623	58,205
K2	Potássio	600	338,554	30,734	51,093

Pacote de Cristais #1 (1.024 pol <sup>3</sup> )		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	157784	26492	48121
Tório	600	195496	49296	134352
Urânio	600	200950	87186	51718
Potássio	600	255481	26378	47784

<b>Pacote de Cristais #2 (1.024 pol<sup>3</sup>)</b>		<b>ELEMENTOS (Acumulado)</b>		
<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K</b>	<b>U</b>	<b>Th</b>
<i>Background</i>	600	159817	28182	48679
Tório	600	199528	53363	141761
Urânio	600	207531	93716	53579
Potássio	600	268367	27742	48095

<b>Pacote de Cristais #3 (512 pol<sup>3</sup>)</b>		<b>ELEMENTOS (Acumulado)</b>		
<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K</b>	<b>U</b>	<b>Th</b>
<i>Background</i>	600	108730	19044	31796
Tório	600	144793	42833	109312
Urânio	600	151187	77774	34923
Potássio	600	203132	18440	30656

<b>Pacotes de Cristais #1, #2 e #3 (2.560 pol<sup>3</sup>)</b>		<b>ELEMENTOS (Acumulado)</b>		
<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K</b>	<b>U</b>	<b>Th</b>
<i>Background</i>	600	426330	73717	128596
Tório	600	539816	145492	385425
Urânio	600	559668	258676	140220
Potássio	600	726980	72560	126535

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 1:

"" 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-FAG Caixa A - 15/07/2006

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	157784.	26492.	48121.
K Pad	600.0	255481.	26378.	47784.
U Pad	600.0	200950.	87186.	51718.
T Pad	600.0	195496.	49296.	134352.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.253E+01 (3.166E-01)	1.406E+00 (3.465E-02)	4.608E-01 (1.099E-02)
2.001E-01 (5.441E-02)	1.943E+00 (3.899E-02)	2.554E-01 (5.380E-03)
1.547E-01 (7.470E-02)	9.209E-02 (1.091E-02)	1.073E+00 (1.769E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.476E-02 (6.340E-04)	-3.183E-02 (6.211E-04)	-1.164E-02 (3.580E-04)
-3.805E-03 (1.312E-03)	5.234E-01 (1.043E-02)	-1.229E-01 (3.180E-03)
-6.126E-03 (3.119E-03)	-4.031E-02 (4.674E-03)	9.439E-01 (1.546E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.253E+01 (3.166E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 1.943E+00 (3.899E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.073E+00 (1.769E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.636E+01 (3.704E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 2.273E+00 (4.561E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 1.277E+00 (2.105E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2379 ( .0035)  
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4294 ( .0080)  
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7236 ( .0118)  
U INTO TH (A = A32/A22): .0474 ( .0055)  
K INTO TH (B = A31/A11): .0069 ( .0033)  
K INTO U (G = A21/A11): .0089 ( .0024)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.288E+02 (9.652E-01) COUNTS/M  
U WINDOW : 4.141E+01 (3.502E-01) COUNTS/M  
TH WINDOW : 7.747E+01 (4.776E-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 2:

"" 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-FAG Caixa B - 15/07/2006

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	159817.	28182.	48679.
K Pad	600.0	268367.	27742.	48095.
U Pad	600.0	207531.	93716.	53579.
T Pad	600.0	199528.	53363.	141761.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.502E+01 (3.454E-01)	1.554E+00 (3.736E-02)	4.848E-01 (1.144E-02)
1.451E-01 (5.608E-02)	2.097E+00 (4.196E-02)	2.827E-01 (5.802E-03)
1.196E-01 (7.550E-02)	1.320E-01 (1.127E-02)	1.158E+00 (1.900E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.018E-02 (5.586E-04)	-2.917E-02 (5.493E-04)	-9.702E-03 (3.089E-04)
-2.256E-03 (1.130E-03)	4.859E-01 (9.662E-03)	-1.177E-01 (2.987E-03)
-3.891E-03 (2.641E-03)	-5.237E-02 (4.181E-03)	8.779E-01 (1.433E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.502E+01 (3.454E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.097E+00 (4.196E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.158E+00 (1.900E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:



K SENSITIVITY (A11) = 2.928E+01 (4.042E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 2.454E+00 (4.909E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 1.378E+00 (2.261E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2441 ( .0034)  
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4187 ( .0076)  
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7412 ( .0113)  
U INTO TH (A = A32/A22): .0629 ( .0052)  
K INTO TH (B = A31/A11): .0048 ( .0030)  
K INTO U (G = A21/A11): .0058 ( .0022)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.285E+02 (9.984E-01) COUNTS/M  
U WINDOW : 4.409E+01 (3.624E-01) COUNTS/M  
TH WINDOW : 7.822E+01 (4.835E-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 3:

"" 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-FAG Caixa C - 15/07/2007

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	108730.	19044.	31796.
K Pad	600.0	203132.	18440.	30656.
U Pad	600.0	151187.	77774.	34923.
T Pad	600.0	144793.	42833.	109312.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.177E+01 (2.994E-01)	1.382E+00 (3.269E-02)	4.402E-01 (1.001E-02)
8.534E-02 (4.616E-02)	1.879E+00 (3.758E-02)	2.685E-01 (5.336E-03)
-5.234E-02 (6.086E-02)	7.911E-02 (9.030E-03)	9.648E-01 (1.587E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.604E-02 (6.373E-04)	-3.338E-02 (6.146E-04)	-1.172E-02 (3.663E-04)
-2.477E-03 (1.202E-03)	5.403E-01 (1.074E-02)	-1.492E-01 (3.723E-03)
2.701E-03 (2.931E-03)	-4.611E-02 (4.464E-03)	1.048E+00 (1.716E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.177E+01 (2.994E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.879E+00 (3.758E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 9.648E-01 (1.587E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.547E+01 (3.503E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 2.199E+00 (4.397E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 1.148E+00 (1.889E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2783 ( .0036)  
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4563 ( .0078)  
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7356 ( .0108)  
U INTO TH (A = A32/A22): .0421 ( .0047)  
K INTO TH (B = A31/A11): -.0024 ( .0028)  
K INTO U (G = A21/A11): .0039 ( .0021)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.482E+02 (8.385E-01) COUNTS/M  
U WINDOW : 2.919E+01 (3.001E-01) COUNTS/M  
TH WINDOW : 5.081E+01 (3.919E-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 1, 2 e 3:

"" 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-FAG Caixa A+B+C - 15/07/2006

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	426330.	73717.	128596.
K Pad	600.0	726980.	72560.	126535.
U Pad	600.0	559668.	258676.	140220.
T Pad	600.0	539816.	145492.	385425.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

6.932E+01 (8.959E-01)	4.342E+00 (9.454E-02)	1.386E+00 (2.759E-02)
4.308E-01 (9.528E-02)	5.919E+00 (1.156E-01)	8.066E-01 (1.435E-02)
2.220E-01 (1.329E-01)	3.032E-01 (2.062E-02)	3.196E+00 (5.104E-02)

INVERSE A-MATRIX:

1.450E-02 (1.878E-04)	-1.045E-02 (1.636E-04)	-3.651E-03 (8.617E-05)
-9.304E-04 (2.416E-04)	1.718E-01 (3.339E-03)	-4.296E-02 (9.902E-04)
-9.189E-04 (6.050E-04)	-1.557E-02 (9.926E-04)	3.172E-01 (5.057E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 6.932E+01 (8.959E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 5.919E+00 (1.156E-01) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 3.196E+00 (5.104E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 8.110E+01 (1.048E+00) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 6.925E+00 (1.353E-01) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.803E+00 (6.074E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2524 ( .0022)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4336 ( .0054)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7336 ( .0077)

U INTO TH (A = A32/A22): .0512 ( .0033)

K INTO TH (B = A31/A11): .0032 ( .0019)

K INTO U (G = A21/A11): .0062 ( .0014)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 6.055E+02 (2.033E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.147E+02 (6.273E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.065E+02 (8.556E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

<b>RESULTADO</b>	
<b>Coefficiente</b>	<b>Valor Obtido em 15/jul/2006</b>
<b>α</b>	0,2524 ± 0,0022
<b>β</b>	0,4336 ± 0,0054
<b>γ</b>	0,7336 ± 0,0077
<b>a</b>	0,0512 ± 0,0033
<b>b</b>	0,0032 ± 0,0019
<b>g</b>	0,0062 ± 0,0014

Coeficientes de Espalhamento *Compton*

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

**ANEXO I-c**

**DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E CÓSMICO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-c.1

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*  
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

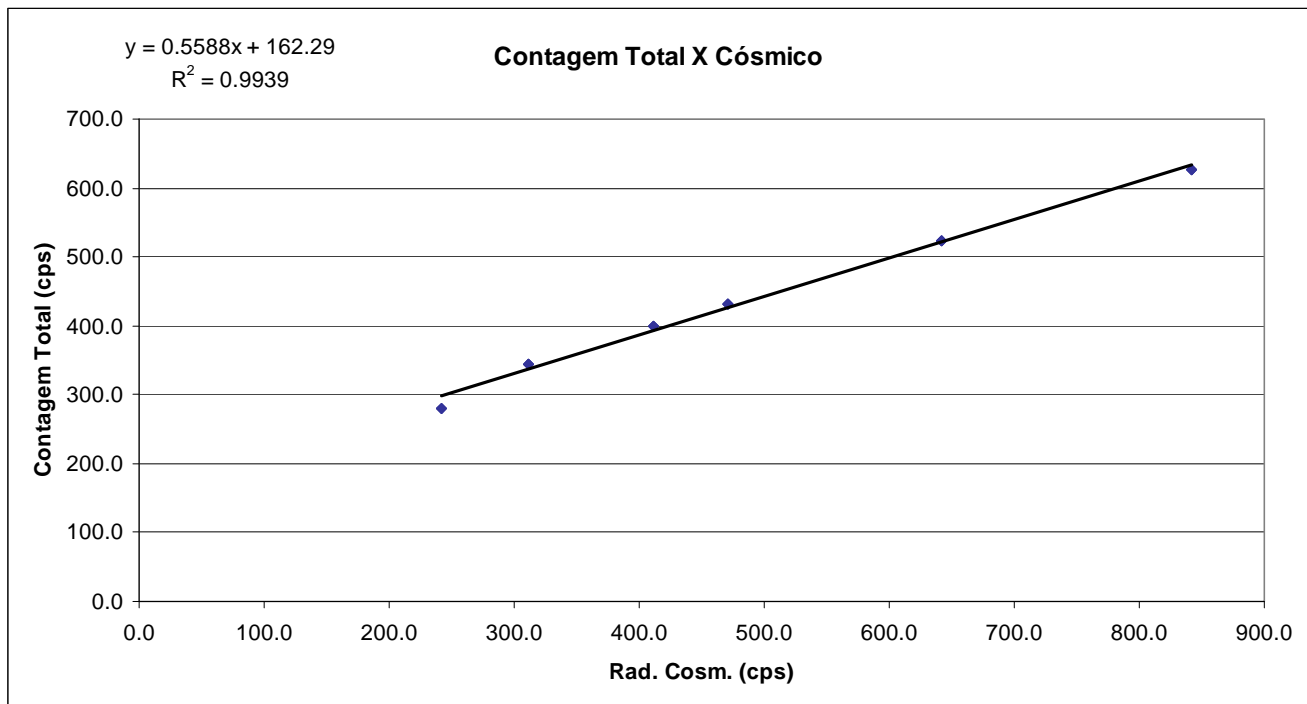
PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ  
30 DE MARÇO DE 2007

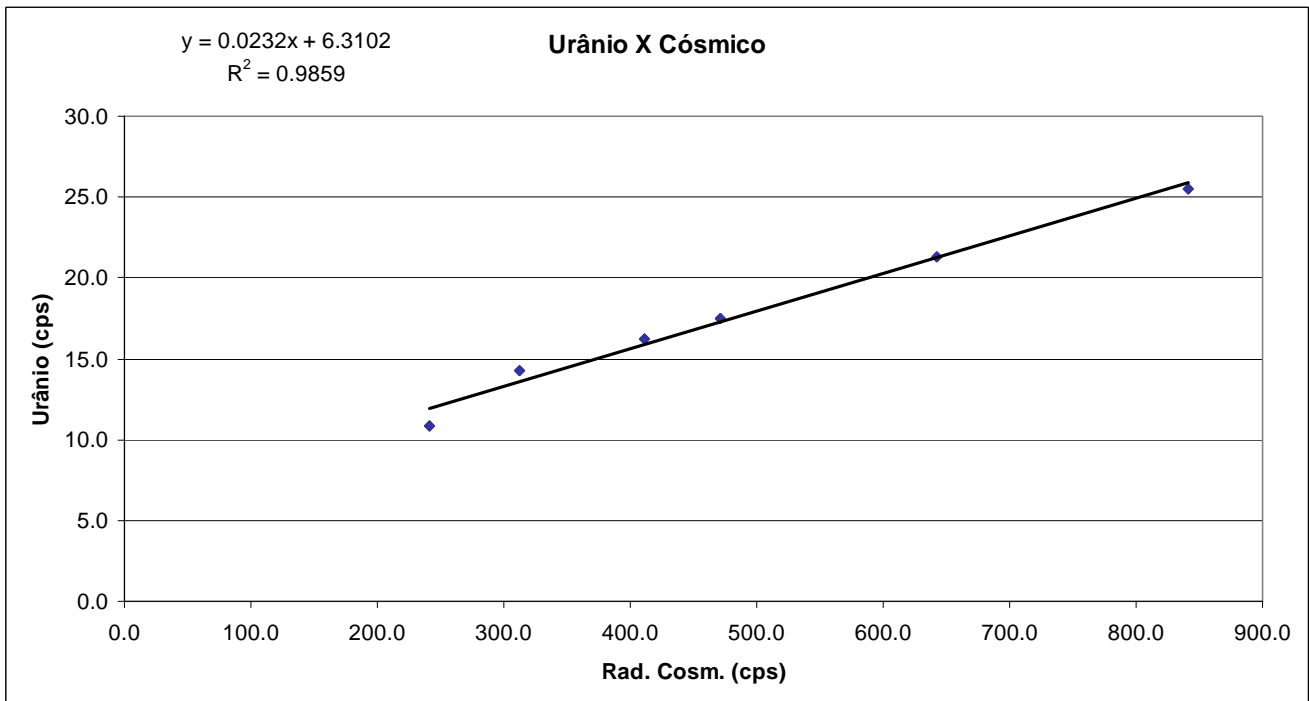
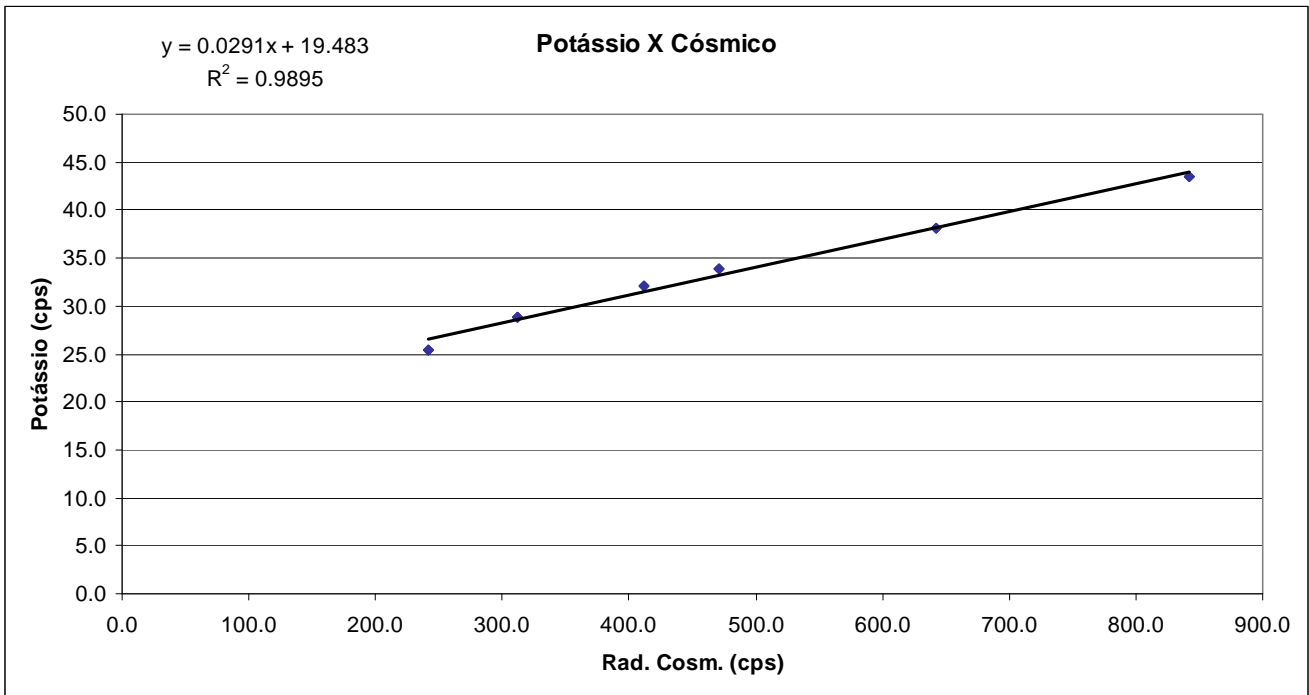
**RESULTADO DO VÔO CÓSMICO DA AERONAVE Cessna 404- Titan – PT-FZN**  
( Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol<sup>3</sup> )

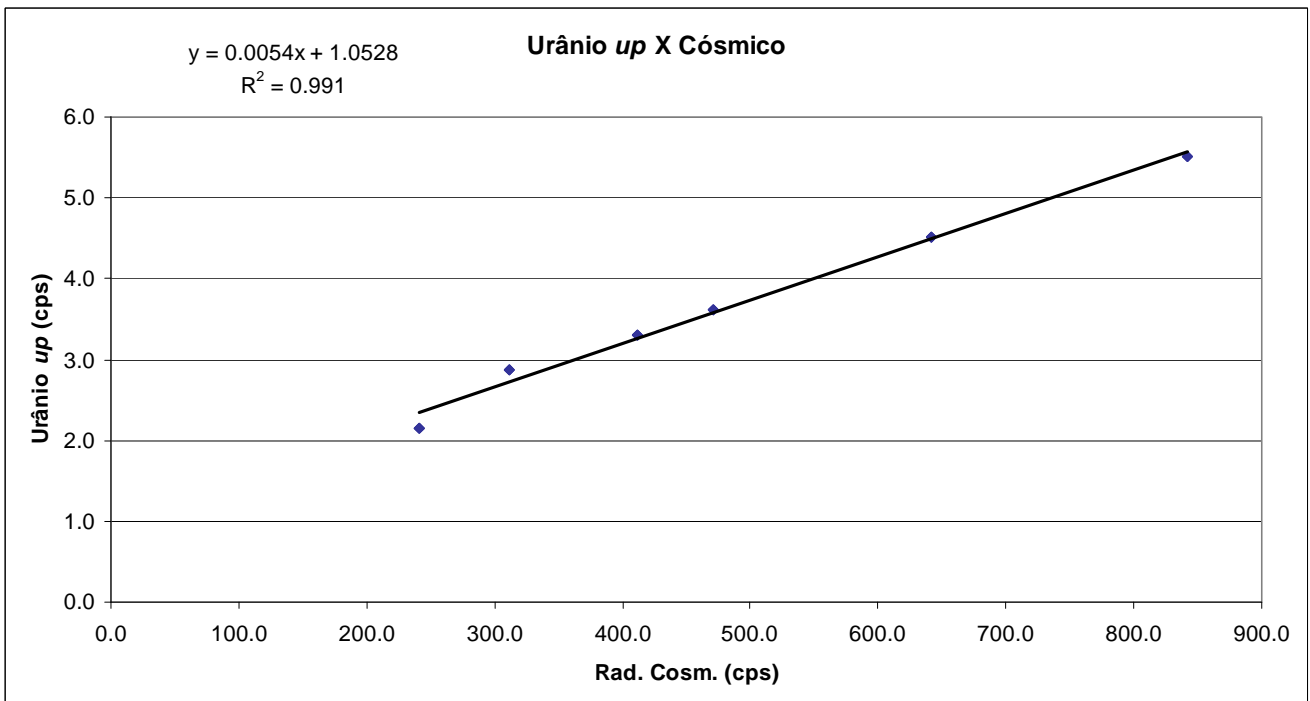
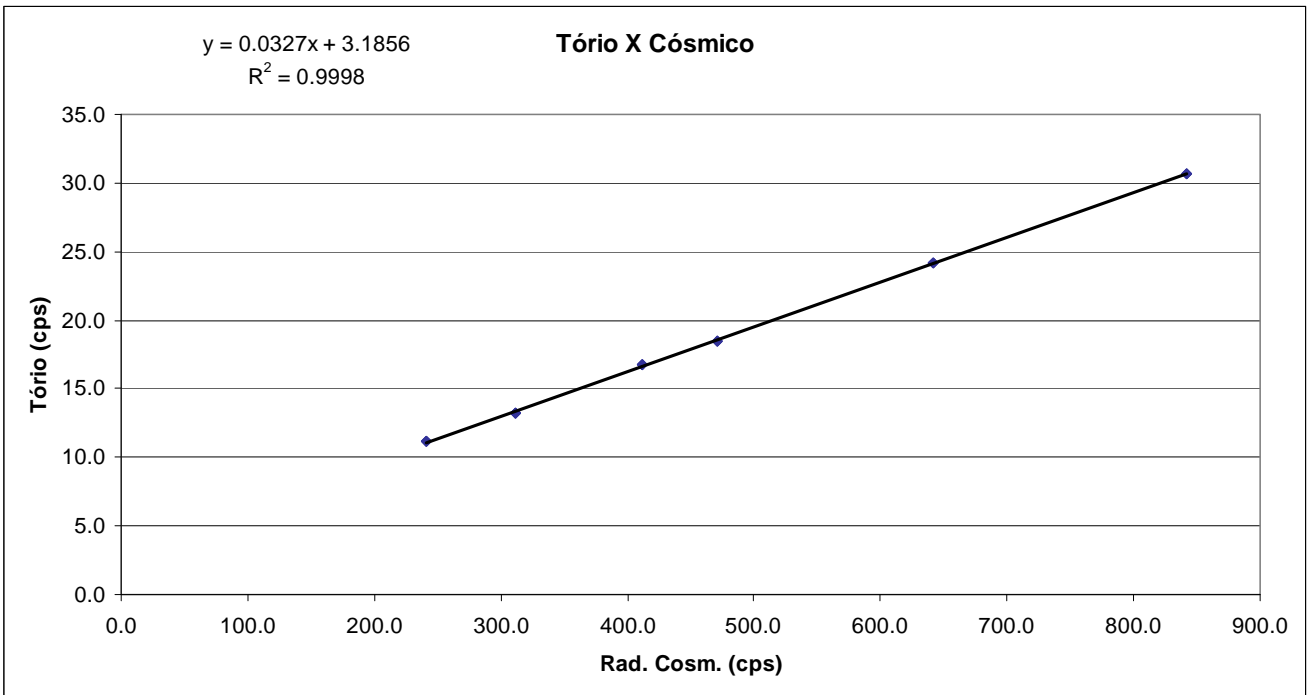
Rio de Janeiro, 30 de março de 2007

Altitude (m)	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	Uup (cps)
1137,48	241,514	280,794	25,459	10,867	11,138	2,157
1791,44	311,941	344,665	28,756	14,244	13,269	2,872
2424,24	411,367	398,771	32,037	16,256	16,788	3,299
2740,39	471,336	431,435	33,909	17,517	18,473	3,623
3421,22	641,996	524,179	38,054	21,277	24,203	4,507
4005,33	841,779	625,569	43,520	25,551	30,703	5,511









<b>RESULTADO</b>		
<b>CANAL</b>	<b><i>Background da Aeronave</i></b>	<b>Espalhamento da Radiação Cósmica</b>
<b>CT</b>	162,2900	0,5588
<b>K</b>	19,4830	0,0291
<b>U</b>	6,3102	0,0232
<b>Th</b>	3,1856	0,0327
<b>Uup</b>	1,0528	0,0054

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-c.2

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*  
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE REIMS 406 - CARAVAN II

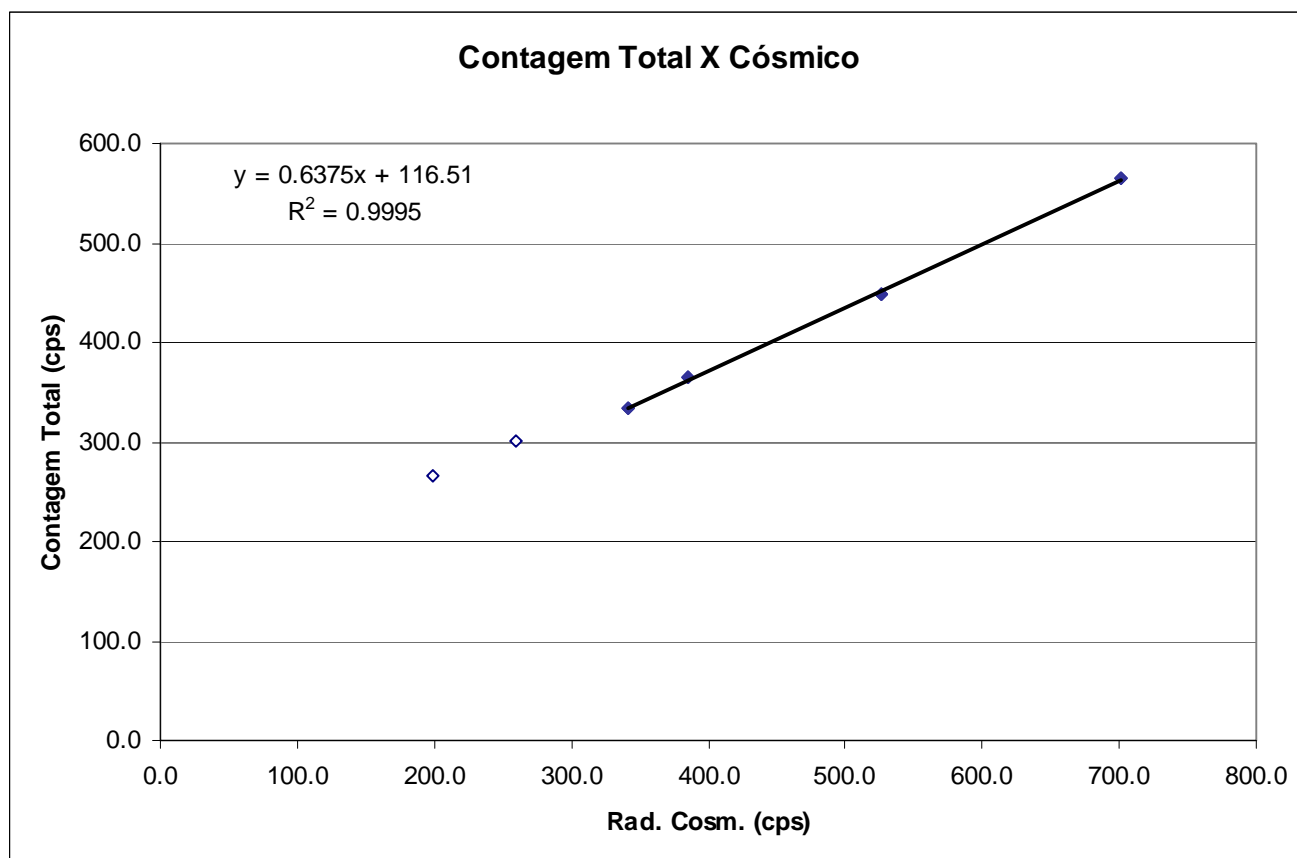
PR-FAG

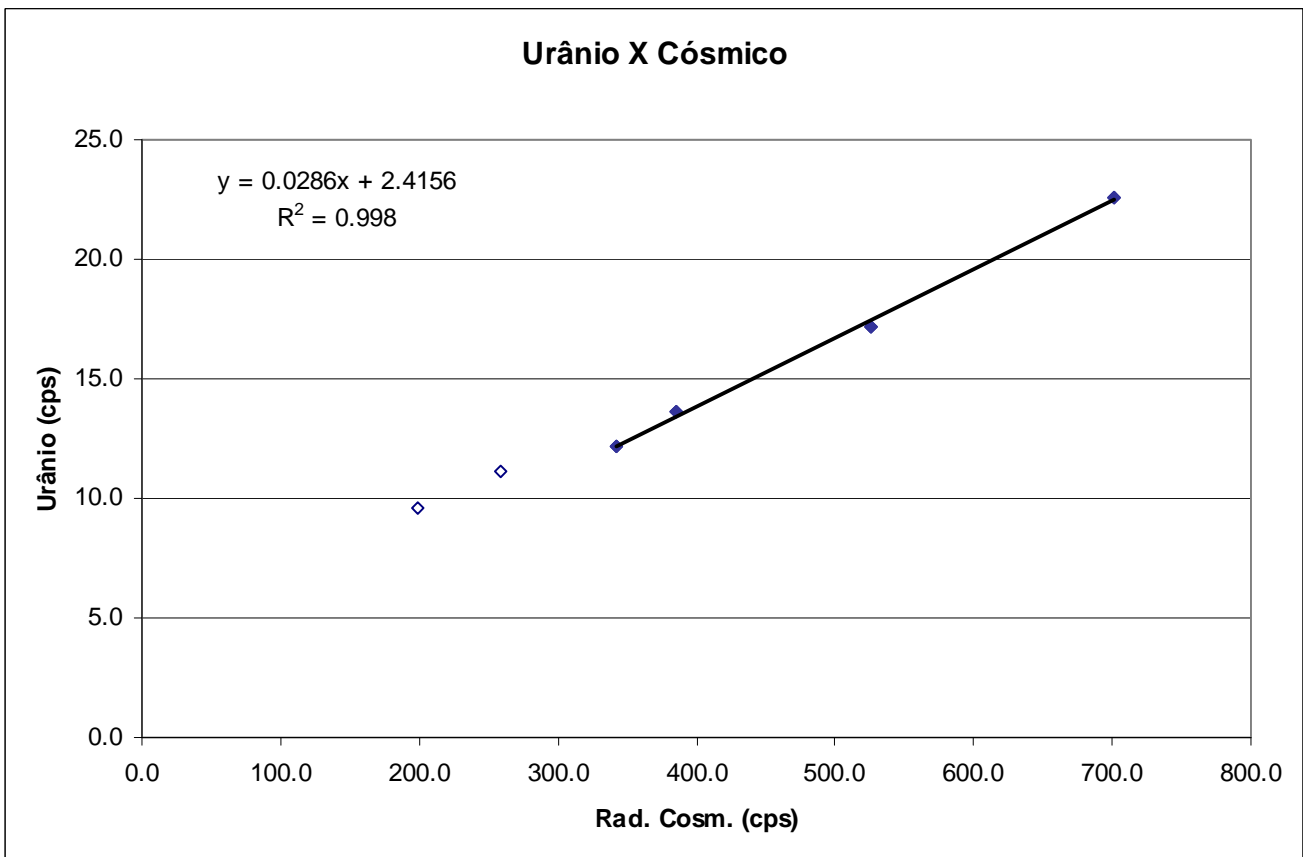
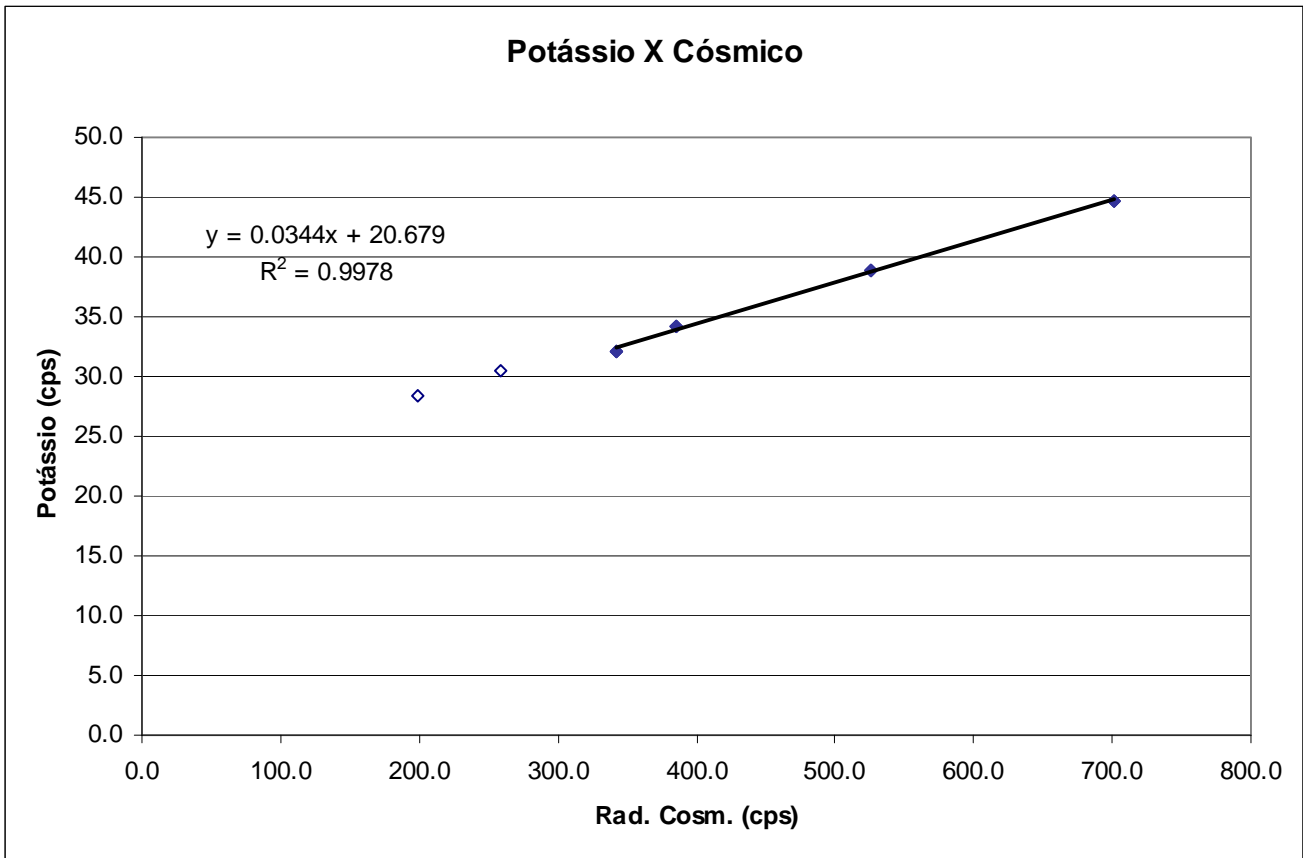
RIO DE JANEIRO-RJ  
28 DE MAIO DE 2006

**RESULTADO DO VÔO CÔSMICO DA AERONAVE REIMS 406 – CARAVAN II – PR-FAG**  
( Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol<sup>3</sup> )

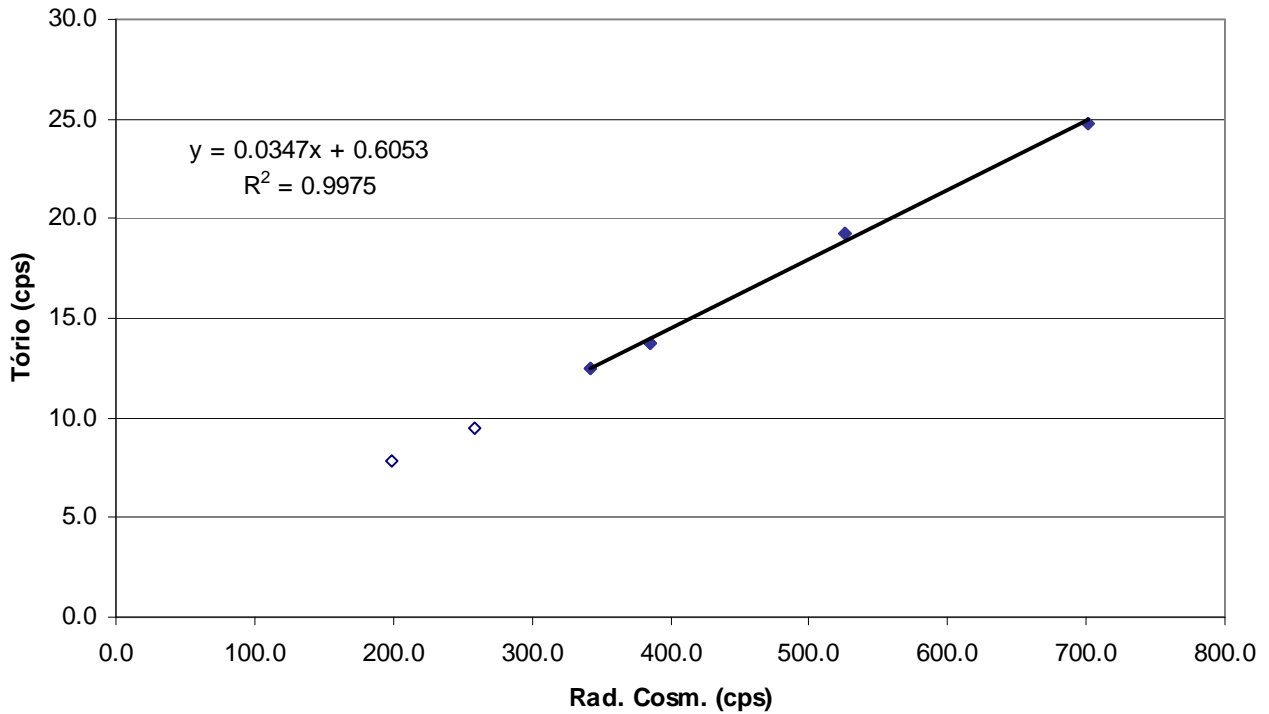
*Rio de Janeiro, 28 de maio de 2006*

Altitude (m)	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	Uup (cps)
1089,3	199,217	266,198	28,357	9,621	7,799	2,142
1750,3	259,236	300,899	30,487	11,134	9,502	2,451
2401,7	341,991	333,683	32,132	12,159	12,502	2,715
2665,5	385,542	364,703	34,253	13,651	13,760	3,006
3374,8	526,394	449,450	38,844	17,206	19,277	3,886
4010,3	701,621	564,841	44,737	22,611	24,804	5,018

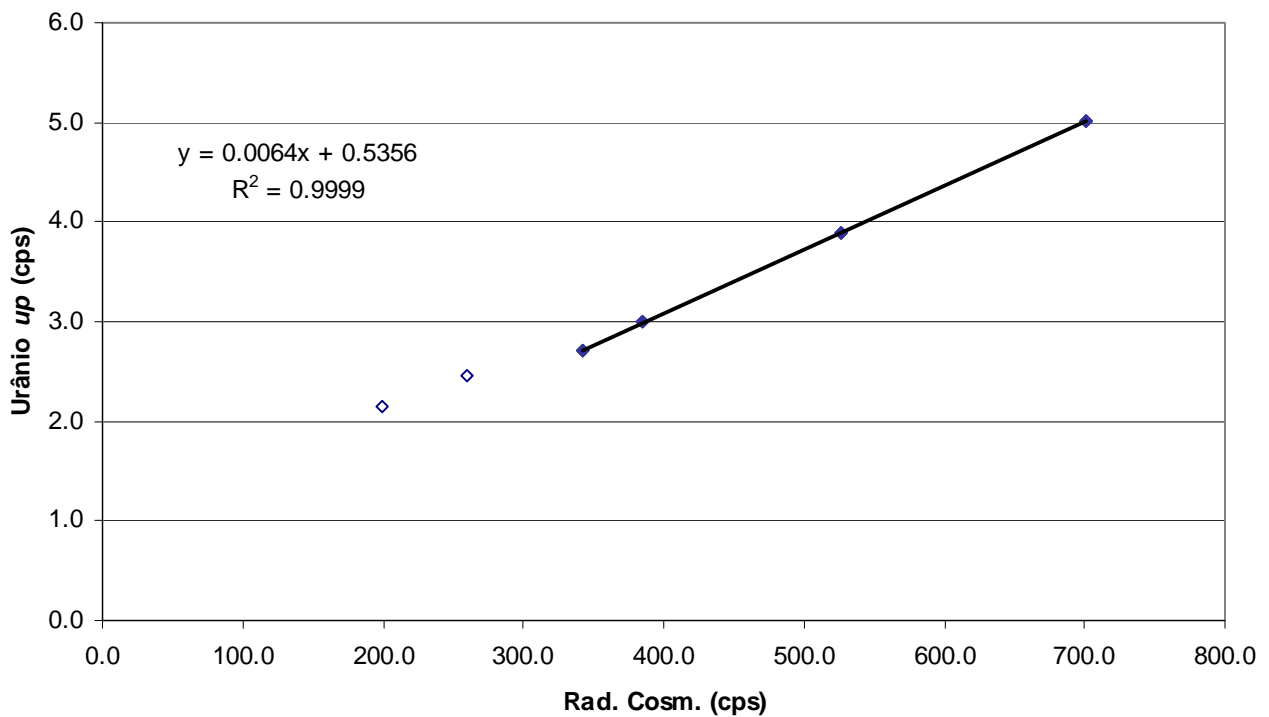




### Tório X Cósmitico



### Urânio $_{up}$ X Cósmitico



<b>RESULTADO</b>		
<i>CANAL</i>	<i>Background Aeronave</i>	<i>Stripping Cósmico</i>
<b>CT</b>	116,5100	0,6375
<b>K</b>	20,6790	0,0344
<b>U</b>	2,4156	0,0286
<b>Th</b>	0,6053	0,0347
<b>Uup</b>	0,5356	0,0064



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

**ANEXO I-d**

**DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES  
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-d.1

DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES  
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

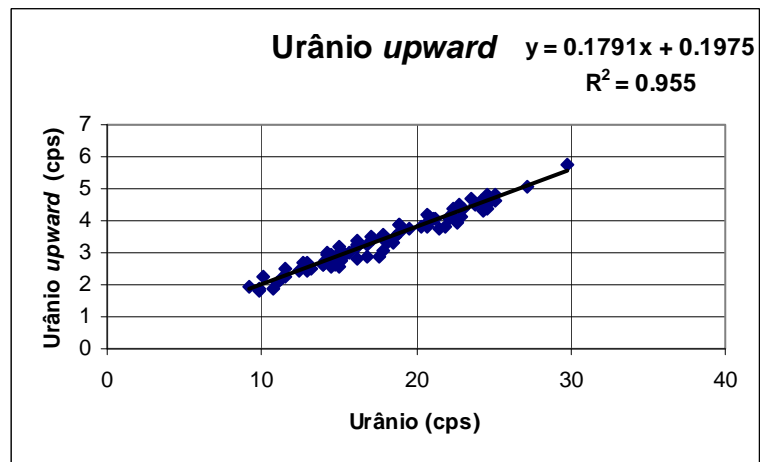
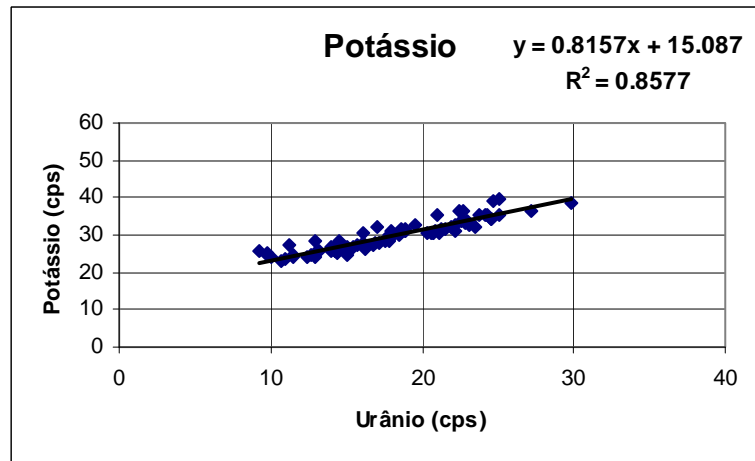
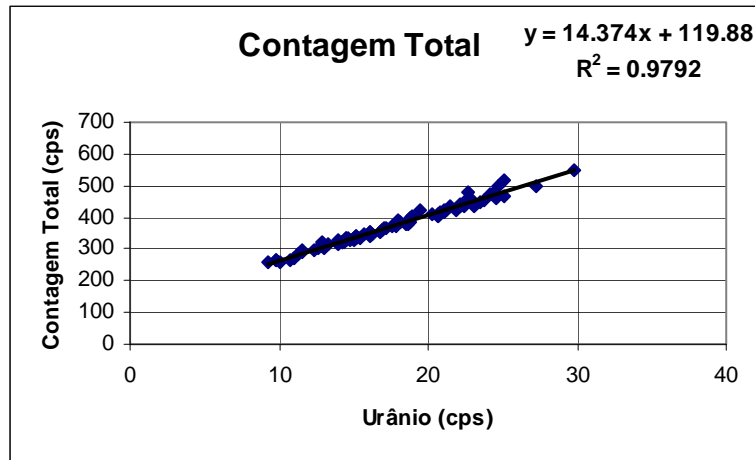
AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

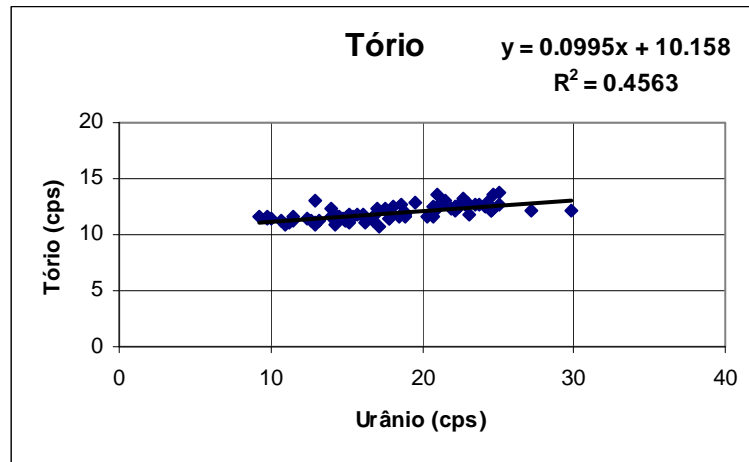
PT-FZN

Médias por vôo (cps)						
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
205	319,46	-	14,17	11,66	2,74	243,00
	451,01	35,54	23,80	12,61	4,50	236,00
208	260,81	24,36	10,09	11,42	2,23	230,00
	327,12	28,56	14,51	11,34	2,93	220,00
209	267,06	24,84	9,78	11,49	1,84	234,00
	381,27	31,76	18,64	12,61	3,52	267,00
211	263,08	24,98	9,79	11,52	1,87	224,00
	352,47	30,49	16,15	11,65	3,20	224,00
212	284,57	27,36	11,23	11,06	2,16	228,00
	422,11	35,60	21,02	13,62	-	296,00
213	256,29	25,60	9,21	11,58	1,92	227,00
	367,87	32,07	17,08	12,33	3,52	232,00
214	323,94	28,20	12,92	13,10	2,60	295,00
	436,69	36,35	22,44	12,44	4,37	231,00
231	375,10	28,51	17,55	12,30	2,89	199,00
	480,77	36,69	22,68	13,22	3,95	200,00
232	371,96	28,39	17,80	11,38	3,09	196,00
	648,67	52,52	-	17,95	4,65	202,00
233	326,27	27,00	13,96	12,30	2,61	198,00
	501,08	39,15	24,66	13,63	4,50	204,00
234	335,03	27,13	14,45	11,65	2,81	203,00
	607,51	44,86	-	15,25	5,36	205,00
235	337,09	26,77	14,50	11,53	2,55	200,00
	518,73	39,88	25,08	13,73	4,63	201,00
236	420,37	32,92	19,49	12,80	3,76	202,00
237	318,63	25,53	14,27	11,25	2,93	220,00
238	388,75	31,32	17,97	11,84	3,37	228,00
239	325,03	26,13	14,77	11,42	2,64	214,00
	453,29	33,97	22,58	12,93	4,04	209,00
240	289,51	24,62	11,51	11,33	2,22	209,00
	382,45	30,06	18,13	12,51	3,33	210,00
242	314,09	25,58	13,24	11,20	2,53	213,00
	387,19	31,28	18,84	11,99	3,87	225,00
243	342,35	27,14	16,13	11,54	3,36	228,00
	473,81	35,27	24,20	12,57	4,63	210,00
244	403,65	31,11	18,89	11,85	3,88	225,00
245	380,16	30,25	18,54	11,55	3,32	215,00
	473,41	35,16	24,33	12,85	4,33	211,00
246	376,37	29,88	17,87	11,38	3,55	214,00
247	306,21	25,34	12,90	11,06	2,42	214,00
	398,70	31,59	18,84	11,62	3,64	223,00
249	367,18	28,01	17,21	10,63	3,44	226,00
	464,24	34,42	24,56	12,22	4,79	224,00

Médias por vôo (cps)						
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
251	336,88	26,21	14,98	11,19	3,19	228,00
	444,03	32,94	22,19	12,07	4,10	228,00
253	269,95	23,43	10,94	10,94	2,07	229,00
	423,17	32,39	21,89	12,33	3,83	223,00
254	329,49	24,91	15,04	11,31	2,56	227,00
	401,57	30,68	20,69	11,62	3,92	227,00
255	336,90	26,21	15,22	11,15	2,95	224,00
	432,71	31,56	21,48	12,99	3,74	223,00
257	265,73	23,14	10,71	11,28	1,87	231,00
	402,54	30,60	20,72	12,49	3,80	228,00
258	303,01	24,02	12,98	10,98	2,67	224,00
	433,44	31,33	22,19	12,50	4,08	225,00
259	352,04	27,32	16,82	11,19	2,88	220,00
	547,37	38,77	29,81	12,06	5,75	222,00
260	319,87	25,97	14,26	10,85	3,02	224,00
	498,74	36,62	27,22	12,20	5,08	222,00
261	316,97	25,53	14,01	11,57	2,65	230,00
	338,56	25,76	15,17	11,74	3,05	226,00
263	346,98	26,39	16,23	11,07	3,28	224,00
	436,90	32,62	23,07	11,73	4,37	225,00
264	334,08	27,35	14,57	11,48	2,70	227,00
	469,35	35,41	25,12	12,59	4,84	227,00
265	349,39	27,12	15,72	11,85	2,98	225,00
	416,17	31,32	20,87	12,21	4,10	227,00
266	335,51	27,00	15,43	11,58	2,91	227,00
	455,20	33,54	22,94	12,77	4,13	228,00
267	299,71	24,84	12,66	11,17	2,70	229,00
	454,77	33,43	22,82	12,61	4,49	226,00
268	338,24	26,61	15,11	11,69	2,77	228,00
	460,61	34,21	24,55	12,13	4,38	226,00
270	321,69	25,09	14,42	11,51	2,66	230,00
	420,35	31,34	21,20	12,75	4,08	228,00
271	293,29	23,91	11,55	11,62	2,51	227,00
	415,62	30,43	21,08	12,61	4,07	234,00
272	296,77	24,03	12,38	11,51	2,46	230,00
	446,28	31,94	23,52	12,64	4,68	237,00
273	357,48	28,01	16,86	11,81	3,22	225,00
	409,93	30,71	20,32	11,68	3,79	227,00
274	352,63	27,63	16,16	11,86	2,84	228,00
	410,35	30,40	20,65	11,94	4,20	230,00

- Valores não computados, comportamento estatístico incorreto.





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{tc}$	14,3740
Potássio	$a_k$	0,8157
Urânio <i>upward</i>	$a_u$	0,1791
Tório	$a_t$	0,0995

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-d.2

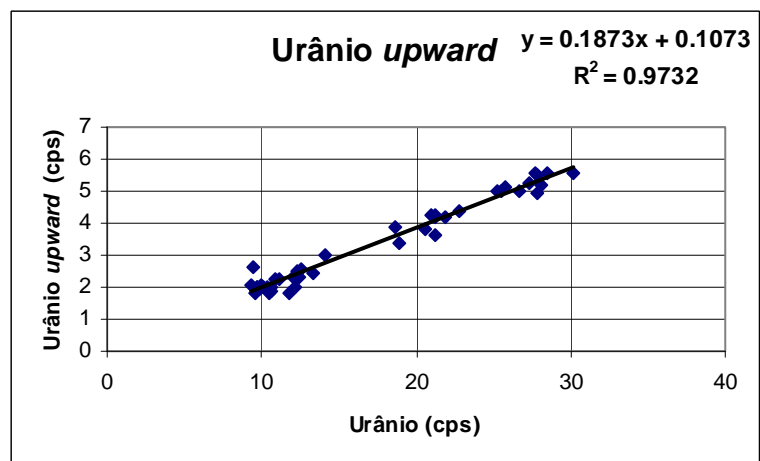
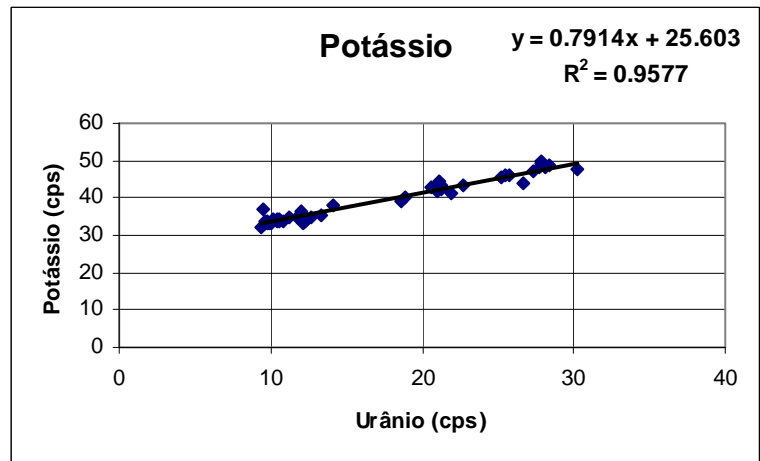
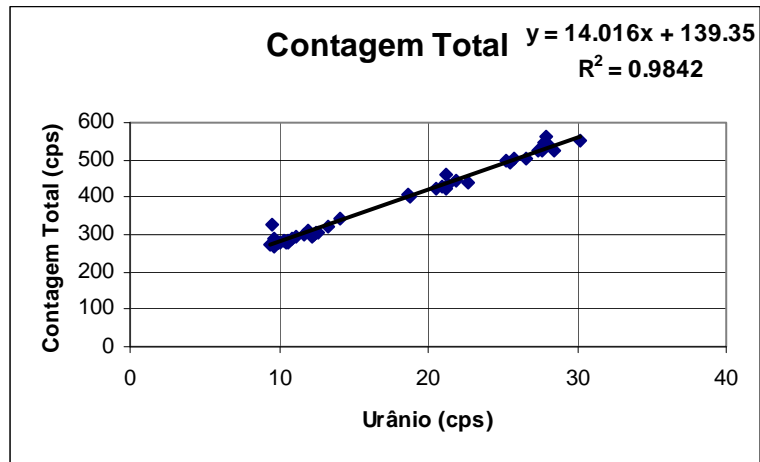
DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES  
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

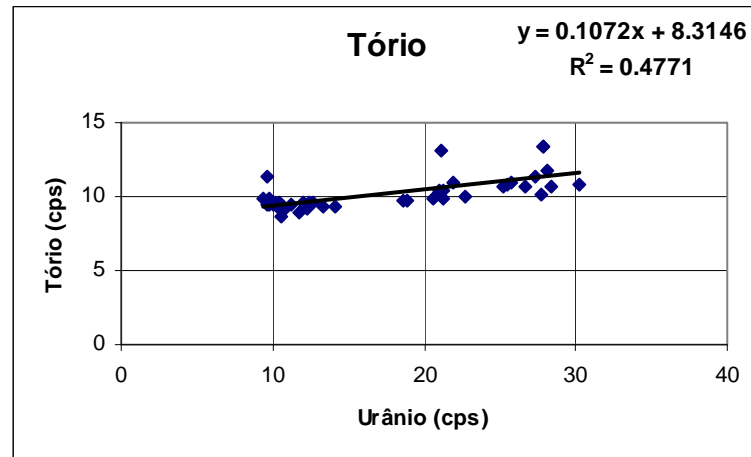
AERONAVE REIMS 406 - CARAVAN II

PR-FAG

Médias por voo (cps)						
Voo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
13	280,33	33,41	9,98	9,48	2,03	221
	426,16	41,59	20,97	10,34	4,26	229
14	271,73	33,45	9,72	9,84	2,00	236
	421,86	42,79	20,59	9,84	3,84	231
16	278,55	34,16	10,11	9,63	2,00	226
	439,84	43,41	22,75	9,96	4,37	222
17	287,45	33,53	10,84	9,20	2,22	224
	549,46	47,72	30,21	10,82	5,54	227
18	302,30	33,59	12,31	9,24	2,47	225
	527,07	48,54	28,43	10,70	5,54	226
19	306,57	34,18	12,42	9,62	2,32	228
	522,36	47,18	27,32	11,34	5,28	223
20	342,16	37,83	14,10	9,39	2,97	228
	544,48	49,41	27,79	13,34	5,49	230
21	297,33	34,74	11,74	8,87	1,84	229
	497,49	45,35	25,19	10,64	5,03	227
22	279,17	33,91	10,49	9,25	1,80	222
	425,37	43,47	21,21	9,82	4,18	227
23	283,22	34,29	10,61	8,65	2,03	219
	540,88	48,10	28,12	11,76	5,17	223
24	279,64	33,86	10,57	9,47	1,86	219
	462,21	44,35	21,18	13,16	3,60	225
25	269,19	33,00	9,60	9,41	1,81	222
	492,26	46,10	25,47	10,84	5,02	222
27	283,93	34,14	10,39	9,63	1,99	222
	505,07	45,97	25,76	10,98	5,11	222
30	309,37	36,68	11,98	9,65	2,31	232
	524,46	47,97	27,68	10,18	5,57	225
31	323,20	35,49	13,3	9,27	2,42	227
	560,03	49,94	27,89	13,40	4,96	231
32	294,86	34,82	11,17	9,48	2,26	228
	408,30	38,93	18,65	9,67	3,89	226
34	307,02	34,59	12,62	9,53	2,59	229
	433,00	42,22	21,29	10,39	4,25	223
35	287,77	33,77	9,66	11,30	2,00	223
36	273,29	32,19	9,38	9,86	2,04	226
	327,72	36,70	9,47	-	2,61	222
38	280,60	33,61	9,83	9,43	1,91	239
	400,62	40,40	18,84	9,68	3,38	238
39	294,42	32,97	12,16	9,32	2,02	224
	444,45	41,05	21,88	10,92	4,19	257
40	277,51	33,35	9,95	9,57	2,07	235
	504,68	44,05	26,64	10,71	5,03	238







CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{tc}$	14,0160
Potássio	$a_k$	0,7914
Urânio <i>upward</i>	$a_u$	0,1873
Tório	$a_t$	0,1072

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

**ANEXO I-e**

**CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-e.1

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

MARICÁ-RJ  
29 DE MARÇO DE 2007

## CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS

### POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO

#### SUMÁRIO

- 1 - Considerações Gerais
- 2 - Levantamento Terrestre
- 3 - Levantamento Aéreo
- 4 - Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)
- 5 - 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
- Figura 4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
- Figura 5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
- Figura 6 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório
- 
- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
- Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração
- Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração após a Correção do *Background*
- Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade
- 
- Tabela 1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre
- 
- Mapa 1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica

## 1. Considerações Gerais

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

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

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

No dia 29 de março de 2007 a LASA Engenharia e Prospecções S.A. efetuou os testes com a aeronave PT-FZN sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

## 2. Levantamento Terrestre

Na coleta de dados ao longo da pista de calibração foi 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.

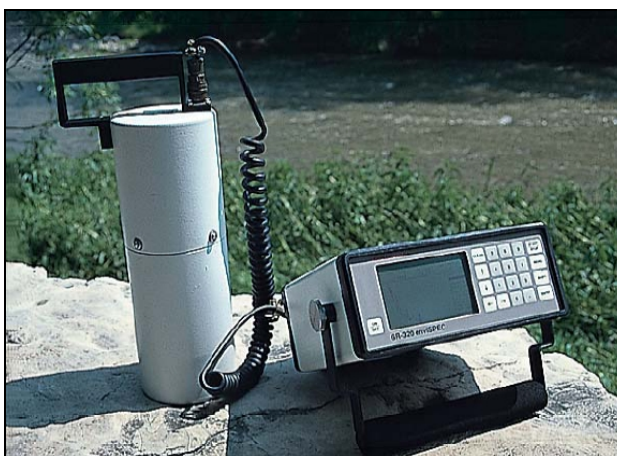


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Foram registradas 77 estações, sendo 69 sobre a pista de calibração e 8 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. Devido a impossibilidade de chegada ao local, não foram efetuadas medições entre a estaca 11S e a estaca 12S e entre as estacas 1N e 3N, sendo consideradas, para fins estatísticos, 69 estações. A Tabela 1 e o Mapa 1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a locação das mesmas na Pista 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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(*) ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	14,38	2,35	2,52	32,05	3950,61	736,99	195,28	290,68
<b>DESVIO PADRÃO</b>	2,86	0,59	0,76	8,01	760,33	151,98	43,67	107,24
<b>ERRO NA MÉDIA(1)</b>	0,34	0,07	0,09	0,96	91,53	18,30	5,26	12,91
<b>INCERTEZA (%) (2)</b>	0,02	0,03	0,04	0,03				

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

- (\*) 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
- 69 estações utilizadas no cálculo estatístico

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	0,63	-0,03*	-0,15*	2,19	263,38	4,50	4,23	18,38
<b>DESVIO PADRÃO</b>	0,23	0,05	0,31	0,67	30,06	4,90	4,45	5,68
<b>ERRO NA MÉDIA</b>	0,08	0,02	0,11	0,24	10,63	1,73	1,57	2,01
<b>INCERTEZA (%)</b>	0,17	-0,55	-0,72	0,11				

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

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

### 3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PT-FZN, equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2.560 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. Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no próximo resumo.

### 5. Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores da aeronave PT-FZN 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:

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
<b>MÉDIA</b>	3142,80	166,36	32,66	153,90
<b>DESVIO PADRÃO</b>	270,79	28,15	10,86	21,87
<b>ERRO NA MÉDIA</b>	22,41	2,33	0,90	1,81
<b>INCERTEZA (%)</b>	0,01	0,01	0,03	0,01

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

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	13,75	2,35	2,52	29,86	3687,23	732,49	191,05	272,30
<b>DESVIO PADRÃO</b>	2,86	0,59	0,76	8,01	760,33	151,98	43,67	107,24
<b>ERRO NA MÉDIA</b>	0,34	0,07	0,09	0,96	91,53	18,30	5,26	12,91
<b>INCERTEZA (%)</b>	0,03	0,03	0,04	0,03				

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

cpm = contagens por minuto

	CT (cps / $\mu$ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
<b>SENSIBILIDADE (S)</b>	228,57	70,79	12,96	5,15

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre:

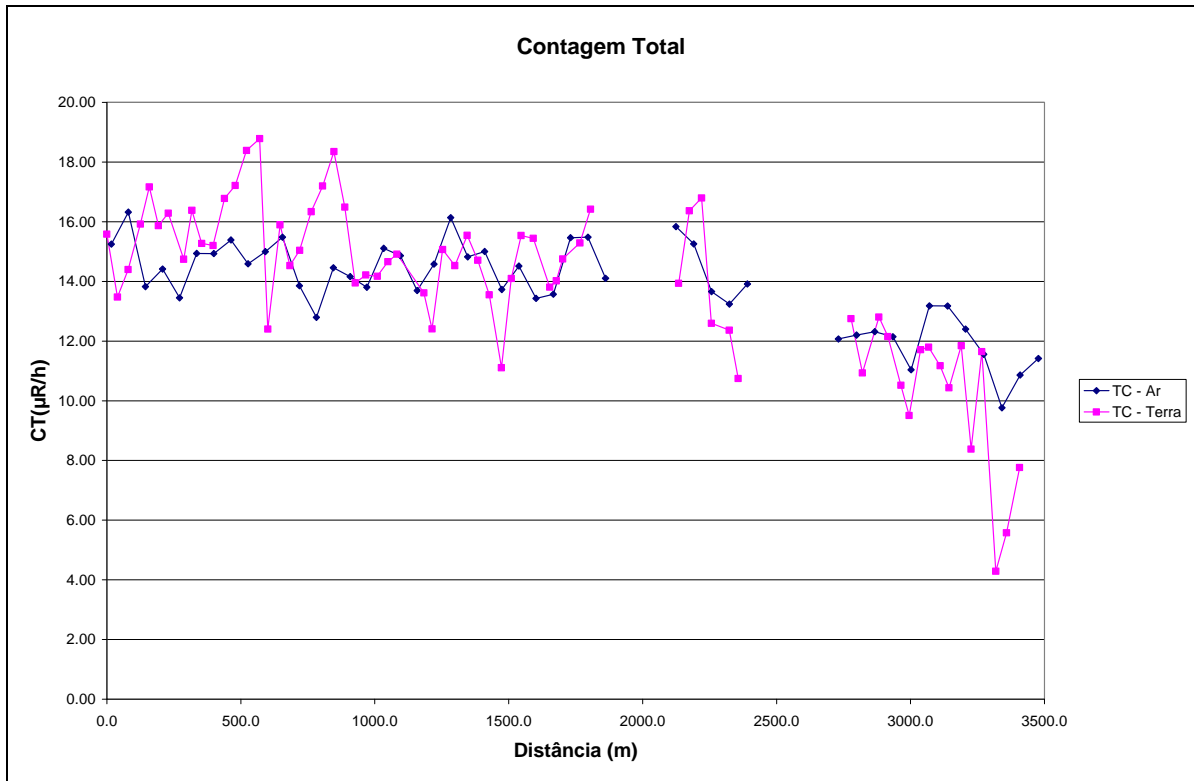


Figura 3 – Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total

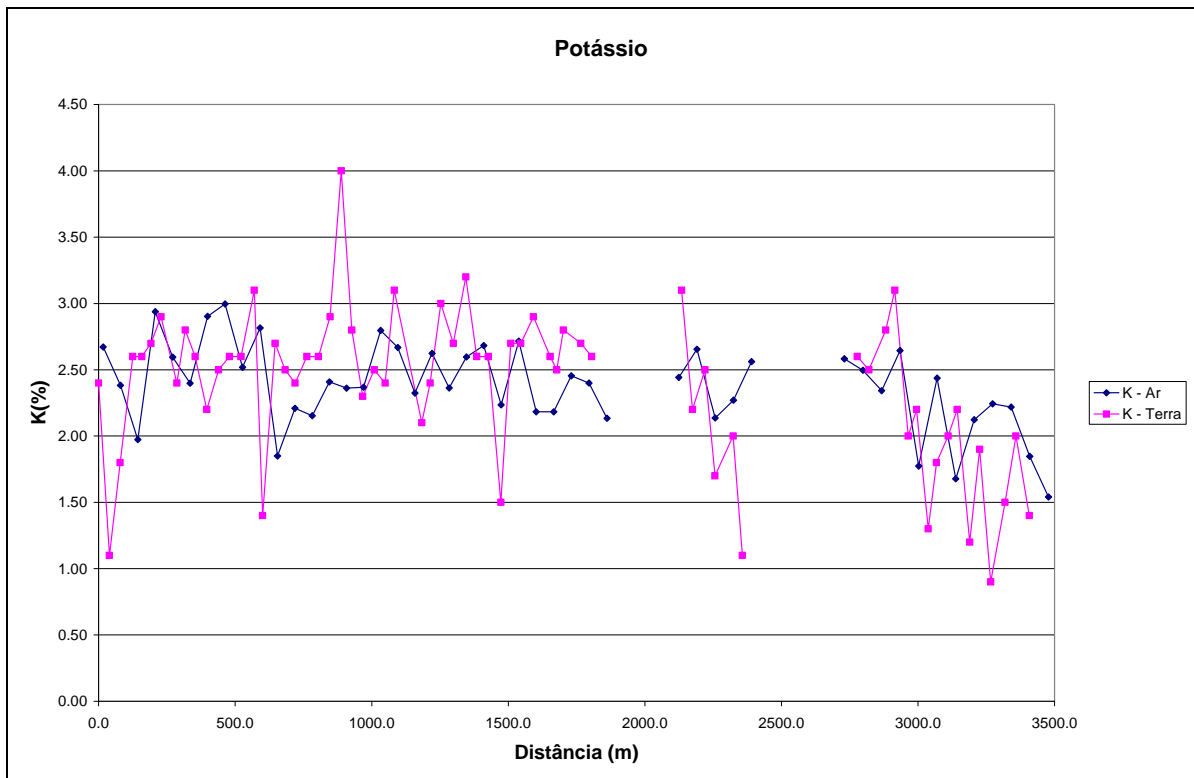


Figura 4 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio

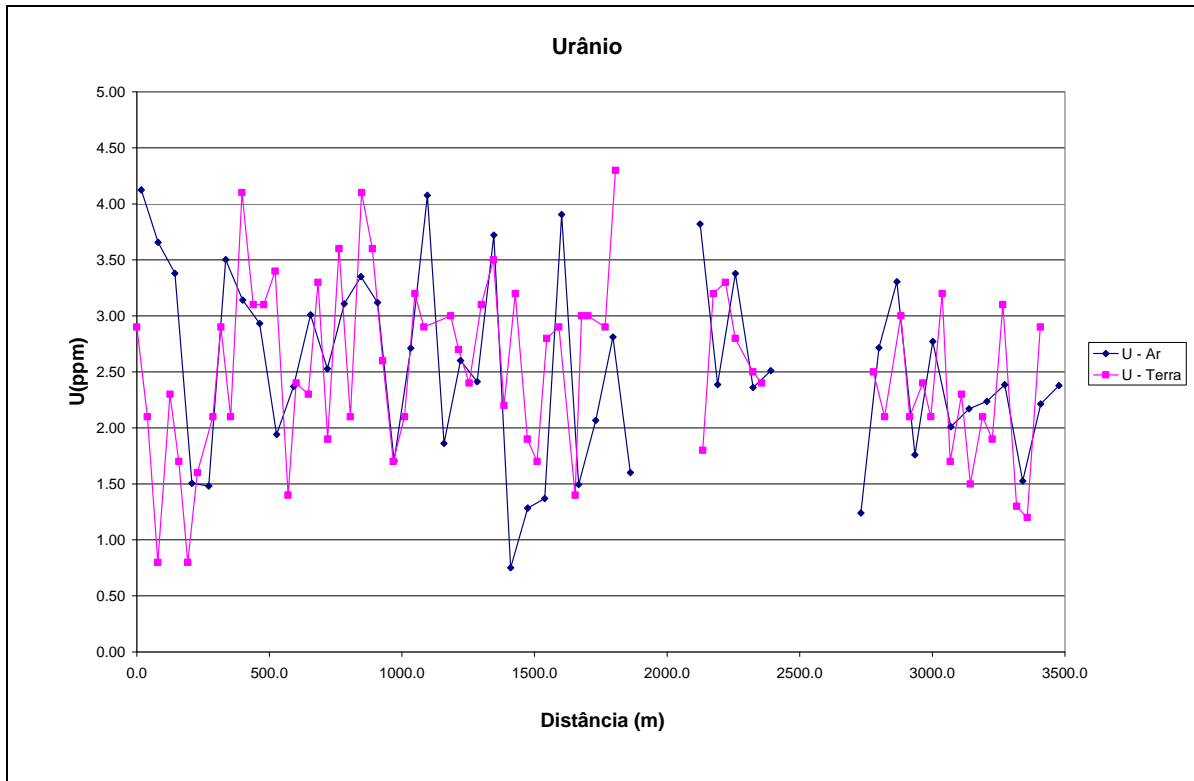


Figura 5 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio

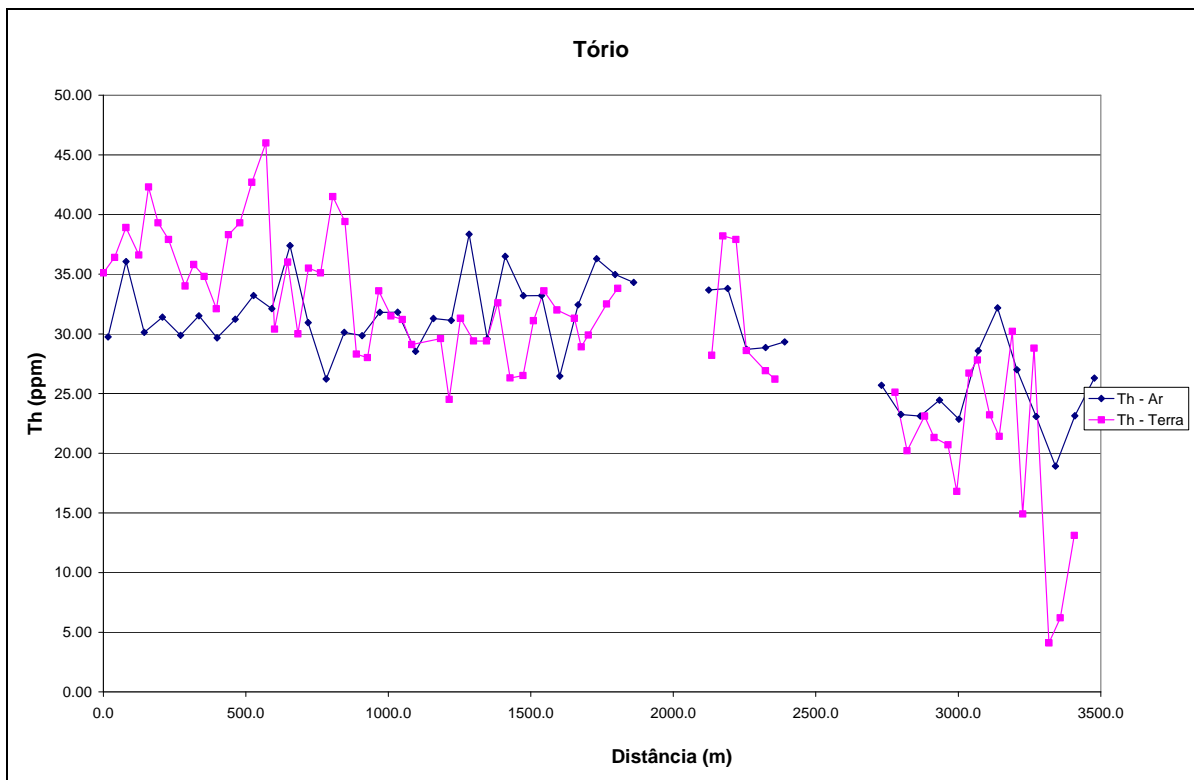


Figura 6 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE  
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 29/03/2007  
 DADOS BRUTOS**

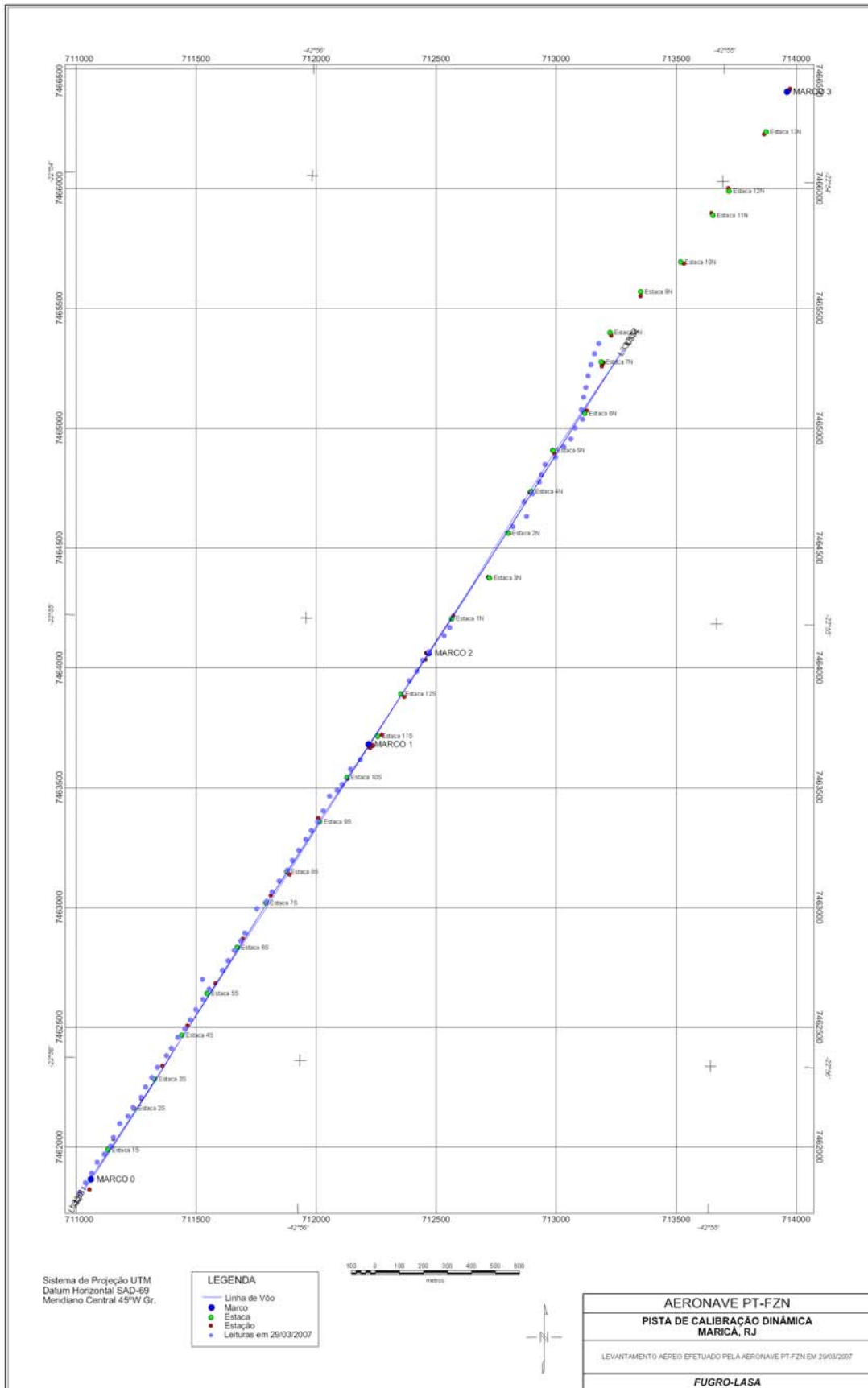
Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711015,2	7461811,4	16,2	2,4	2,9	37,3	4283	792	225	16,2
2		711038,5	7461851,1	14,1	1,1	2,1	38,6	3696	501	217	14,1
3		711064,7	7461890,7	15,0	1,8	0,8	41,1	4074	640	203	15,0
4	Estaca 1S	711088,2	7461936,5	16,6	2,6	2,3	38,8	4550	833	221	16,6
5		711117,1	7461970,0	17,8	2,6	1,7	44,5	4876	846	235	17,8
6	Estaca 2S	711143,3	7462003,5	16,5	2,7	0,8	41,5	4587	844	205	16,5
7		711155,2	7462040,2	16,9	2,9	1,6	40,1	4637	874	213	16,9
8		711181,6	7462098,3	15,4	2,4	2,1	36,2	4213	767	206	15,4
9		711216,3	7462128,6	17,0	2,8	2,9	38,0	4712	882	228	17,0
10	Estaca 3S	711236,7	7462165,2	15,9	2,6	2,1	37,0	4638	824	212	15,9
11		711271,5	7462207,8	15,8	2,2	4,1	34,3	4164	752	234	15,8
12		711289,2	7462250,6	17,4	2,5	3,1	40,5	4751	834	243	17,4
13		711315,4	7462290,3	17,8	2,6	3,1	41,5	4716	860	249	17,8
14	Estaca 4S	711338,8	7462333,0	19,0	2,6	3,4	44,9	5114	891	269	19,0
15		711376,6	7462381,7	19,4	3,1	1,4	48,2	5415	975	248	19,4
16		711396,9	7462412,2	13,0	1,4	2,4	32,6	3375	532	194	13,0
17		711423,2	7462458,0	16,5	2,7	2,3	38,2	4448	846	217	16,5
18	Estaca 5S	711452,2	7462494,5	15,2	2,5	3,3	32,2	4148	781	210	15,2
19		711475,6	7462531,1	15,7	2,4	1,9	37,7	4353	767	209	15,7
20		711499,0	7462573,9	17,0	2,6	3,6	37,3	4617	845	237	17,0
21		711528,0	7462616,5	17,8	2,6	2,1	43,7	4951	843	240	17,8
22		711554,3	7462659,2	19,0	2,9	4,1	41,6	5117	937	266	19,0
23	Estaca 6S	711526,4	7462699,6	17,1	4,0	3,6	30,5	4679	1084	206	17,1
24		711609,6	7462738,5	14,6	2,8	2,6	30,2	3905	815	187	14,6
25		711632,9	7462778,1	14,8	2,3	1,7	35,8	4103	734	195	14,8
26		711659,2	7462820,9	14,8	2,5	2,1	33,7	4117	776	193	14,8
27	Estaca 7S	711685,4	7462860,5	15,3	2,4	3,2	33,4	4185	773	213	15,3
28		711702,9	7462894,1	15,5	3,1	2,9	31,3	4339	905	197	15,5
29		711752,8	7462994,9	14,2	2,1	3,0	31,8	3851	695	202	14,2
30	Estaca 8S	711793,1	7463025,1	13,0	2,4	2,7	26,7	3696	720	173	13,0
31		711816,5	7463064,8	15,7	3,0	2,4	33,5	4412	871	197	15,7
32		711845,6	7463110,5	15,2	2,7	3,1	31,6	4291	816	203	15,2
33		711880,5	7463156,2	16,2	3,2	3,5	31,6	4412	934	210	16,2
34		711901,0	7463195,9	15,3	2,6	2,2	34,8	4352	799	201	15,3
35	Estaca 9S	711927,2	7463238,6	14,2	2,6	3,2	28,5	3941	775	190	14,2
36		711956,4	7463284,4	11,7	1,5	1,9	28,7	3169	523	166	11,7
37		711979,7	7463321,0	14,7	2,7	1,7	33,3	4326	804	184	14,7
38		712005,9	7463357,5	16,2	2,7	2,8	35,8	4338	844	216	16,2
39	Estaca 10S	712029,3	7463403,4	16,1	2,9	2,9	34,2	4360	876	210	16,1
40		712055,8	7463464,5	14,4	2,6	1,4	33,5	4002	787	180	14,4
41		712087,5	7463488,7	14,6	2,5	3,0	31,1	4121	781	199	14,6
42	Marco 1	712107,8	7463513,0	15,4	2,8	3,0	32,1	4194	850	202	15,4
43		712142,9	7463577,1	15,9	2,7	2,9	34,7	4540	839	313	15,9
44		712183,4	7463616,6	17,1	2,6	4,3	36,0	4751	848	245	17,1
45	Marco 2	712387,5	7463946,0	14,6	3,1	1,8	30,4	4107	861	172	14,6
46		712419,4	7463985,6	17,0	2,2	3,2	40,4	4366	759	244	17,0
47		712442,9	7464031,4	17,4	2,5	3,3	40,1	4645	839	246	17,4
48		712469,1	7464068,0	13,2	1,7	2,8	30,8	3595	600	194	13,2
49	Estaca 1N	712532,7	7464134,7	13,0	2,0	2,5	29,1	3528	647	180	13,0

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)
50		712555,7	7464168,3	11,4	1,1	2,4	28,4	2987	458	175	11,4
51		712818,4	7464589,2	13,4	2,6	2,5	27,3	3599	794	172	13,4
52	Estaca 4N	712876,1	7464631,5	11,6	2,5	2,1	22,4	3310	701	142	11,6
53		712865,5	7464693,1	13,4	2,8	3,0	25,3	3890	791	172	13,4
54		712900,2	7464726,5	12,8	3,1	2,1	23,5	3775	843	147	12,8
55		712929,4	7464775,3	11,1	2,0	2,4	22,9	3076	598	150	11,1
56	Estaca 5N	712938,4	7464806,0	10,1	2,2	2,1	19,0	2840	618	127	10,1
57		712953,2	7464848,8	12,3	1,3	3,2	28,9	3251	507	193	12,3
58		712996,4	7464879,0	12,4	1,8	1,7	30,0	3386	597	170	12,4
59		713031,2	7464921,6	11,8	2,0	2,3	25,4	3074	613	160	11,8
60	Estaca 6N	713060,2	7464955,0	11,1	2,2	1,5	23,6	3192	634	136	11,1
61		713078,0	7465000,9	12,5	1,2	2,1	32,4	3389	482	188	12,5
62		713109,8	7465037,4	9,0	1,9	1,9	17,1	2606	536	113	9,0
63		713104,7	7465077,5	12,3	0,9	3,1	31,0	3157	430	199	12,3
64		713114,0	7465129,6	4,9	1,5	1,3	6,3	1630	386	53	4,9
65	Estaca 7N	713123,1	7465169,5	6,2	2,0	1,2	8,4	1930	486	60	6,2
65		713132,3	7465218,6	8,4	1,4	2,9	15,3	2311	432	123	8,4
67		713144,4	7465264,6	12,0	1,5	3,4	26,2	3031	544	183	12,0
68		713159,3	7465310,6	9,5	1,8	2,4	18,3	2799	530	127	9,5
69		713177,0	7465353,4	13,4	2,0	2,5	30,5	3599	651	185	13,4
1	*	722921,7	7461381,5	0,3	0,0	-0,1	1,1	223	6	-4	0,3
2	*	722921,7	7461381,5	0,3	0,0	-0,6	2,5	238	2	1	0,3
3	*	722921,7	7461381,5	0,4	0,0	-0,1	1,6	229	8	5	0,4
4	*	722924,5	7461378,4	0,4	-0,1	0,1	1,7	272	-1	10	0,4
5	*	722924,5	7461378,4	0,7	0,0	-0,3	3,1	268	4	8	0,7
6	*	722924,5	7461378,4	0,5	0,0	-0,2	2,3	283	6	6	0,5
7	*	722924,5	7461378,4	1,0	0,0	0,4	2,4	305	13	1,8	1,0
8	*	722924,5	7461378,4	0,4	-0,1	-0,4	2,8	289	-2	6	0,4

\* *Background* na Lagoa de Maricá

cpm= Contagem por minuto;

ppm = parte por milhão



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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-e.2

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE REIMS 406 - CARAVAN II

PR-FAG

MARICÁ-RJ  
24 DE JUNHO DE 2006

## CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS

### POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO

#### SUMÁRIO

- 1 - Considerações Gerais
- 2 - Levantamento Terrestre
- 3 - Levantamento Aéreo
- 4 - Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)
- 5 - 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
- Figura 4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
- Figura 5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
- Figura 6 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório
- 
- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
- Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração
- Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração após a Correção do *Background*
- Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade
- 
- Tabela 1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre
- 
- Mapa 1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica



## 1. Considerações Gerais

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

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

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

No dia 24 de junho de 2006 a LASA Engenharia e Prospecções S.A. efetuou os testes terrestres e com a aeronave PR-FAG sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

## 2. Levantamento Terrestre

Na coleta de dados ao longo da pista de calibração foi 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.

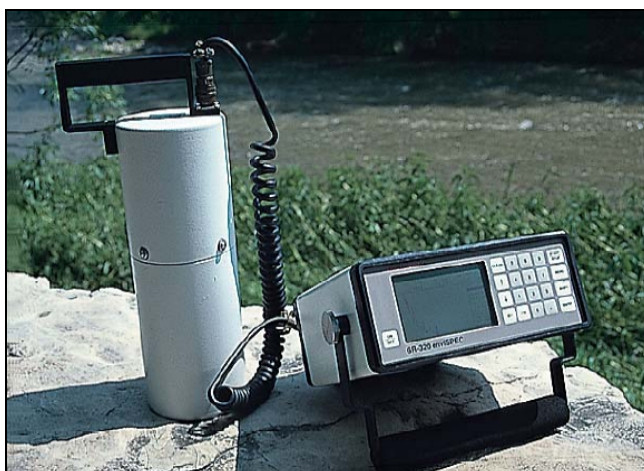


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Foram registradas 74 estações, sendo 66 sobre a pista de calibração e 8 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. Devido a impossibilidade de chegada ao local, não foram efetuadas medições entre a estaca 11S e as imediações do marco 2 e entre as estacas 1N e 3N, sendo consideradas, para fins estatísticos, 66 estações. A Tabela 1 e o Mapa 1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a locação das mesmas na Pista 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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(*) ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	13,92	2,08	2,37	32,21	3412,71	671,05	223,42	251,03
<b>DESVIO PADRÃO</b>	0,09	0,04	0,24	0,42	23,38	5,82	4,14	2,88
<b>ERRO NA MÉDIA(1)</b>	0,03	0,01	0,08	0,15	8,27	2,06	1,46	1,02
<b>INCERTEZA (%) (2)</b>	0,00	0,01	0,04	0,00				

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

- (\*) 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
- 66 estações utilizadas no cálculo estatístico

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO							
	CT ( $\mu\text{R/h}$ )	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
<b>MÉDIA</b>	0,44	-0,09*	0,26	0,93	-250,4*	-6,1*	10,50	7,38
<b>DESVIO PADRÃO</b>	0,09	0,04	0,24	0,42	23,38	5,82	4,14	2,88
<b>ERRO NA MÉDIA</b>	0,03	0,01	0,08	0,15	8,27	2,06	1,46	1,02
<b>INCERTEZA (%)</b>	0,11	0,00	0,32	0,16				

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

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

### 3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PR-FAG, equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2.560 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. Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no próximo resumo.

### 5. Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores da aeronave PR-FAG 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:

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
MÉDIA	2849,71	138,23	30,06	134,25
DESVIO PADRÃO	244,12	31,73	10,55	18,77
ERRO NA MÉDIA	20,93	2,72	0,90	1,61
INCERTEZA (%)	0,01	0,02	0,03	0,01

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

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	13,49	2,08	2,11	31,28	3412,71	671,05	212,92	243,65
DESVIO PADRÃO	3,33	0,75	0,71	9,80	873,41	180,51	56,31	76,96
ERRO NA MÉDIA	0,41	0,09	0,09	1,21	107,51	22,22	6,93	9,47
INCERTEZA (%)	0,03	0,04	0,04	0,04				

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

cpm = contagens por minuto

	CT (cps / $\mu$ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
SENSIBILIDADE (S)	211,25	66,46	14,25	4,29

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre:

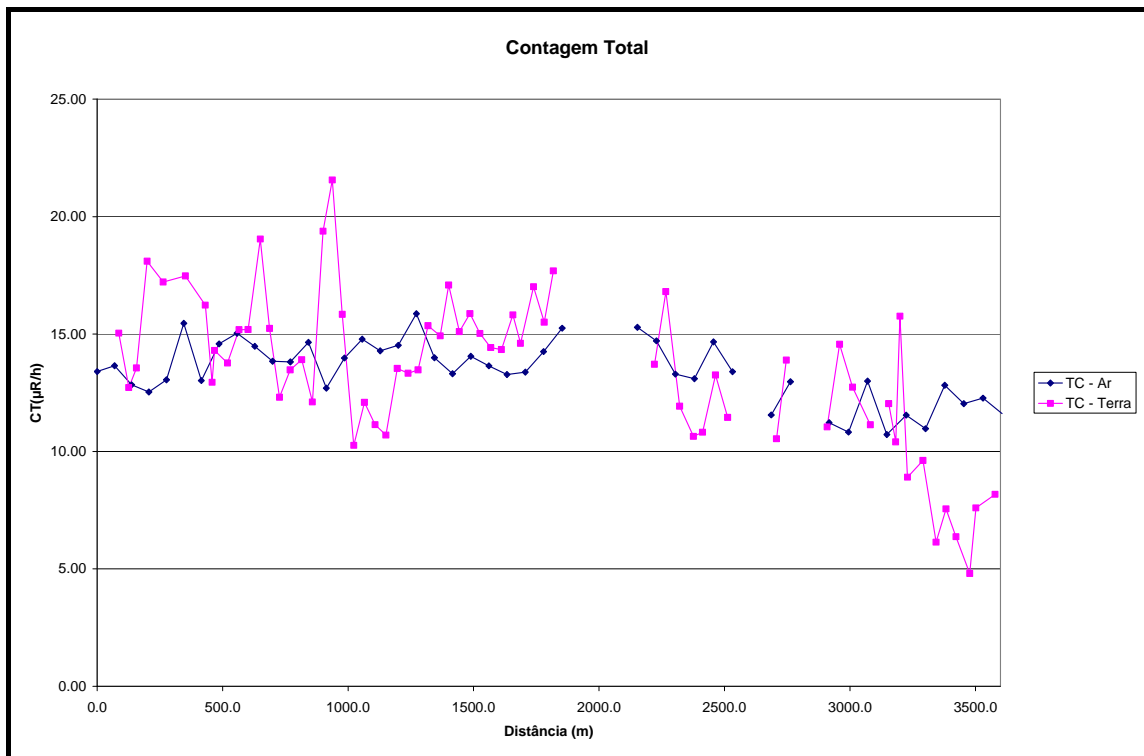


Figura 3 – Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total

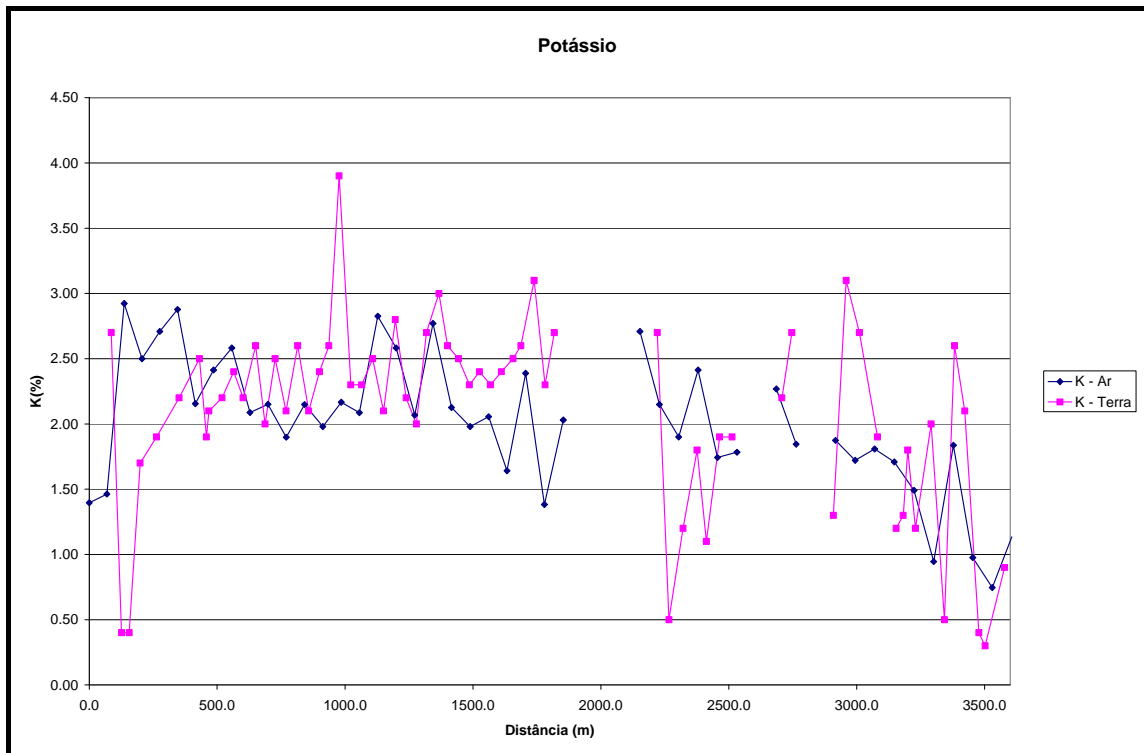


Figura 4 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio

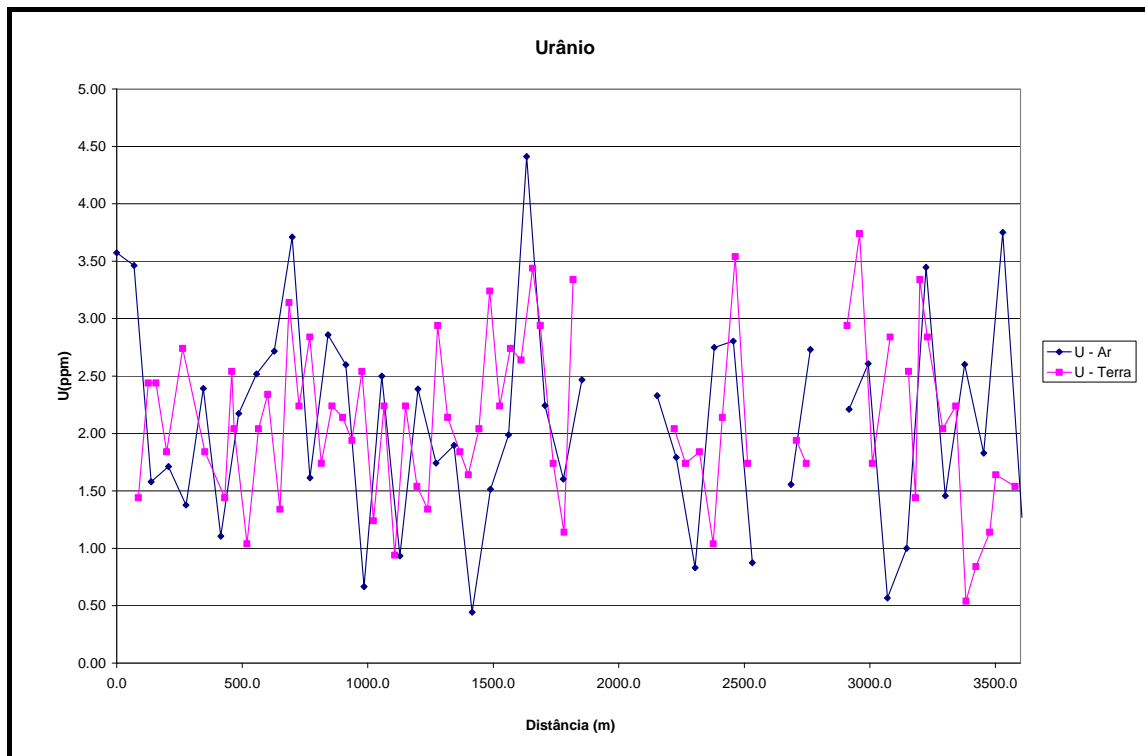


Figura 5 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio

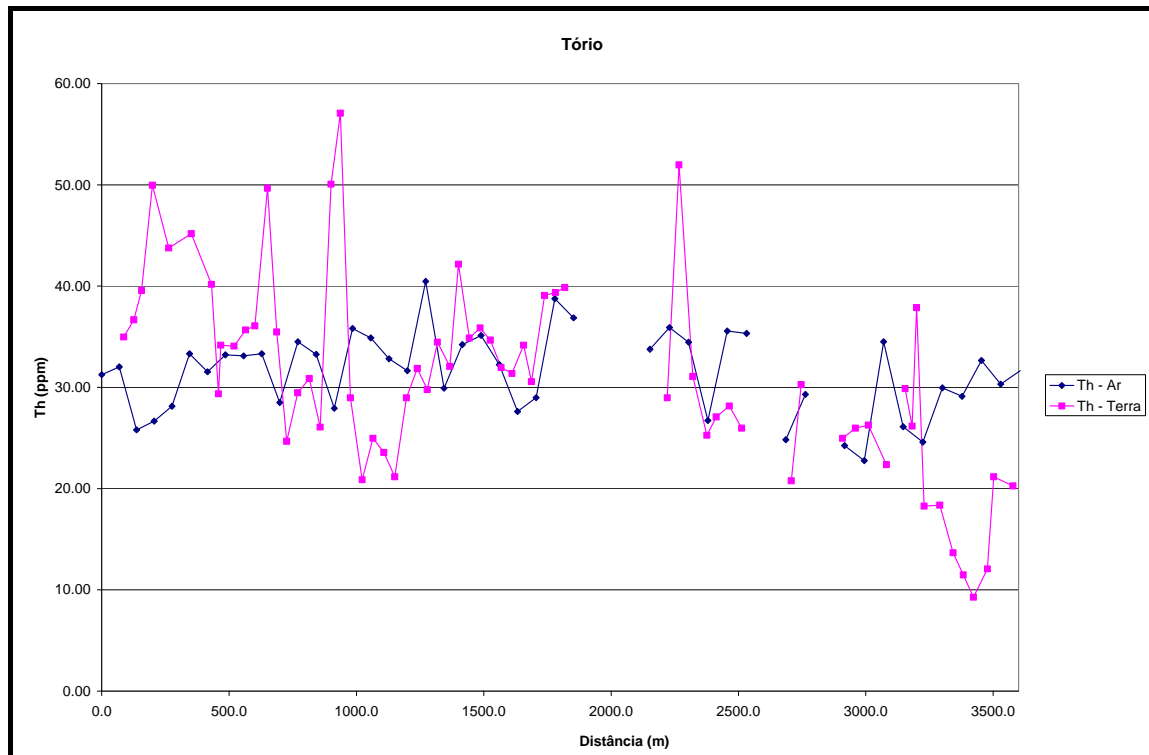


Figura 6 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE  
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 24/06/2006  
 DADOS BRUTOS**

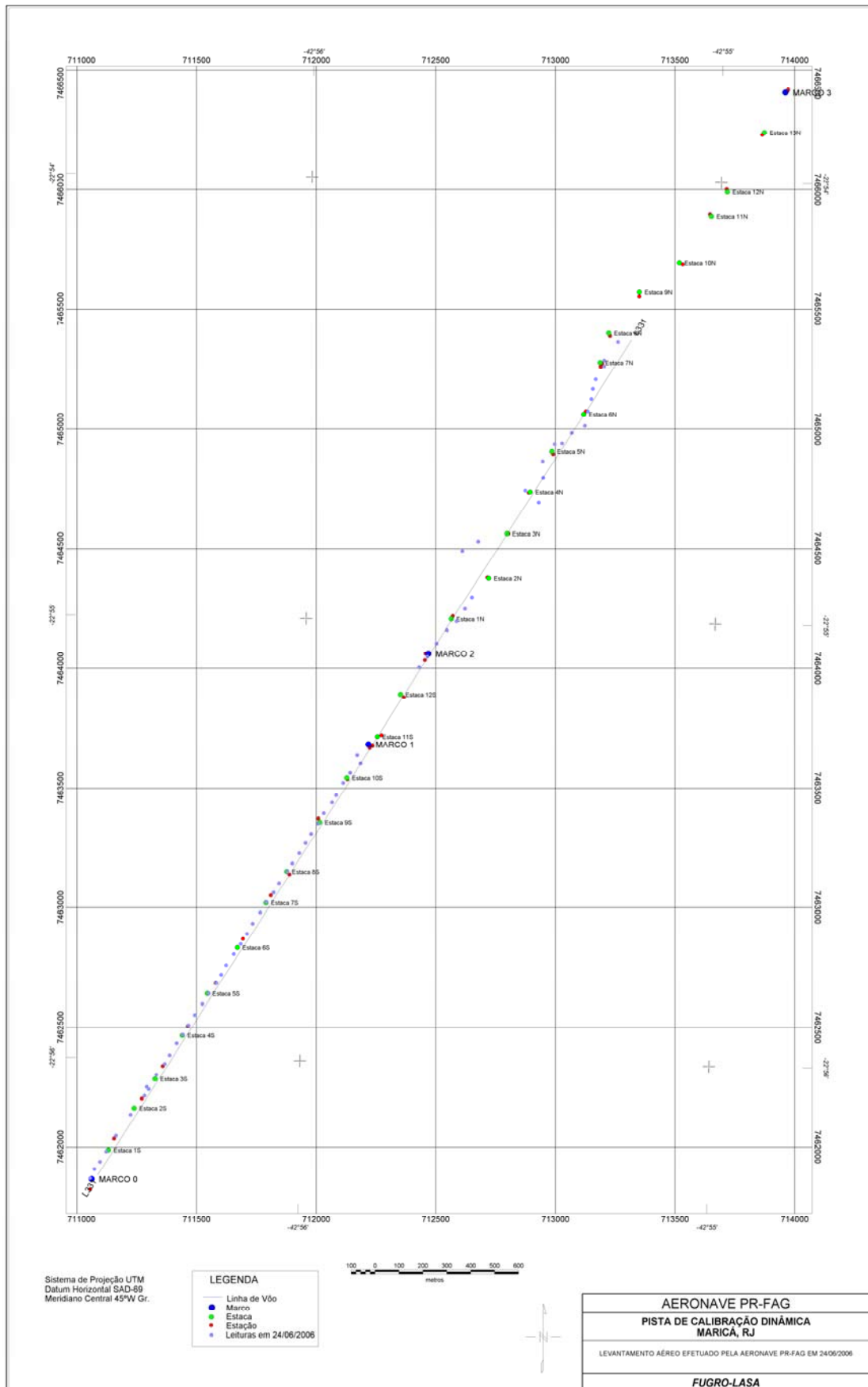
Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711055,5	7461869,2	15,5	2,7	1,7	35,9	3827	813	229	279
2		711073,2	7461909,0	13,2	0,4	2,7	37,6	3009	355	259	295
3		711096,4	7461939,4	14,0	0,4	2,7	40,5	3155	363	274	317
4	Estaca 1S	711122,6	7461982,1	18,5	1,7	2,1	50,9	4392	680	317	397
5		711163,4	7462046,2	17,6	1,9	3	44,7	4298	723	304	349
6	Estaca 2S	711224,5	7462134,5	17,9	2,2	2,1	46,1	4528	773	293	359
7		711282,6	7462213,7	16,7	2,5	1,7	41,1	4136	803	258	320
8		711300,1	7462241,2	13,4	1,9	2,8	30,3	3442	630	223	236
9		711291,7	7462250,5	14,7	2,1	2,3	35,1	3550	682	237	273
10	Estaca 3S	711332,3	7462302,3	14,2	2,2	1,3	35	3587	698	216	272
11		711367,1	7462347,9	15,6	2,4	2,3	36,6	3770	752	245	285
12		711387,6	7462384,6	15,6	2,2	2,6	37	3739	724	255	288
13		711416,8	7462433,4	19,5	2,6	1,6	50,6	4745	865	306	394
14	Estaca 4S	711443,0	7462469,9	15,7	2	3,4	36,4	3744	703	267	284
15		711466,3	7462509,6	12,7	2,5	2,5	25,6	3134	721	192	199
16		711492,6	7462552,3	13,9	2,1	3,1	30,4	3337	671	230	237
17		711524,6	7462598,0	14,3	2,6	2	31,8	3469	764	213	247
18	Estaca 5S	711550,8	7462640,7	12,5	2,1	2,5	27	3107	657	200	210
19		711582,7	7462683,4	19,8	2,4	2,4	51	5016	746	326	398
20		711603,2	7462720,0	22,0	2,6	2,2	58	5584	915	358	452
21		711623,7	7462759,7	16,3	3,9	2,8	29,9	4184	1060	222	231
22		711655,7	7462805,4	10,7	2,3	1,5	21,8	2602	635	150	169
23	Estaca 6S	711684,8	7462848,1	12,5	2,3	2,5	25,9	3171	690	193	202
24		711711,1	7462890,8	11,6	2,5	1,2	24,5	2858	702	158	190
25		711734,5	7462933,6	11,1	2,1	2,5	22,1	2609	616	173	172
26		711766,5	7462979,3	14,0	2,8	1,8	29,9	3641	799	199	232
27	Estaca 7S	711792,7	7463022,0	13,8	2,2	1,6	32,8	3378	673	209	255
28		711821,8	7463061,6	13,9	2	3,2	30,7	3429	667	234	240
29		711845,1	7463101,2	15,8	2,7	2,4	35,4	3893	825	242	276
30	Estaca 8S	711880,0	7463150,0	15,4	3	2,1	33	3849	868	222	256
31		711900,4	7463183,5	17,5	2,6	1,9	43,1	4345	834	272	335
32		711929,5	7463226,2	15,5	2,5	2,3	35,8	3851	770	242	279
33		711955,8	7463268,9	16,3	2,3	3,5	36,8	3996	763	273	287
34		711979,1	7463308,6	15,5	2,4	2,5	35,6	3840	769	244	277
35	Estaca 9S	712008,2	7463351,3	14,9	2,3	3	32,9	3579	739	240	256
36		712031,6	7463394,0	14,8	2,4	2,9	32,3	3688	750	236	251
37		712066,5	7463439,7	16,3	2,5	3,7	35,1	3970	797	268	274
38		712084,0	7463470,2	15,0	2,6	3,2	31,5	3625	805	238	245

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
39	Estaca 10S	712113,2	7463522,1	17,5	3,1	2	40	4482	935	261	317
40		712142,4	7463564,8	15,9	2,3	1,4	40,3	4054	738	246	313
41		712185,6	7463601,1	18,1	2,7	3,6	40,8	4449	872	296	318
42	Marco 1	712171,8	7463635,1	18,9	3,2	2,1	44,2	4894	981	281	343
43	Marco 2	712430,7	7464003,8	14,1	2,7	2,3	29,9	3561	785	211	232
44		712465,5	7464049,4	17,2	0,5	2	52,9	4017	433	325	414
45		712503,4	7464104,3	12,4	1,2	2,1	32	2982	485	217	250
46		712546,9	7464159,1	11,1	1,8	1,3	26,2	2590	557	169	204
47	Estaca 1N	712587,3	7464195,4	11,3	1,1	2,4	28	2671	439	200	219
48		712622,3	7464247,2	13,7	1,9	3,8	29,1	3331	655	237	227
49		712651,4	7464296,1	11,9	1,9	2	26,9	2871	585	187	209
50		712611,4	7464490,5	11,0	2,2	2,2	21,7	2754	636	164	168
51		712677,5	7464529,5	14,3	2,7	2	31,2	3628	802	210	243
52		712930,7	7464692,1	11,5	1,3	3,2	25,9	2855	477	208	203
53	Estaca 4N	712874,4	7464742,2	15,0	3,1	4	26,9	3897	893	230	209
54		712949,2	7464793,4	13,2	2,7	2	27,2	3241	765	189	211
55		712947,3	7464864,2	11,6	1,9	3,1	23,3	2777	600	192	181
56	Estaca 5N	712996,8	7464937,4	12,5	1,2	2,8	30,8	3015	590	200	264
57		713028,2	7464940,0	10,8	1,3	1,7	27,1	2539	467	181	211
58		713068,7	7464982,5	16,2	1,8	3,6	38,8	3915	672	286	303
59		713123,3	7465012,5	9,3	1,2	3,1	19,2	2166	430	169	150
60	Estaca 6N	713135,6	7465073,9	10,1	2	2,3	19,3	2458	584	153	150
61		713150,6	7465126,0	6,6	0,5	2,5	14,6	1372	242	132	114
62		713156,8	7465165,9	8,0	2,6	0,8	12,4	1933	638	84	95
63		713168,8	7465205,7	6,8	2,1	1,1	10,2	1621	527	82	79
64		713203,8	7465260,6	5,2	0,4	1,4	13	1038	178	100	102
65	Estaca 7N	713204,1	7465285,2	8,0	0,3	1,9	22,1	1722	219	159	174
66		713262,2	7465361,3	8,6	0,9	1,8	21,2	2329	304	160	147
1	*	723002,5	7461478,7	0,4	-0,1	0,1	1,6	-258	-10	11	12
2	*	723008,8	7461518,6	0,5	-0,1	0,8	0,3	-234	3	19	3
3	*	723016,2	7461441,6	0,3	0	0,1	0,7	-255	-3	6	6
4	*	723048,0	7461474,9	0,2	-0,1	0,2	0,6	-258	-6	7	5
5	*	723056,0	7461437,9	0,3	-0,1	0,4	0,8	-218	-6	13	7
6	*	723070,6	7461462,3	0,2	-0,1	0,2	0,9	-283	-15	9	7
7	*	723088,0	7461477,4	0,3	-0,1	0,2	1,2	-223	-1	11	9
8	*	723096,8	7461498,8	0,3	-0,1	0,1	1,3	-274	-11	8	10

\* *Background* na Lagoa de Maricá

cpm= Contagem por minuto;  
ppm = parte por milhão





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

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

**ANEXO I-f**

**ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADOS DOS TESTES**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-f.1

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA  
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ  
29 DE MARÇO DE 2007

## SUMÁRIO

1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PT-FZN

### Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela 1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica  
a) Médias Terra, Água e Terra-Água  
b) Médias em cps  
c) Médias em Logaritmo

Figura 1 - Coeficientes de Atenuação  
a) Contagem Total  
b) Potássio  
c) Urânio  
d) Tório

## 1 - Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave PT-FZN

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) realizados em 29/03/2007 nas proximidades de Maricá (RJ), objetivando a determinação dos coeficientes de sensibilidade para converter os dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos (% K, ppm para eU e eTh e  $\mu\text{R/h}$  para o canal de contagem total), 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 aerolevanteamento (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:

$$\text{Ln}(N_H) = -\mu H + \text{Ln}(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\text{Ln}(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos  $\text{Ln}(N_H)$  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)  $H = H_{100} = 100$  m (altura nominal do levantamento) tem-se:

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

Dividindo-se (2) por (1), obtem-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.

Os valores das médias obtidas são apresentados na tabela 1a.

<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	3644,618	315,734	93,134	178,470
331	3639,024	312,556	93,328	178,366
332	3651,716	316,714	92,015	175,902
400	3240,497	281,030	81,314	157,961
500	2757,649	232,753	72,977	136,561
600	2613,705	217,976	71,534	127,686
700	2206,155	183,034	60,969	102,950
800	1890,762	153,259	53,499	87,101
<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	250,098	26,370	8,779	8,958
331	248,672	27,138	8,375	8,974
332	246,640	27,292	8,221	8,977
400	257,486	25,897	9,187	9,061
500	265,682	26,628	10,474	9,356
600	276,282	26,706	10,976	9,448
700	289,243	26,897	11,909	9,209
800	295,174	26,522	12,047	9,416
<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	3394,520	289,364	84,355	169,512
331	3390,352	285,418	84,953	169,392
332	3405,076	289,422	83,794	166,925
400	2983,011	255,133	72,127	148,900
500	2491,967	206,125	62,503	127,205
600	2337,423	191,270	60,558	118,238
700	1916,912	156,137	49,060	93,741
800	1595,588	126,737	41,452	77,685

*\*valores corrigidas do tempo morto*

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

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

- Tempo morto
- Background
- Espalhamento *Compton*

LINHA	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	89,31	3394,520	182,358	34,538	169,512
331	88,74	3390,352	177,972	35,168	169,392
332	88,27	3405,076	183,501	34,756	166,925
400	107,70	2983,011	161,639	27,008	148,900
500	132,52	2491,967	124,344	22,381	127,205
600	140,70	2337,423	112,854	22,795	118,238
700	170,71	1916,912	92,047	17,759	93,741
800	199,28	1595,588	72,142	14,403	77,685

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

A tabela 1c apresenta o logaritmo neperiano dos valores da tabela 1b.

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
330	89,31	8,130	5,206	3,542	5,133
331	88,74	8,129	5,182	3,560	5,132
332	88,27	8,133	5,212	3,548	5,118
400	107,70	8,001	5,085	3,296	5,003
500	132,52	7,821	4,823	3,108	4,846
600	140,70	7,757	4,726	3,127	4,773
700	170,71	7,558	4,522	2,877	4,541
800	199,28	7,375	4,279	2,667	4,353

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

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

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0,0069
Potássio	-0,0084
Urânio	-0,0079
Tório	-0,0070

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

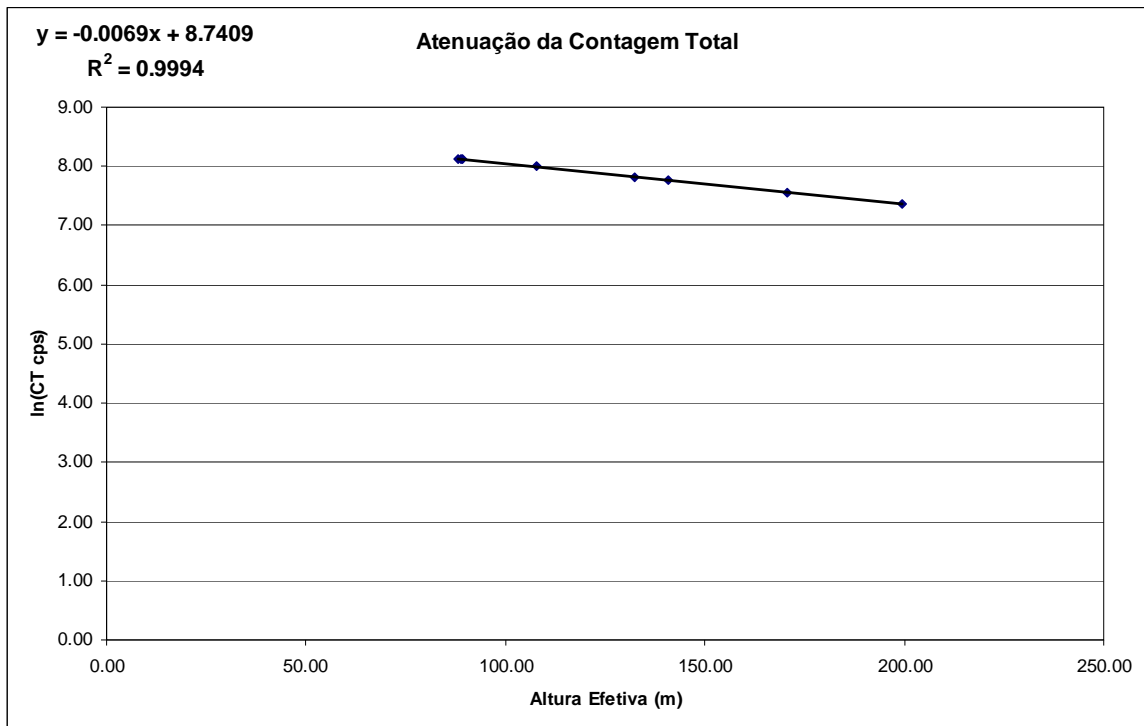


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total

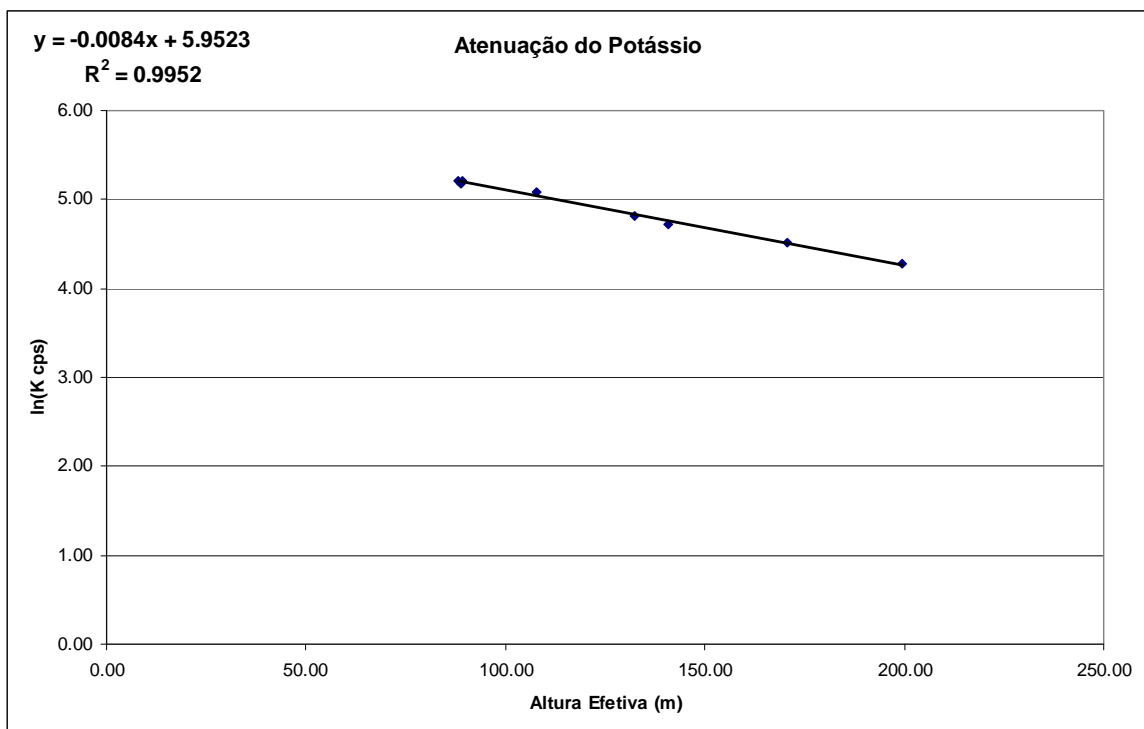


Figura 1b- Coeficiente de Atenuação - Potássio



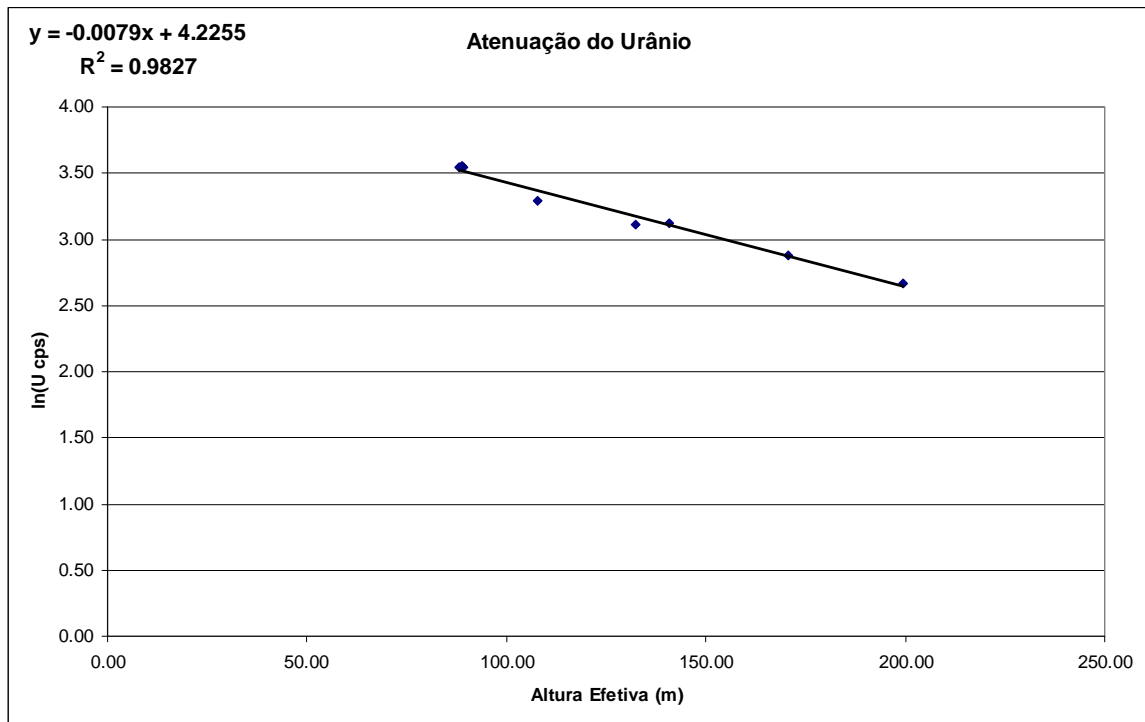


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação –Urânio

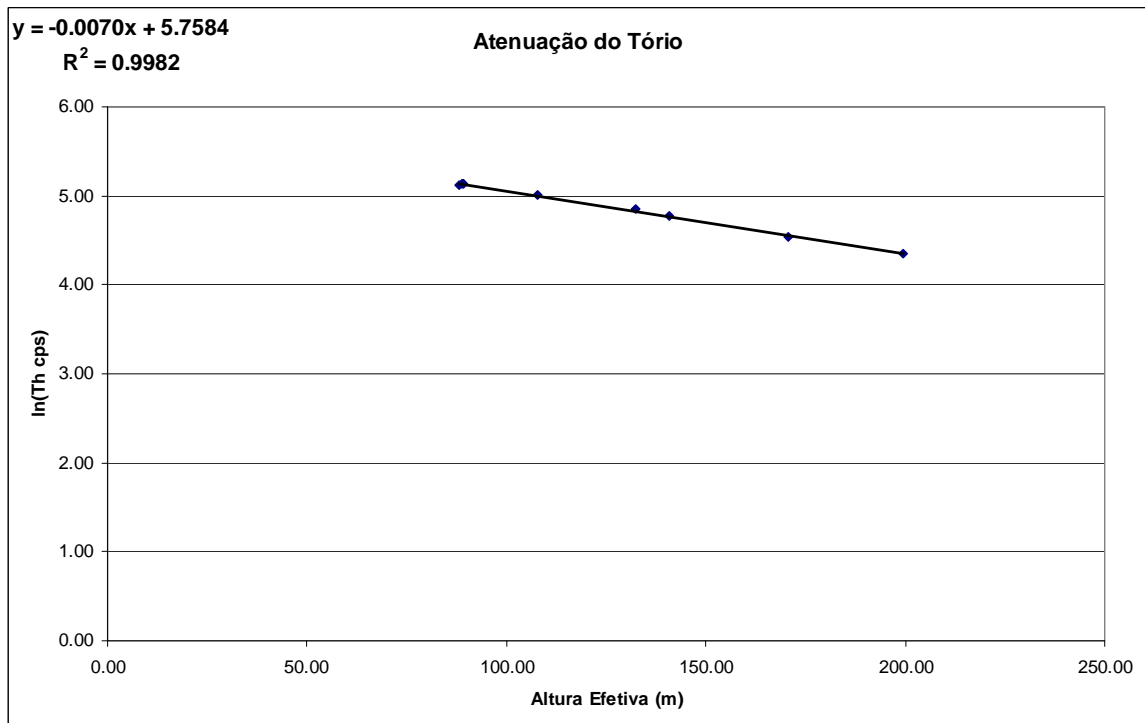


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação - Tório

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO ANAUÁ

CPRM CONTRATO Nº 103/PR/06

ANEXO I-f.2

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA  
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE REIMS 406 - CARAVAN II

PR-FAG

RIO DE JANEIRO-RJ  
24 DE JUNHO DE 2006

## SUMÁRIO

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

### Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela 1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

a) Médias Terra, Água, e Terra-Água

b) Médias em cps

c) Médias em Logaritmo

Figura 1 - Coeficientes de Atenuação

a) Contagem Total

b) Potássio

c) Urânio

d) Tório

## 1 - Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave PR-FAG

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range* – *DCR*) realizados em 24/06/2006 nas proximidades de Maricá (RJ), objetivando a determinação dos coeficientes de sensibilidade para converter os dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos (% K, ppm para eU e eTh e  $\mu\text{R/h}$  para o canal de contagem total), 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)  $H = H_{100} = 100$  m (altura nominal do levantamento) tem-se:

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

Dividindo-se (2) por (1), obtem-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.

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

<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>
331	3189,095	270,751	83,650	147,741
400	2955,415	252,494	79,374	135,784
500	2412,216	205,826	64,185	109,209
600	2024,622	170,605	56,379	89,244
700	1747,356	145,916	51,673	76,570
800	1452,831	121,354	42,068	63,173
<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>
331	293,815	36,127	12,210	8,143
400	284,375	32,639	10,472	8,041
500	289,138	35,446	11,176	7,903
600	282,536	34,783	11,827	7,511
700	280,021	33,572	12,007	8,235
800	273,426	34,208	10,629	7,657
<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>
331	2895,280	234,624	71,440	139,598
400	2671,040	219,855	68,902	127,743
500	2123,078	170,380	53,009	101,306
600	1742,086	135,822	44,552	81,733
700	1467,335	112,344	39,666	68,335
800	1179,405	87,146	31,439	55,516

*\*valores corrigidas do tempo morto*

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

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

- Tempo morto
- Background
- Espalhamento *Compton*

<b>LINHA</b>	<b>Altura Efetiva (m)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
331	98,97	2895,280	141,564	29,551	139,598
400	109,63	2671,040	131,264	29,818	127,743
500	141,97	2123,078	100,230	20,480	101,306
600	167,74	1742,086	76,881	17,254	81,733
700	192,27	1467,335	60,329	15,981	68,335
800	223,10	1179,405	44,947	11,366	55,516

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

A tabela 1c apresenta o logaritmo neperiano dos valores da tabela 1b.

<b>LINHA</b>	<b>Altura Efetiva (m)</b>	<b>ln CT (cps)</b>	<b>ln K (cps)</b>	<b>ln U (cps)</b>	<b>ln Th (cps)</b>
331	98,97	7,971	4,953	3,386	4,939
400	109,63	7,890	4,877	3,395	4,850
500	141,97	7,661	4,607	3,019	4,618
600	167,74	7,463	4,342	2,848	4,403
700	192,27	7,291	4,100	2,771	4,224
800	223,10	7,073	3,805	2,431	4,017

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Os valores de  $\mu$  são correspondentes ao coeficiente angular das equações das retas obtidas pelos gráficos das figuras 1a, 1b, 1c e 1d, conforme mostra o quadro 1, a seguir:

<b>Canal Radiométrico</b>	<b><math>\mu</math> em <math>m^{-1}</math></b>
Contagem Total	-0,0072
Potássio	-0,0093
Urânio	-0,0077
Tório	-0,0075

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Os valores das médias bem como os gráficos correspondentes, são apresentados na Tabela 2 e na Figura 1.

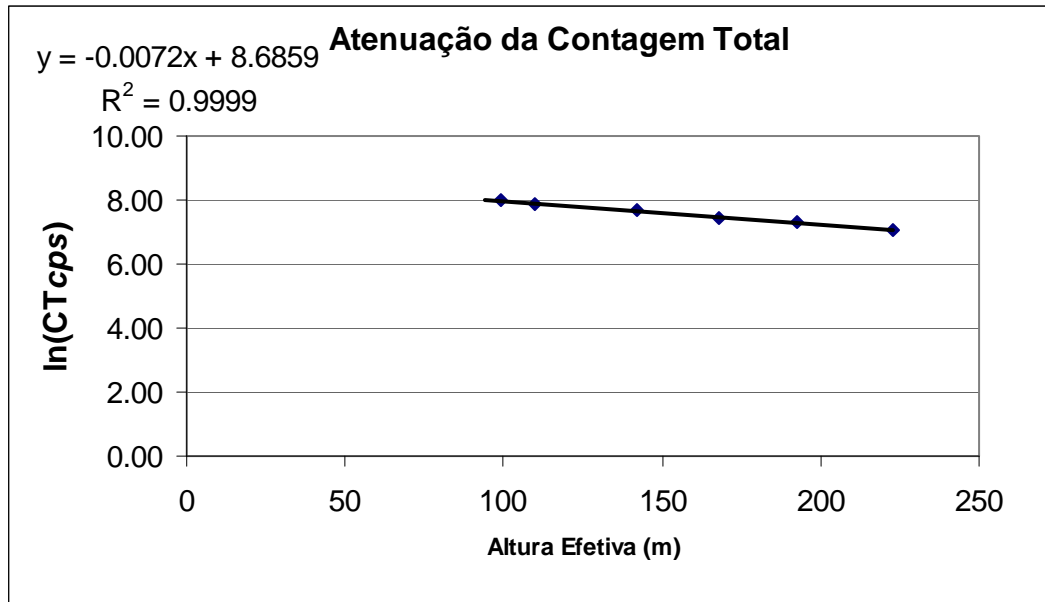


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total

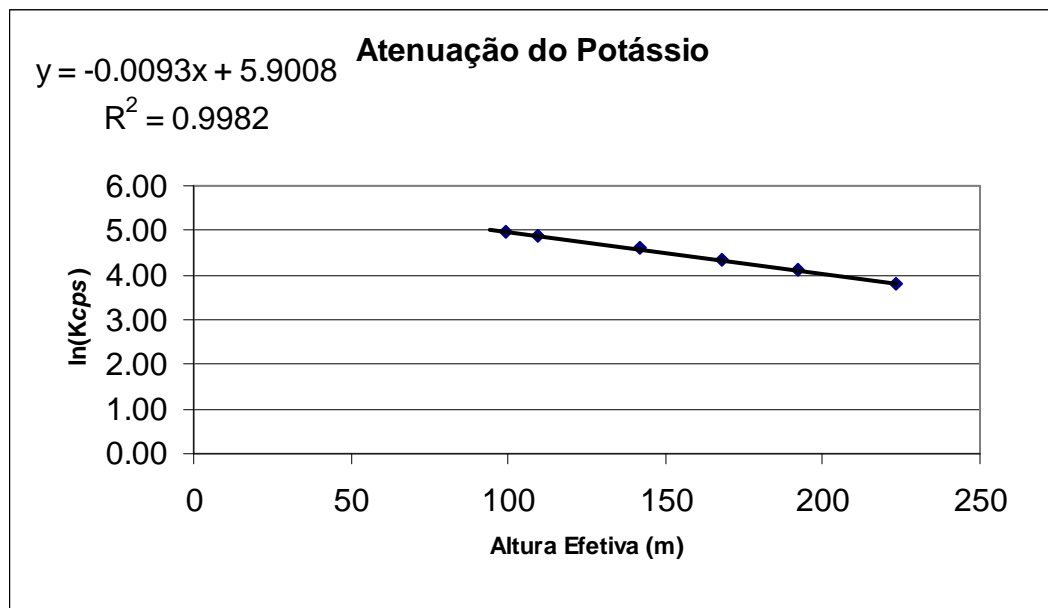


Figura 1b- Coeficiente de Atenuação – Potássio

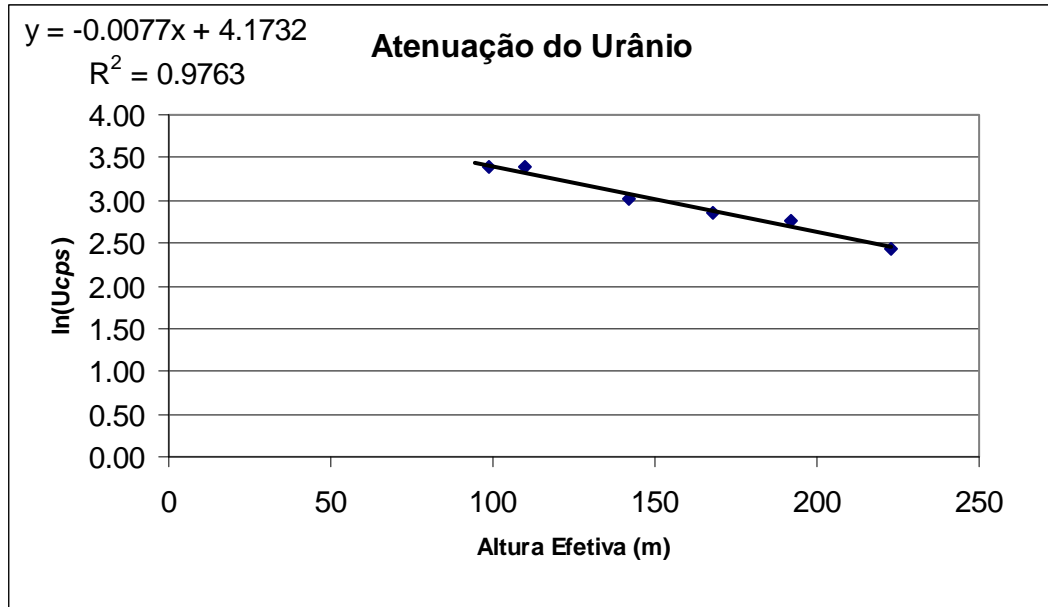


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação –Urânio

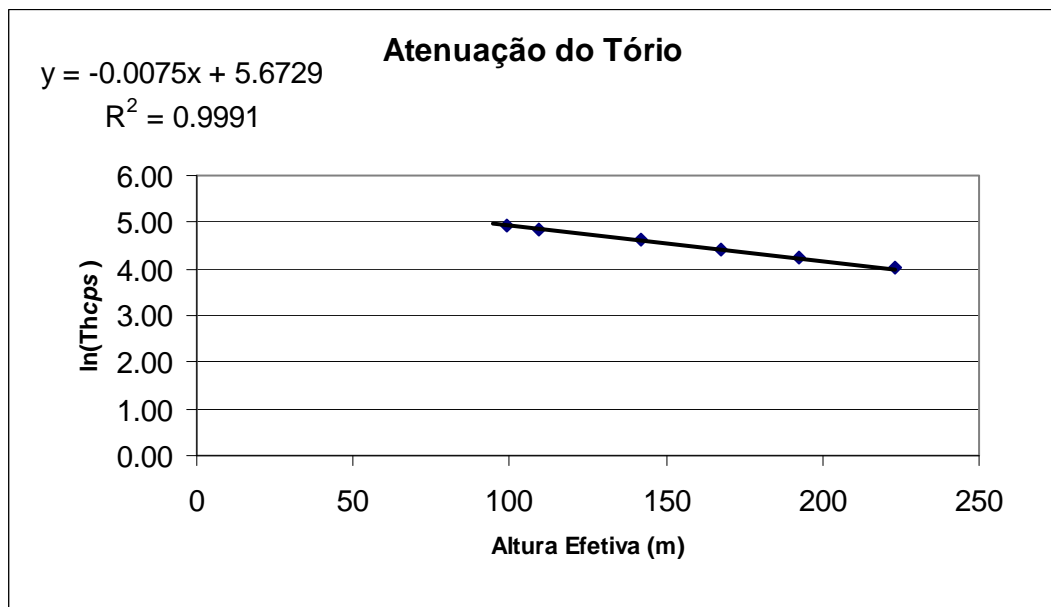


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação - Tório



## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

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

**Anexo II-a.1– Teste de Altimetros**

**PT-FZN**

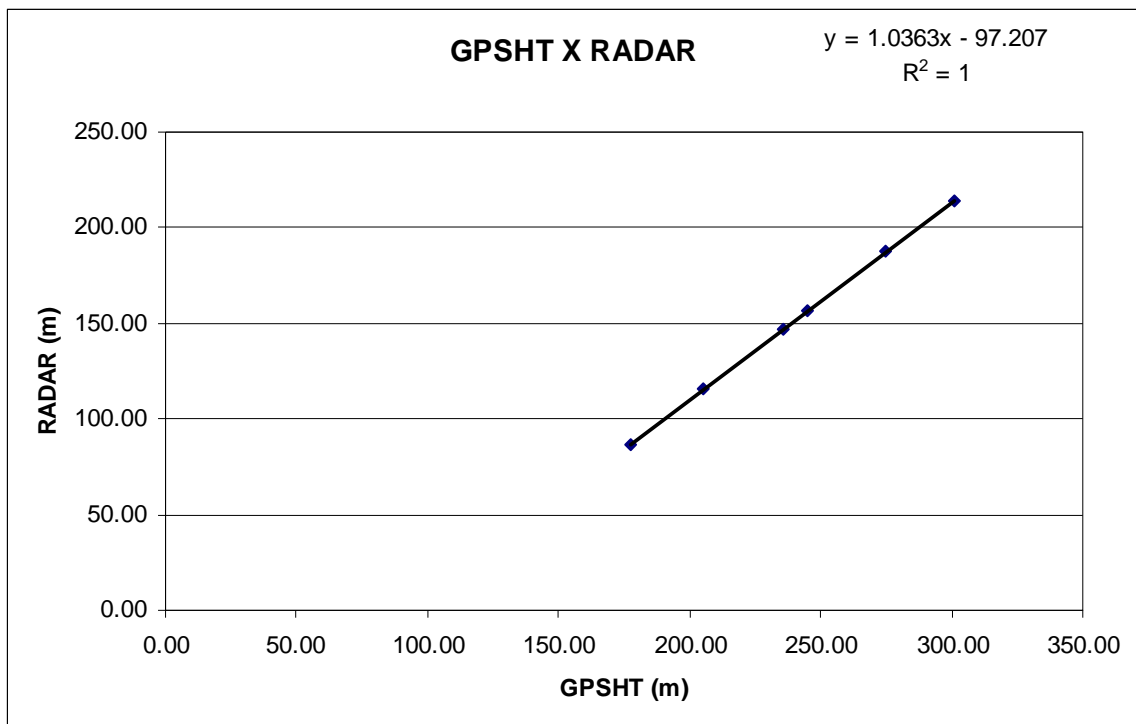
Projeto	2718
Aeronave	PT-FZN
Base	Boa Vista, RR
Data	15-04-2007
Nº Voo	203

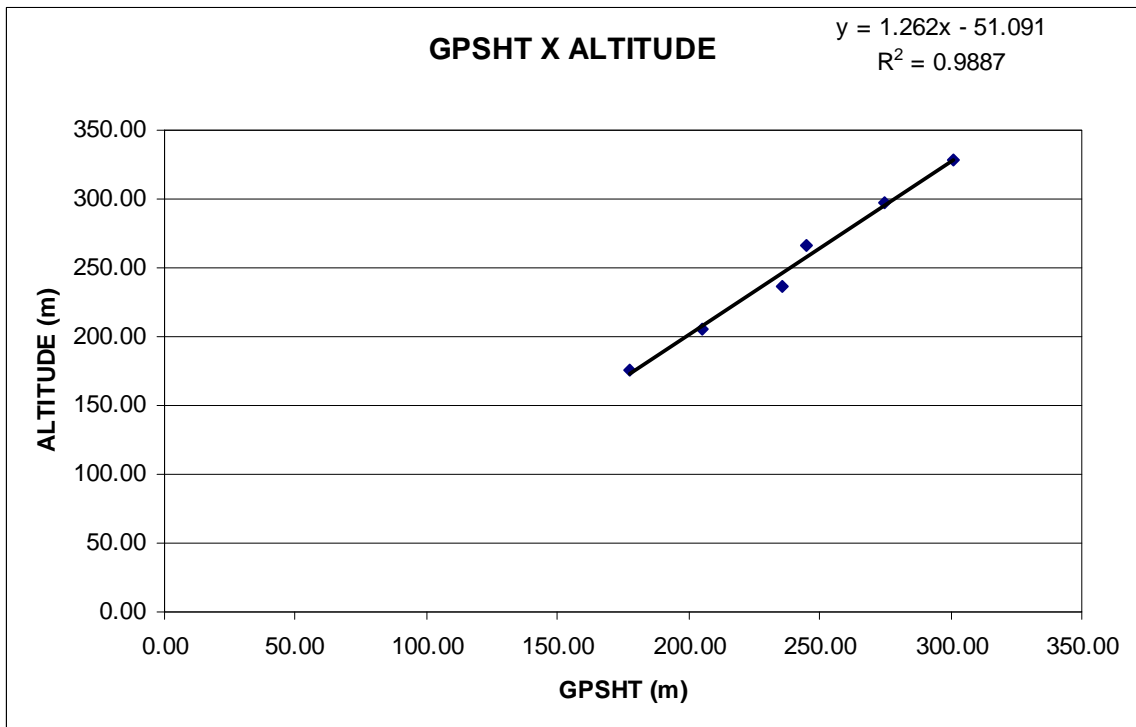
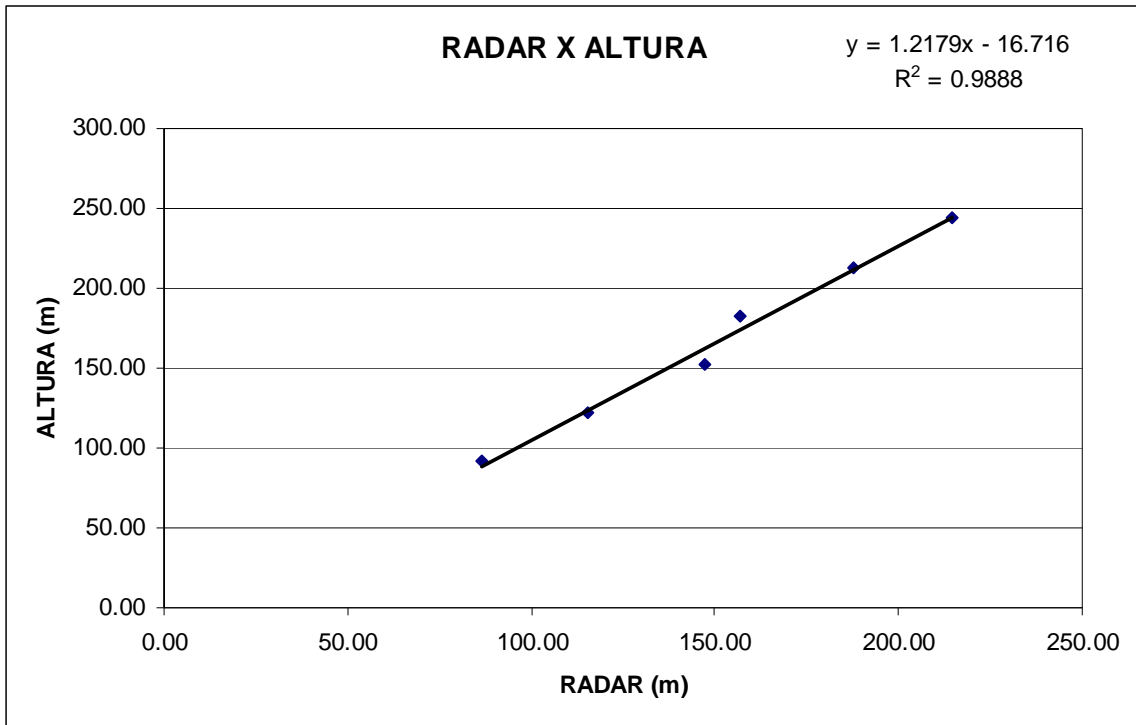
Altitude da Pista: 84 m

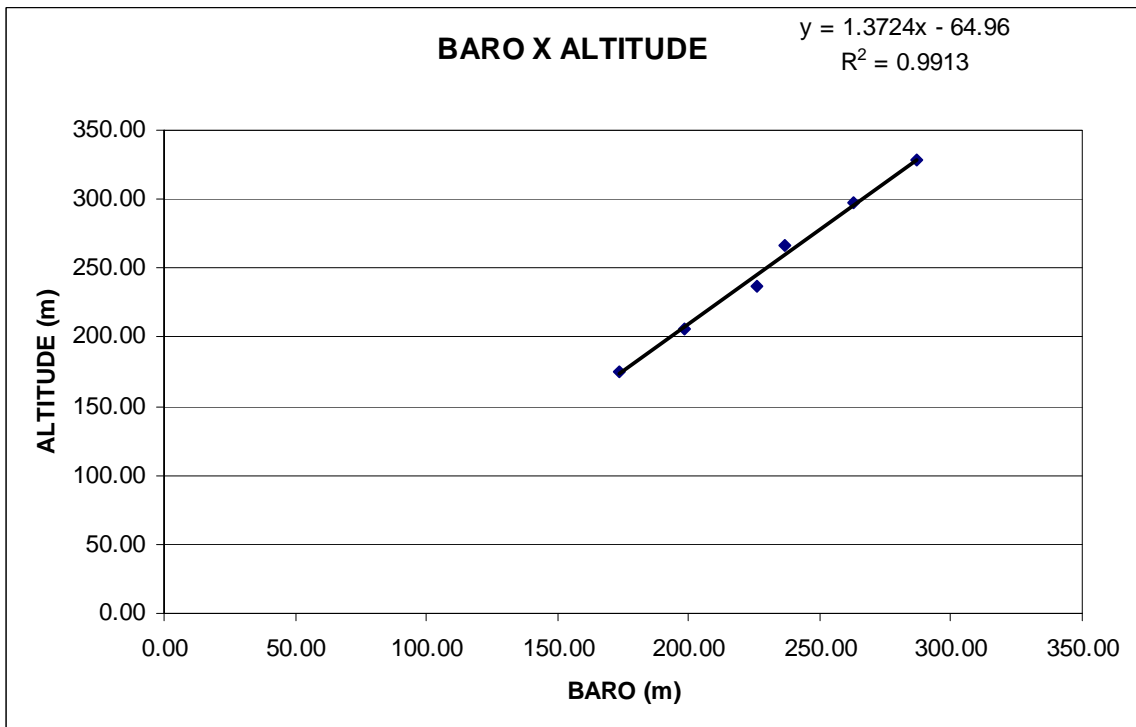
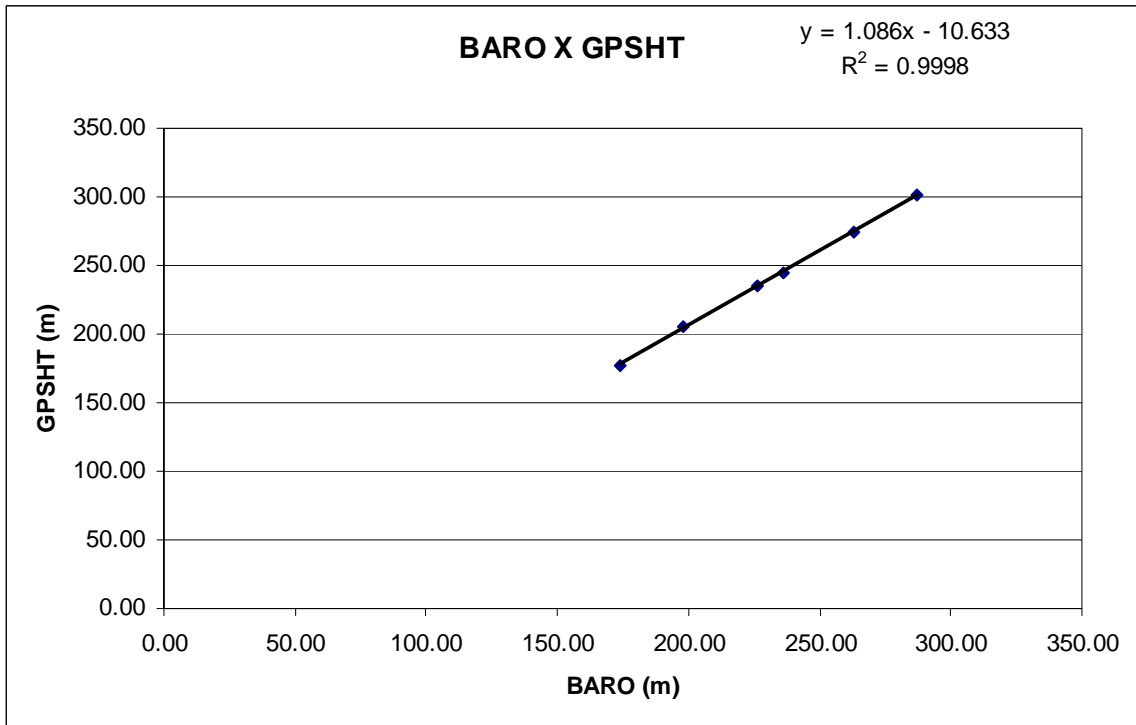
Altura: Altura Teórica

Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
300	91,44	175,44	177,36	86,45	173,67
400	121,92	205,92	205,29	115,58	198,17
500	152,40	236,40	235,65	147,02	226,08
600	182,88	266,88	245,23	157,07	236,44
700	213,36	297,36	274,96	187,76	262,85
800	243,84	327,84	300,79	214,35	286,89







**Anexo II-a.2– Teste de Altimetros**

**PR-FAG**

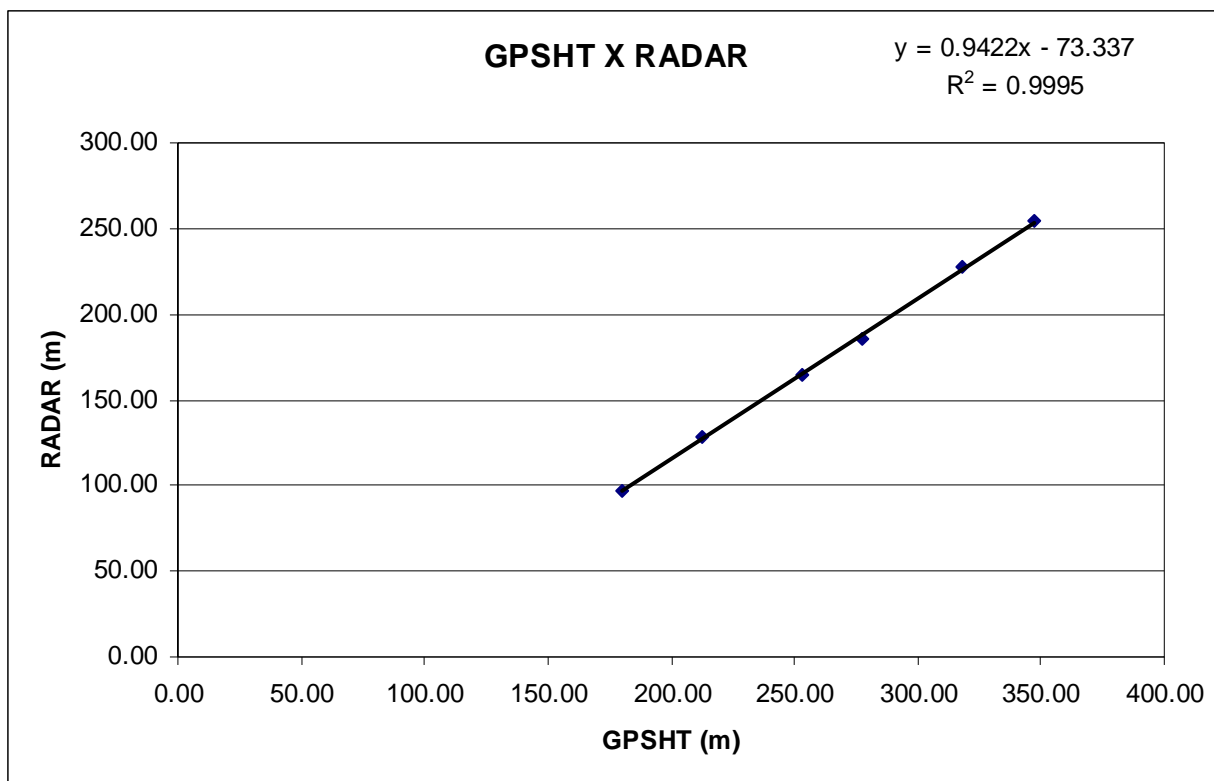
Projeto	2560/2652
Aeronave	PR-FAG
Base	Manaus-AM
Data	14/12/2006
Nº Voo	306

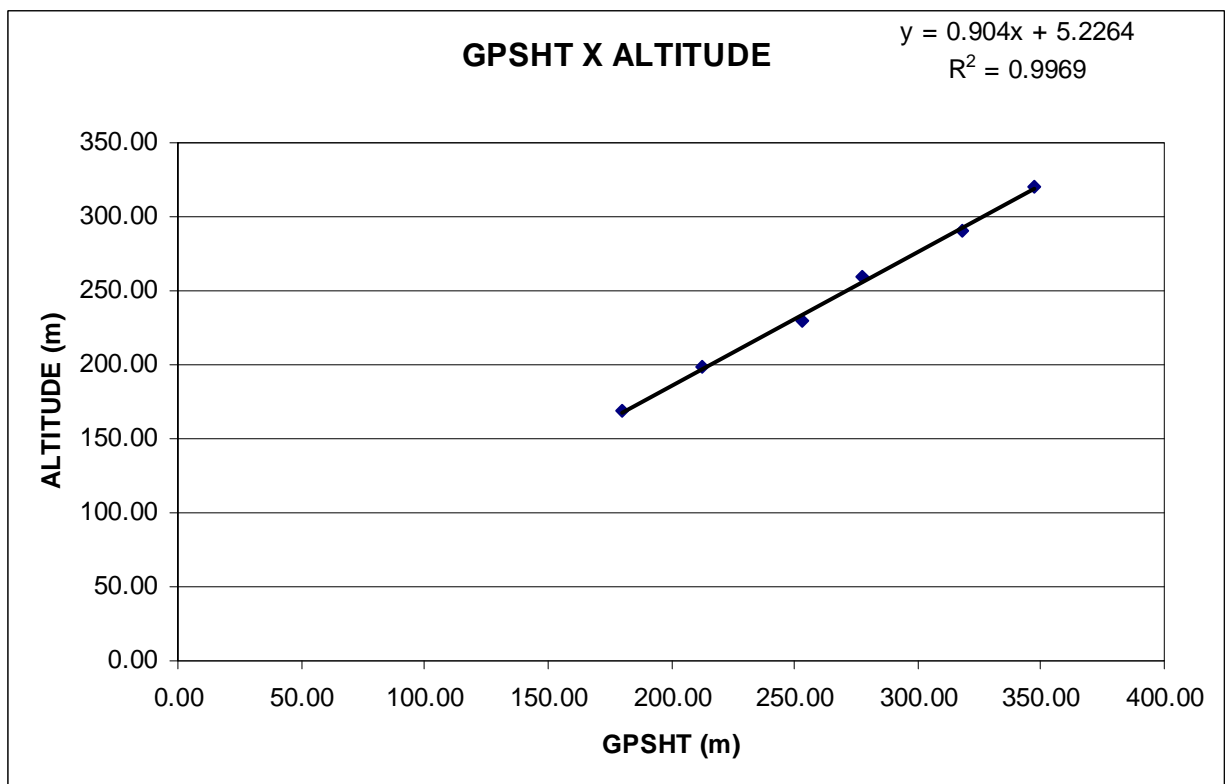
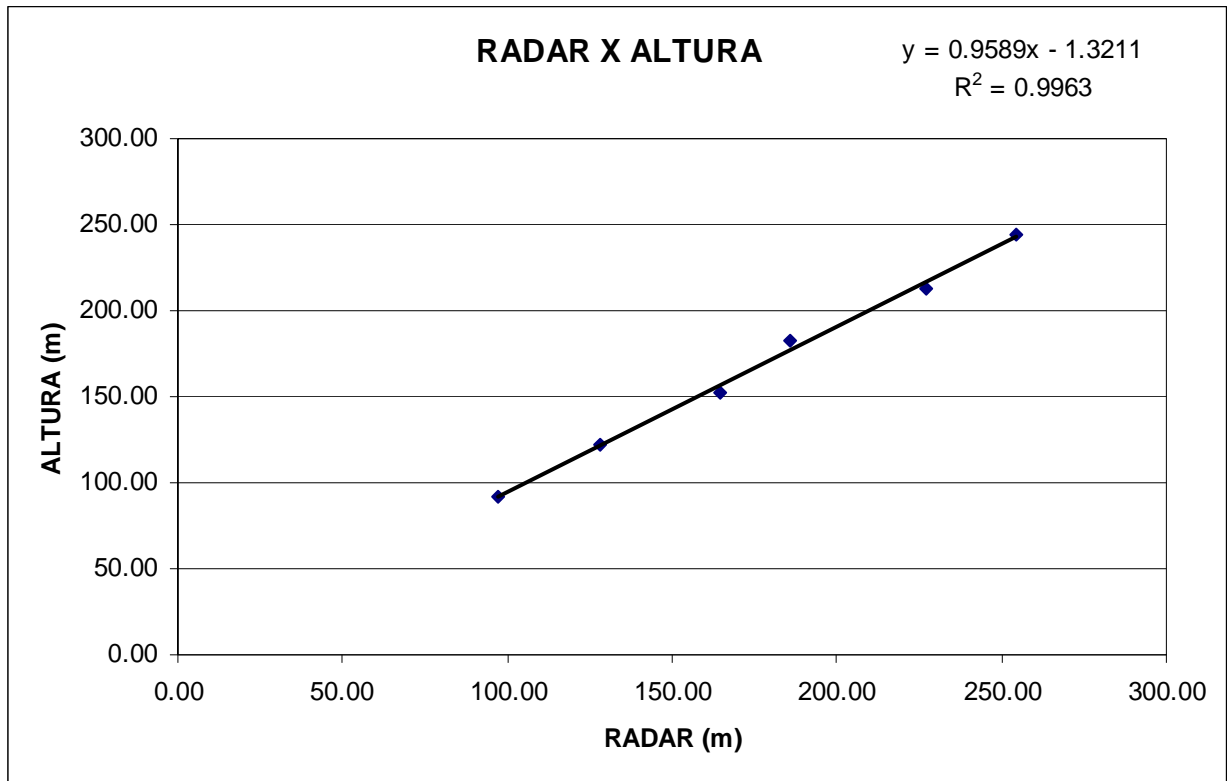
Altitude da Pista: 77 m

Altura: Altura Teórica

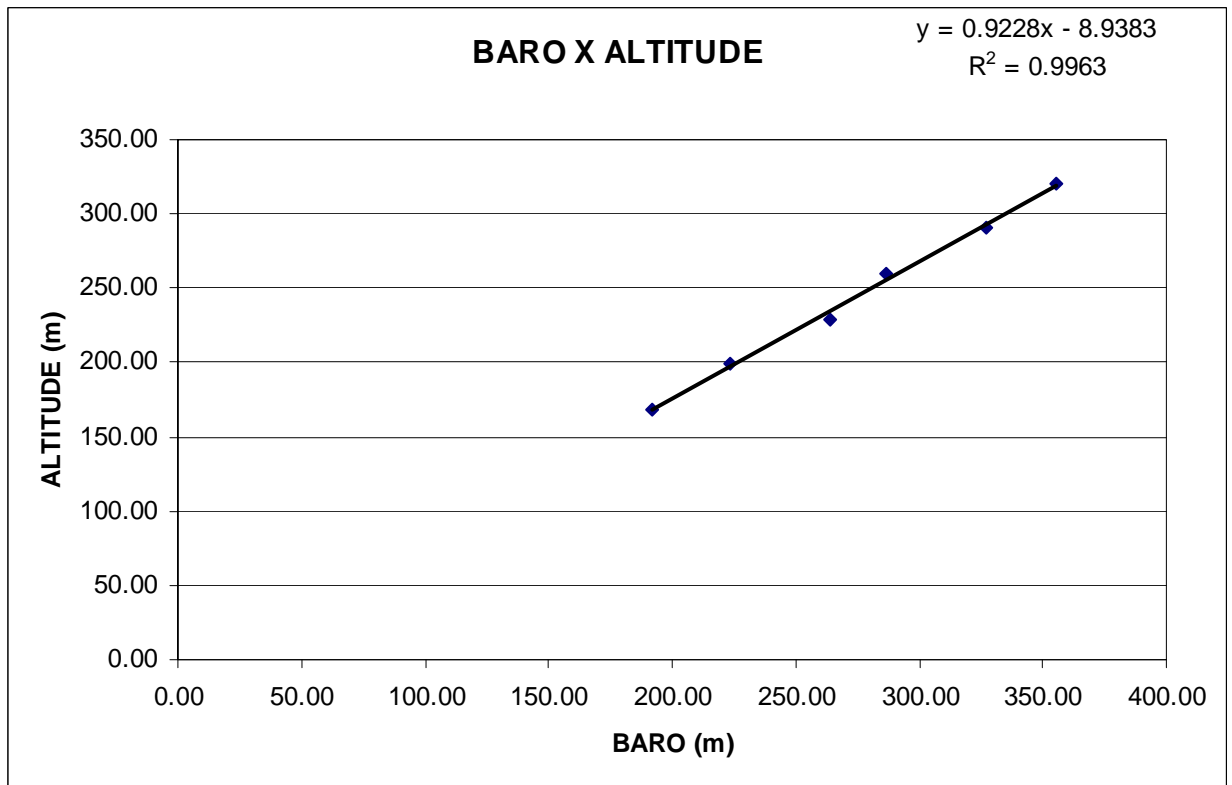
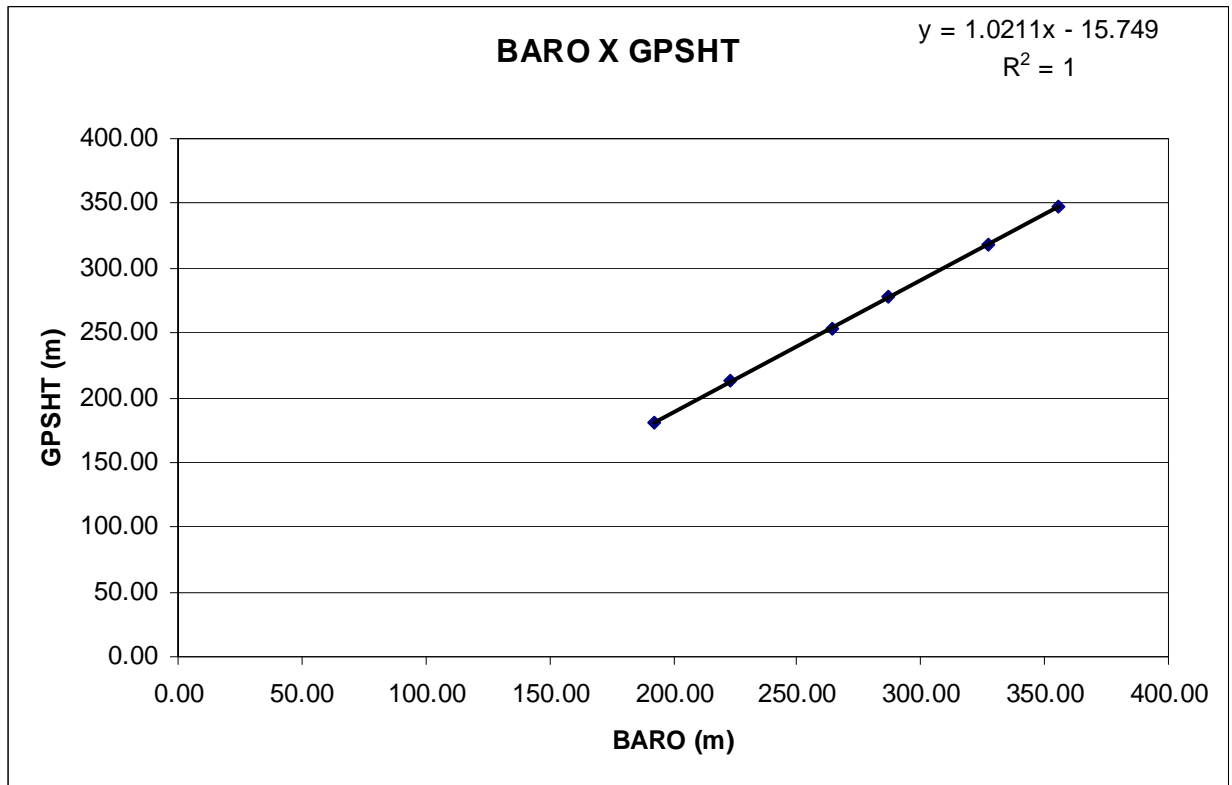
Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
300	91,44	168,44	180,17	96,90	191,98
400	121,92	198,92	212,54	128,05	223,35
500	152,40	229,40	253,40	164,29	264,17
600	182,88	259,88	277,53	186,03	286,60
700	213,36	290,36	318,23	227,27	327,00
800	243,84	320,84	347,23	254,71	355,66









## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

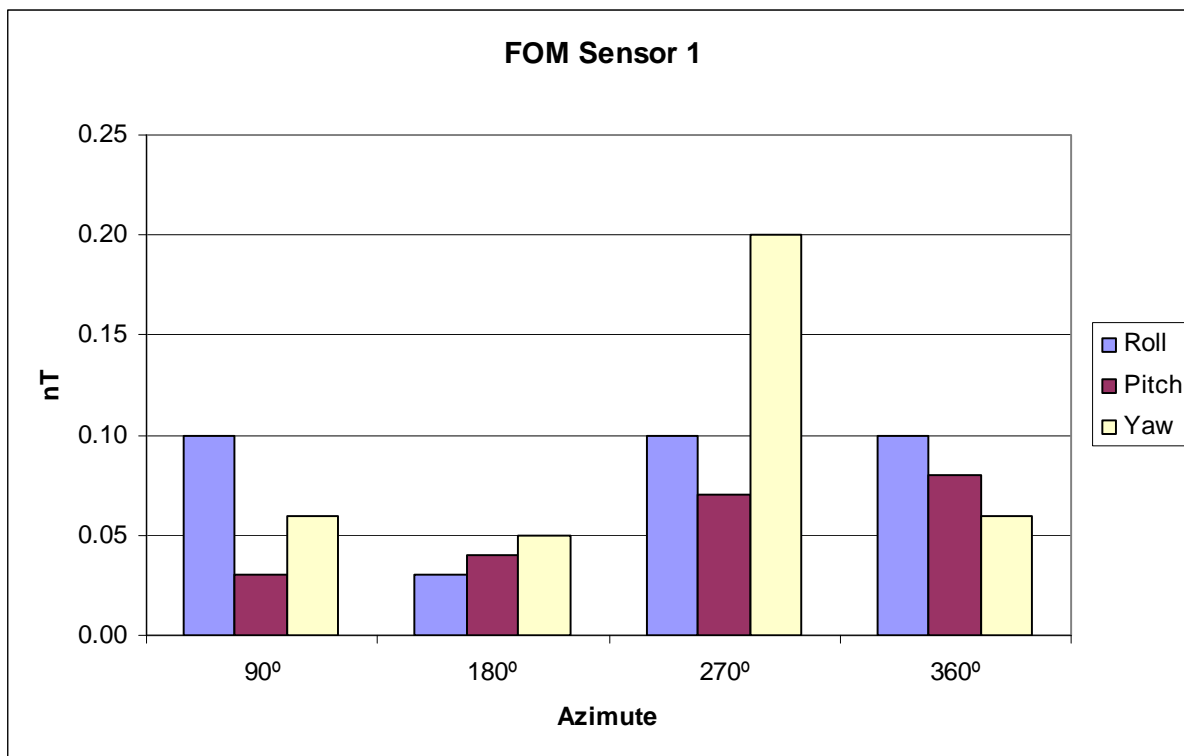
### **Anexo II-b – Compensação Magnética**

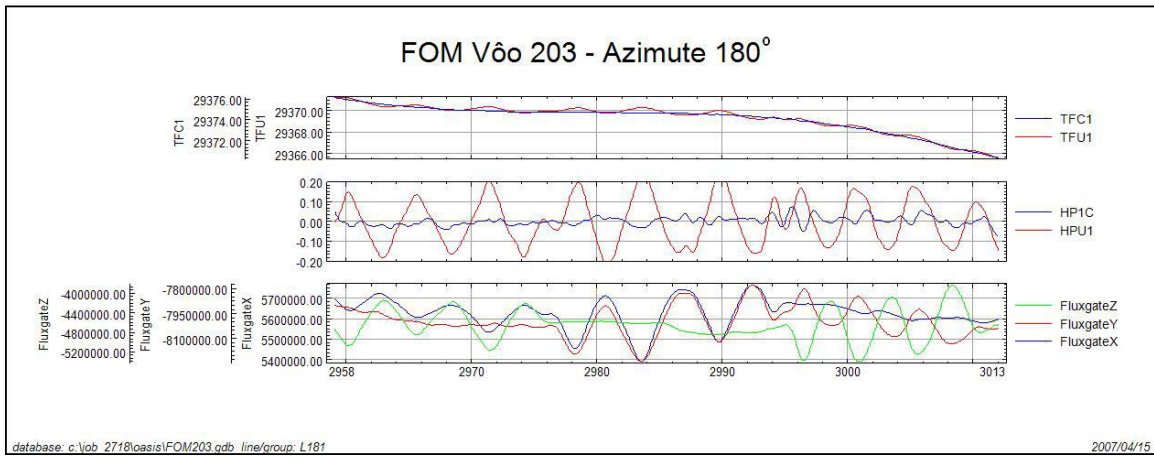
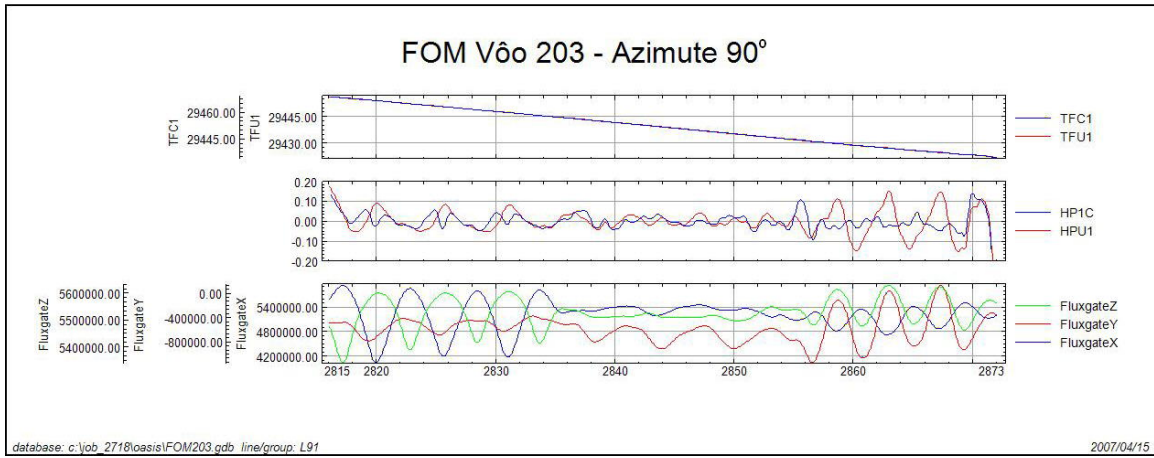
## **Anexo II-b.1 – Compensação Magnética**

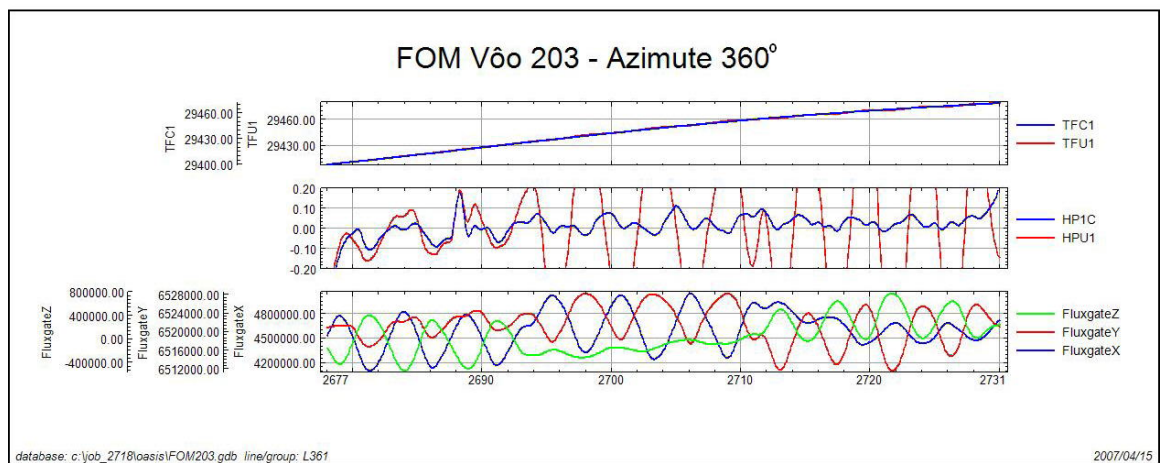
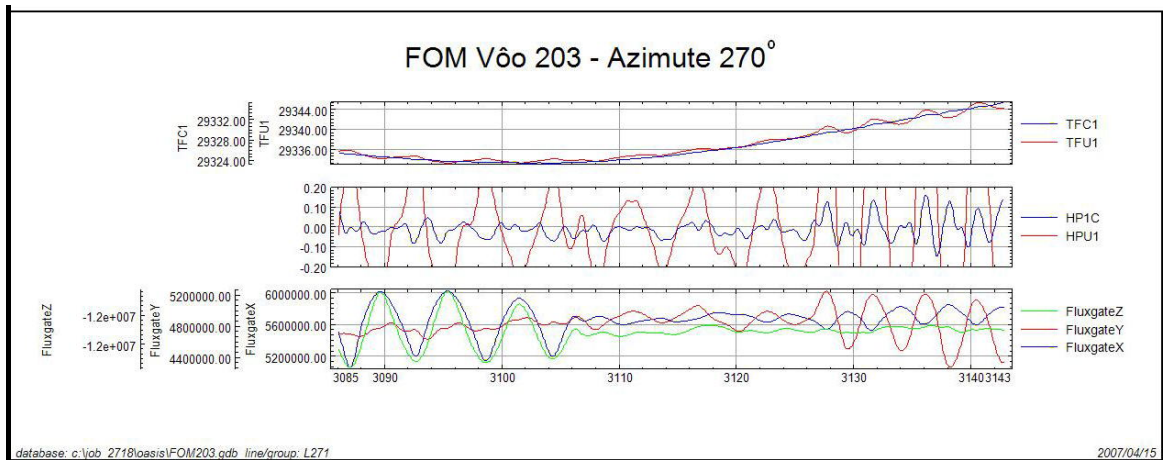
**PT-FZN**

Nº Job	2718
Base	Boa Vista- RR
Aeronave	PT-FZN
Data	15/04/2007
Nº Vôo	203

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,10	0,03	0,06	0,19
181	180°	0,03	0,04	0,05	0,12
271	270°	0,10	0,07	0,20	0,37
361	360°	0,10	0,08	0,06	0,24
<b>TOTAL</b>					<b>0.92</b>



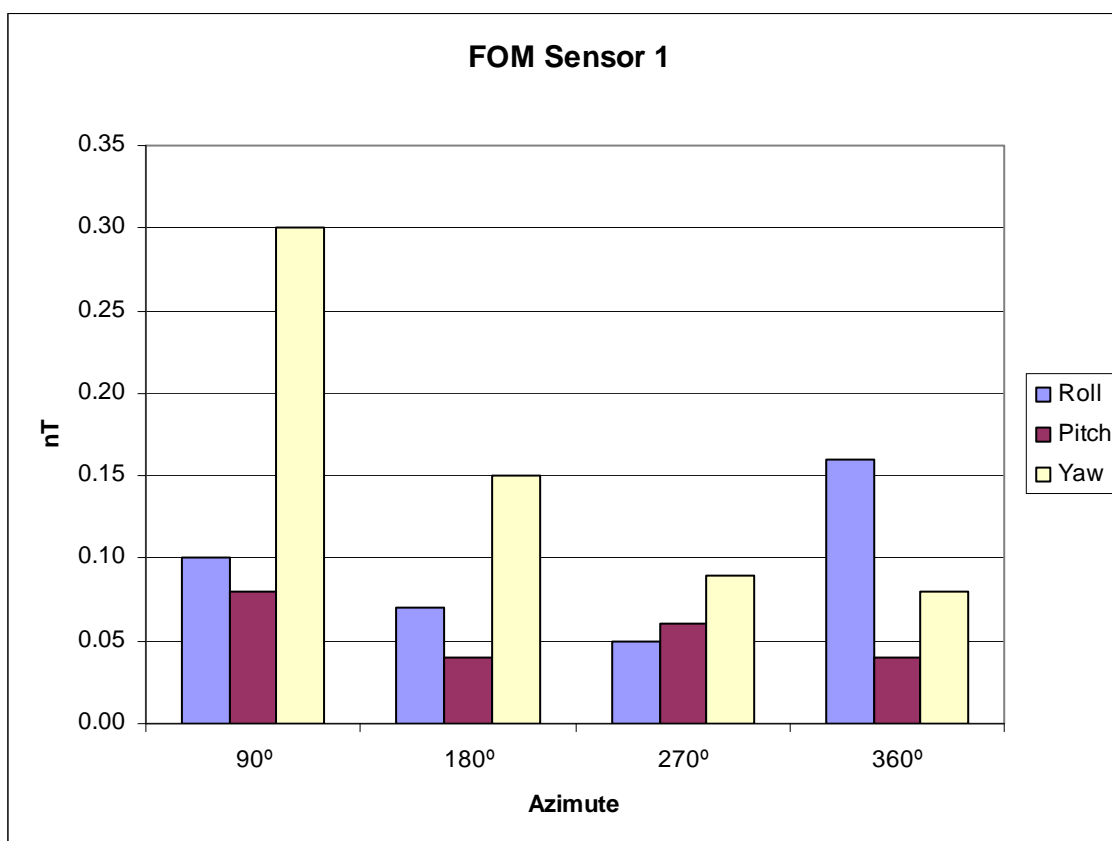


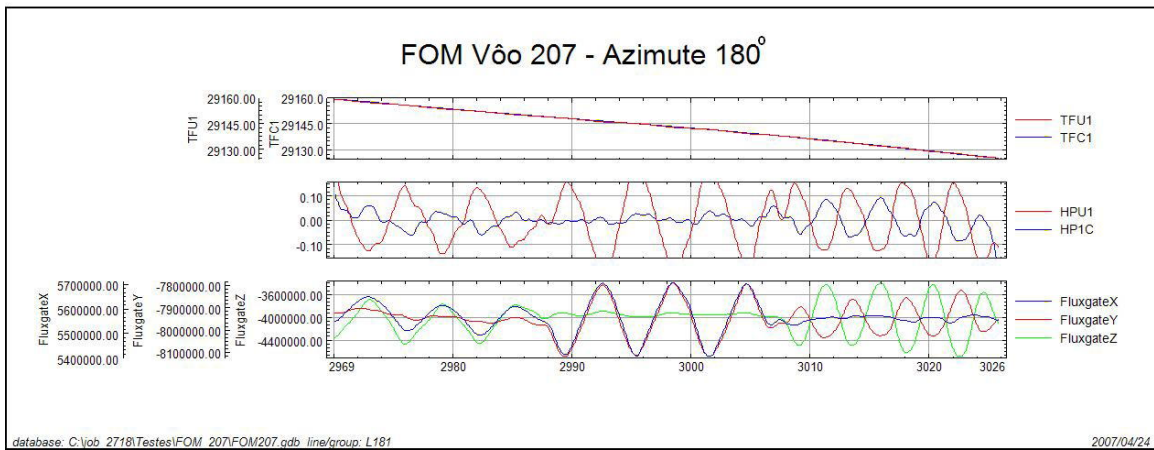
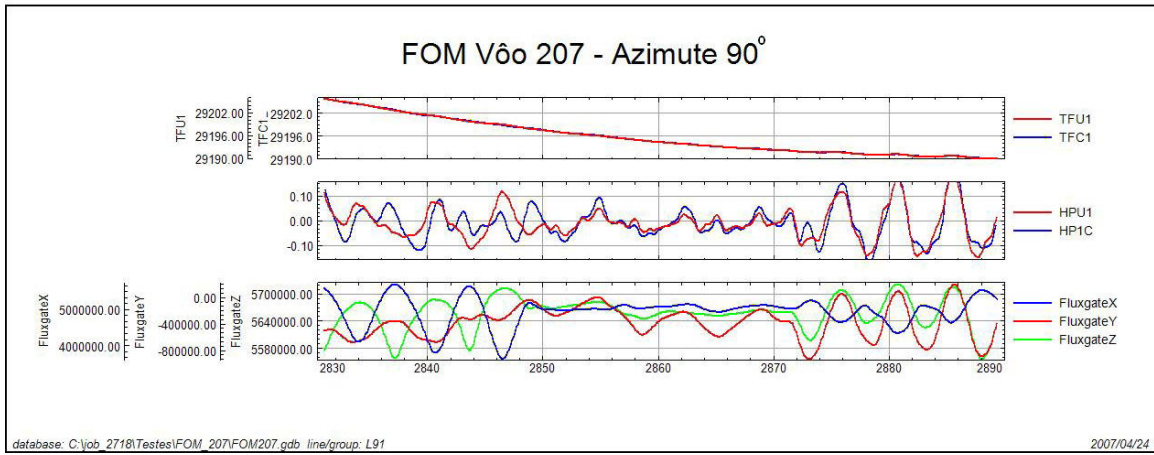


*TFIU – Campo Magnético Total não compensado*  
*TFC1 – Campo Magnético Total compensado*  
*HPU1 – Filtro passa-alta (2 s) sobre o Campo Magnético Total não compensado*  
*HP1C – Filtro passa-alta (2 s) sobre o Campo Magnético Total compensado*  
*FluxgateX – Componente X da Fluxgate*  
*FluxgateY –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

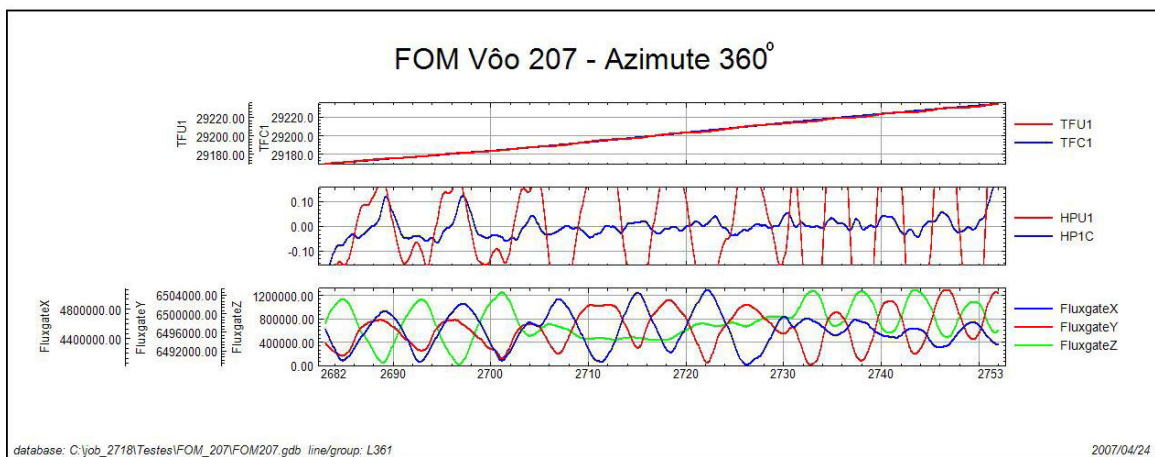
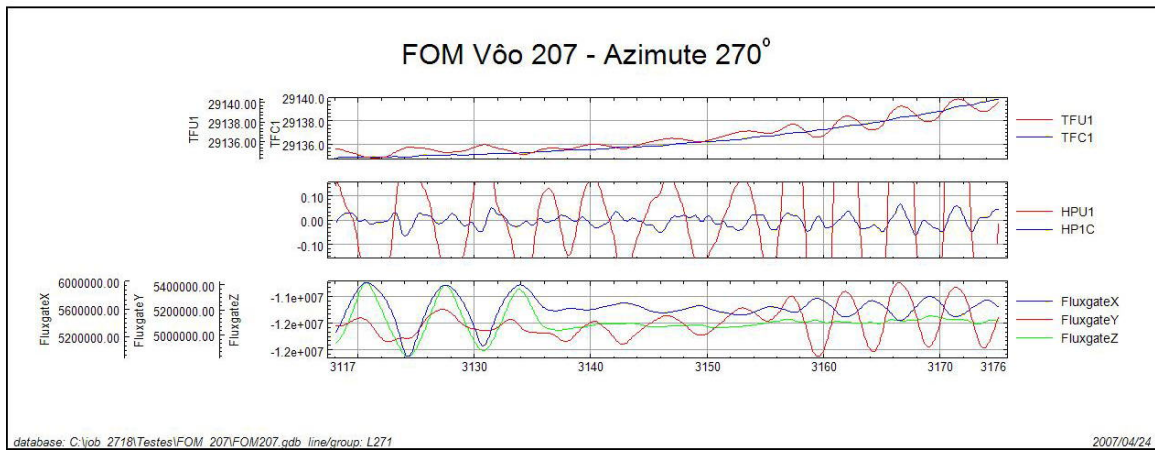
Nº Job	2718
Base	Boa Vista- RR
Aeronave	PT-FZN
Data	24/04/2007
Nº Vôo	207

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,10	0,08	0,30	0,48
181	180°	0,07	0,04	0,15	0,26
271	270°	0,05	0,06	0,09	0,20
361	360°	0,16	0,04	0,08	0,28
<b>TOTAL</b>					<b>1,22</b>





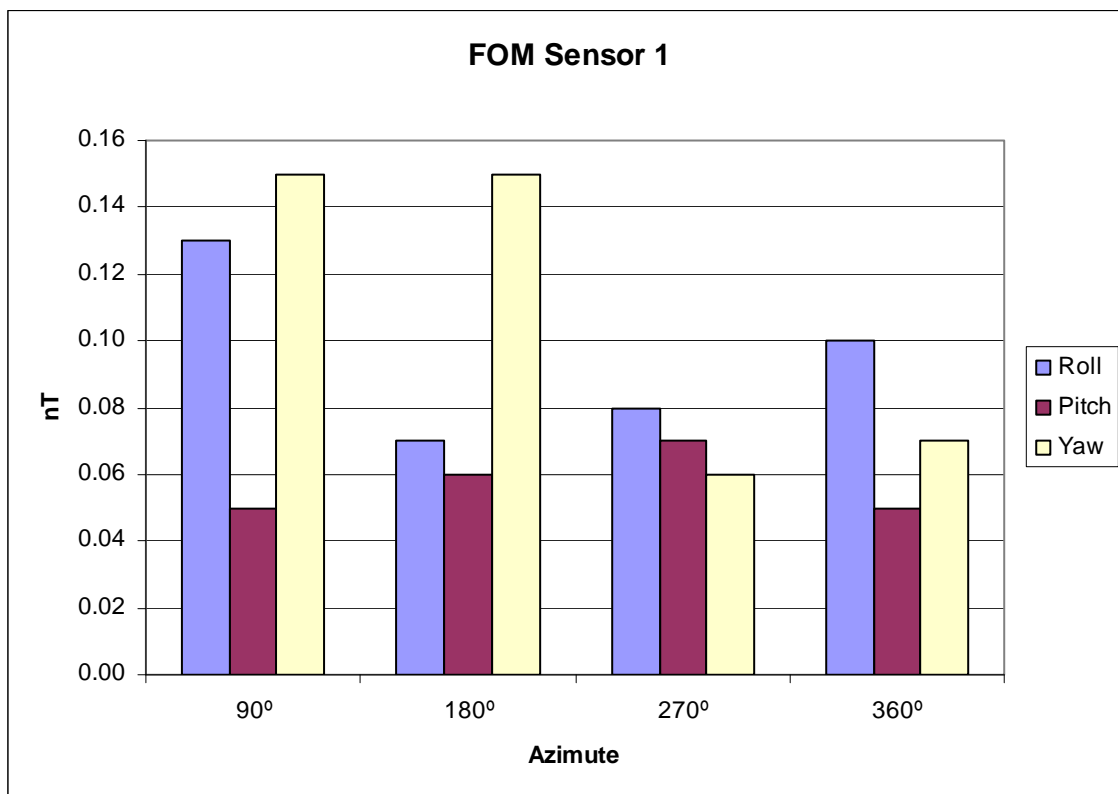


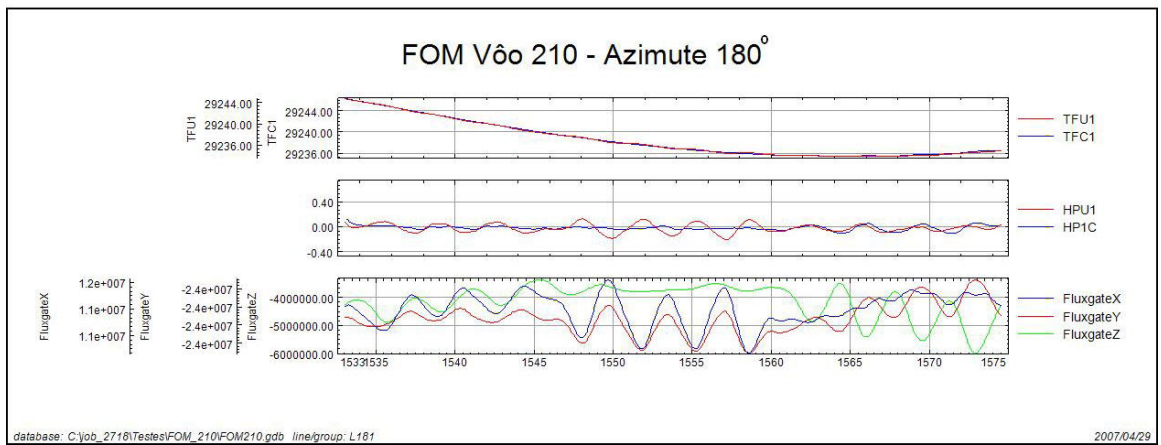
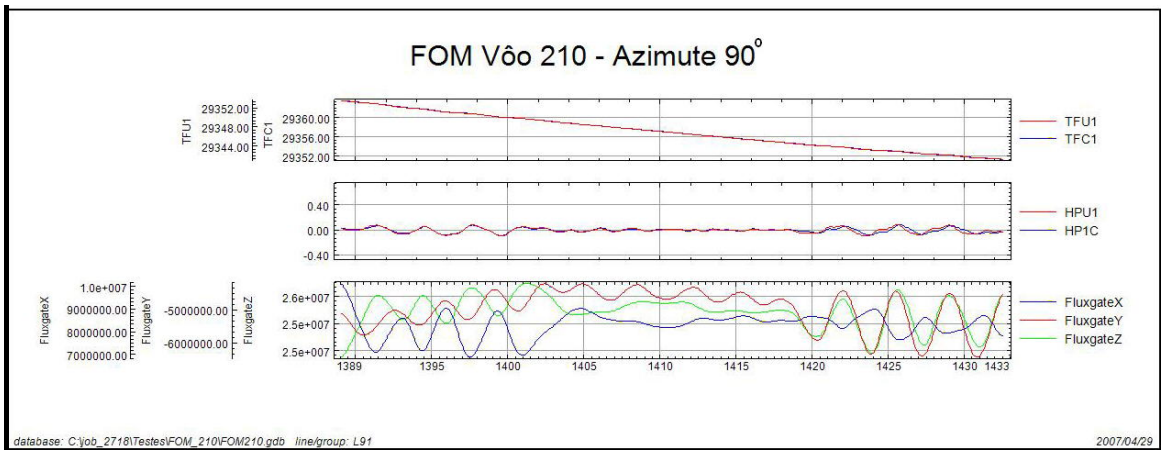


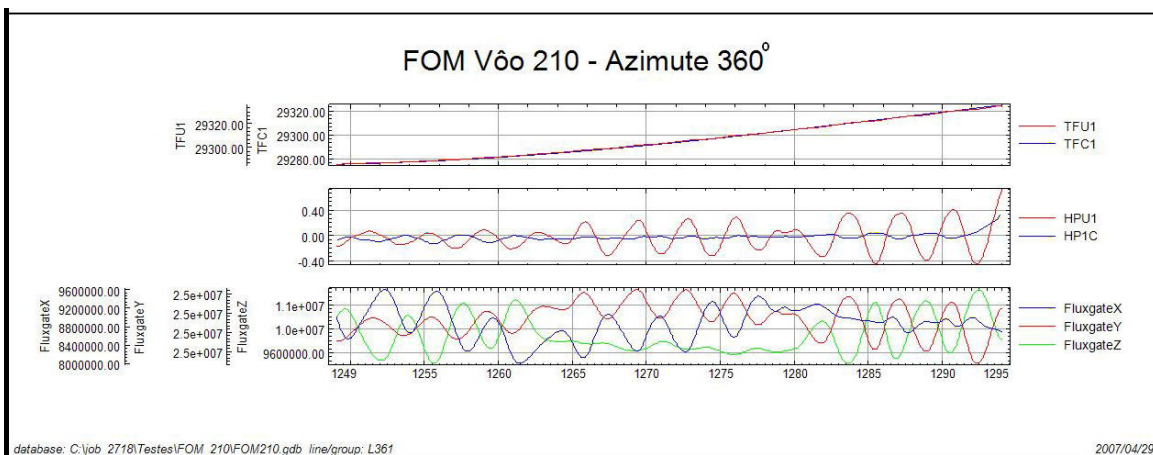
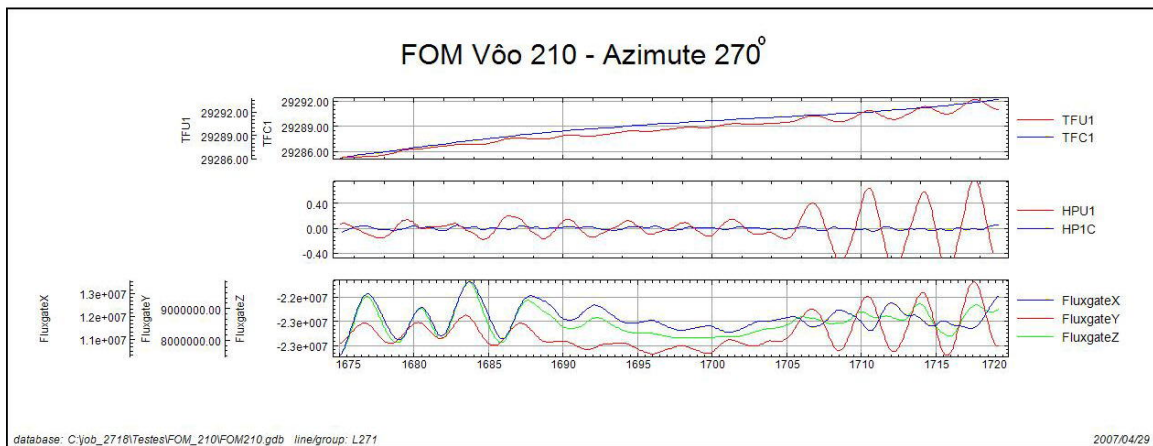
*TFU1 – Campo Magnético Total não compensado*  
*TFC1 – Campo Magnético Total compensado*  
*HPU1 – Filtro passa-alta (2 s) sobre o Campo Magnético Total não compensado*  
*HPIC – Filtro passa-alta (2 s) sobre o Campo Magnético Total compensado*  
*FluxgateX – Componente X da Fluxgate*  
*FluxgateY –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

Nº Job	2718
Base	Boa Vista- RR
Aeronave	PT-FZN
Data	29/04/2007
Nº Vôo	210

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,13	0,05	0,15	0,33
181	180°	0,07	0,06	0,15	0,28
271	270°	0,08	0,07	0,06	0,21
361	360°	0,10	0,05	0,07	0,22
<b>TOTAL</b>					<b>1,04</b>



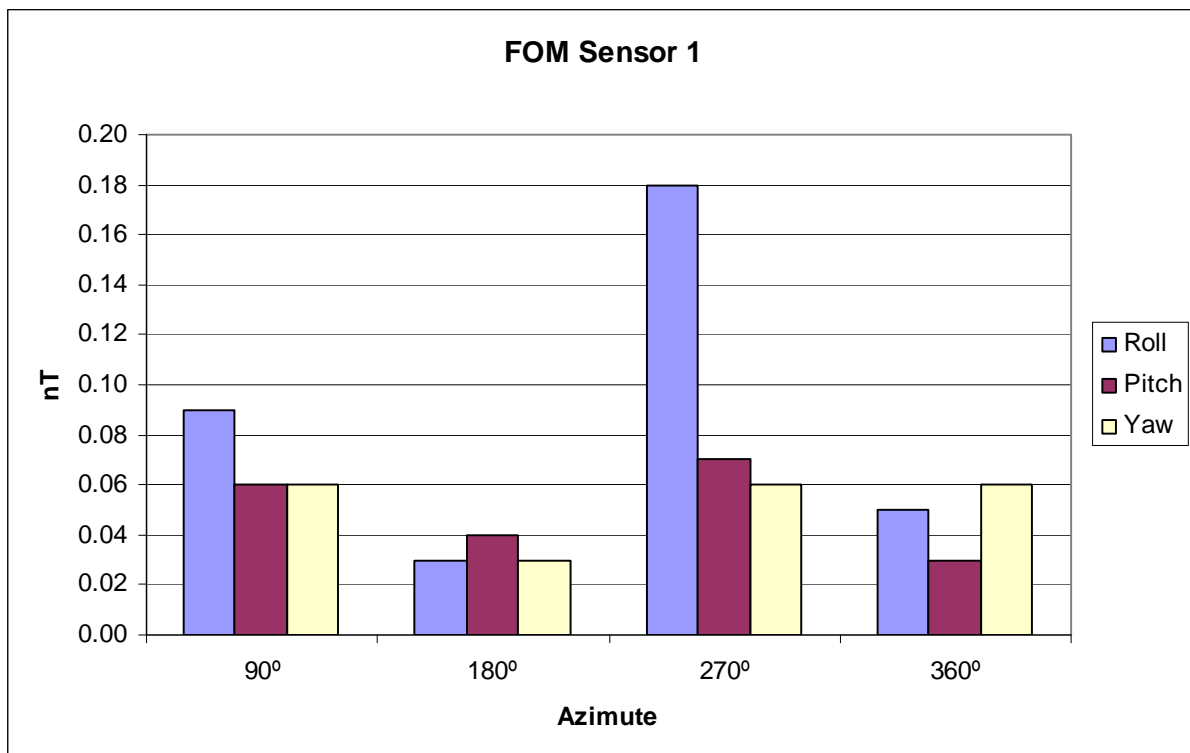


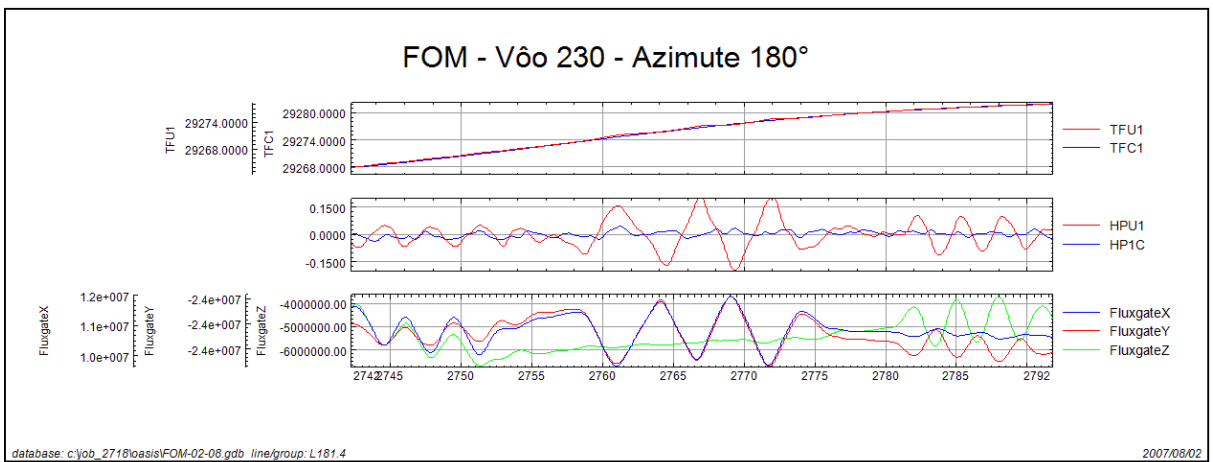
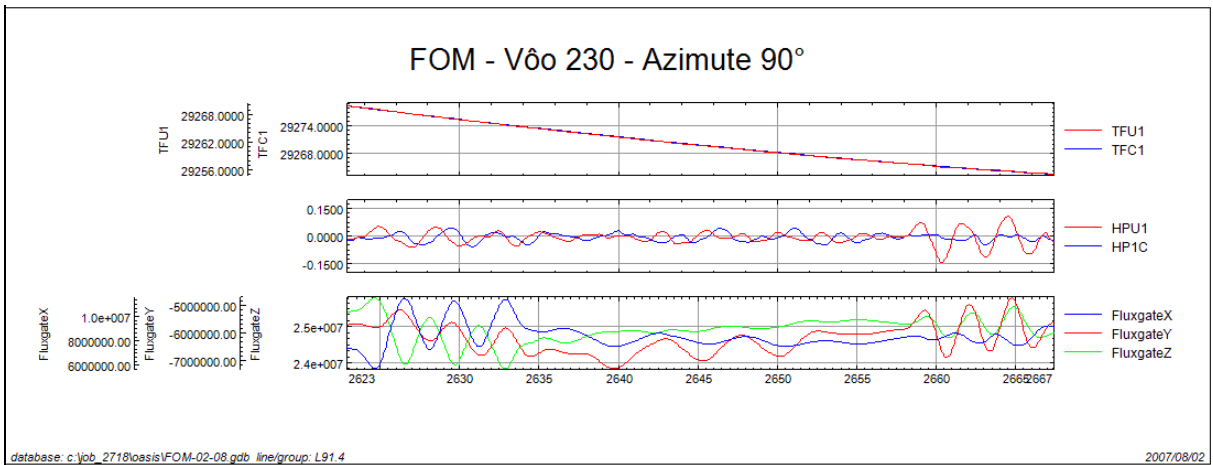


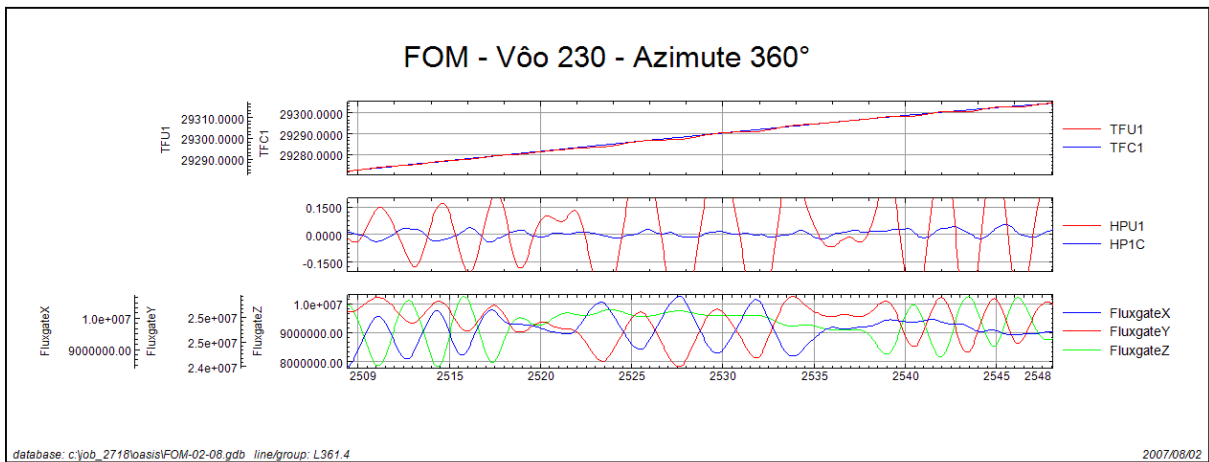
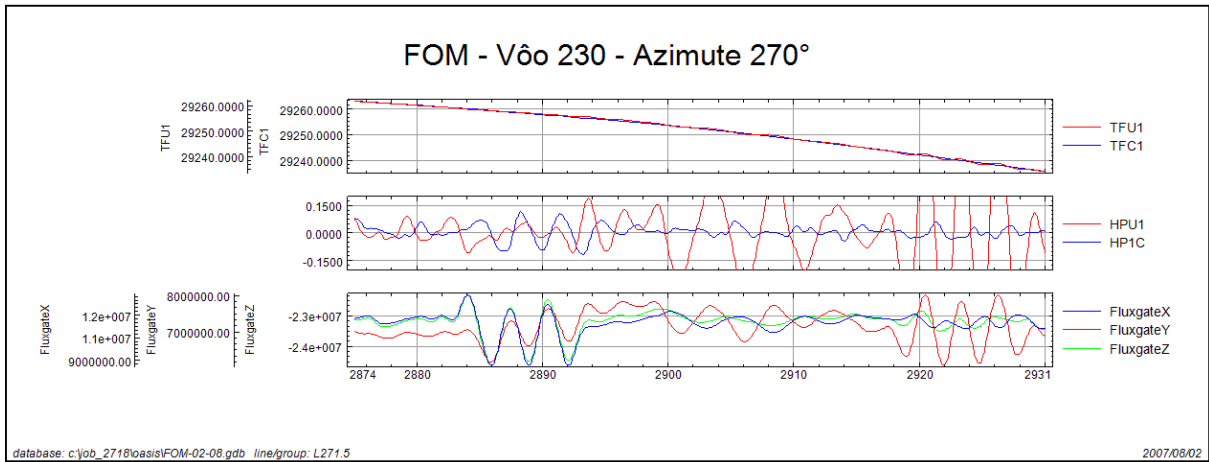
*TFU1 – Campo Magnético Total não compensado*  
*TFC1 – Campo Magnético Total compensado*  
*HPU1 – Filtro passa-alta (2 s) sobre o Campo Magnético Total não compensado*  
*HP1C – Filtro passa-alta (2 s) sobre o Campo Magnético Total compensado*  
*FluxgateX – Componente X da Fluxgate*  
*FluxgateY –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

Nº Job	2718
Base	Boa Vista-RR
Aeronave	PT-FZN
Data	02/08/2007
Nº Voo	230

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,09	0,06	0,06	0,21
181	180°	0,03	0,04	0,03	0,10
271	270°	0,18	0,07	0,06	0,31
361	360°	0,05	0,03	0,06	0,14
<b>TOTAL</b>					<b>0,76</b>







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

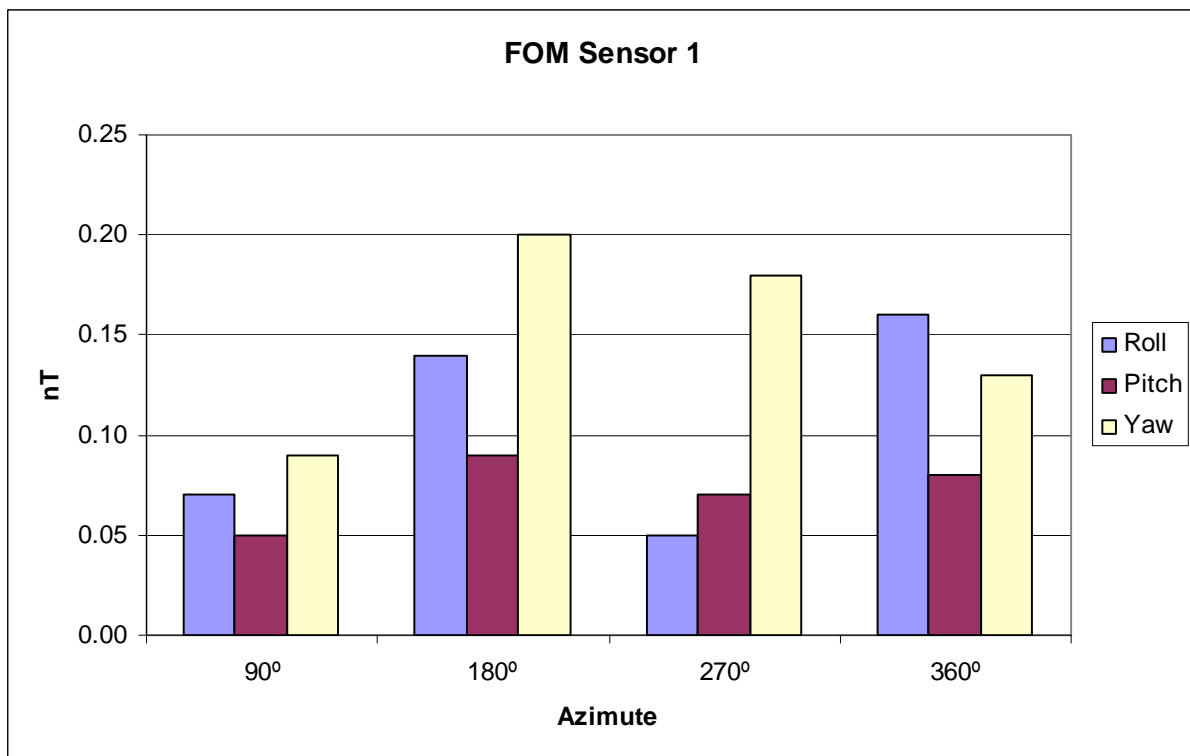
**Anexo II-b.2 – Compensação Magnética**

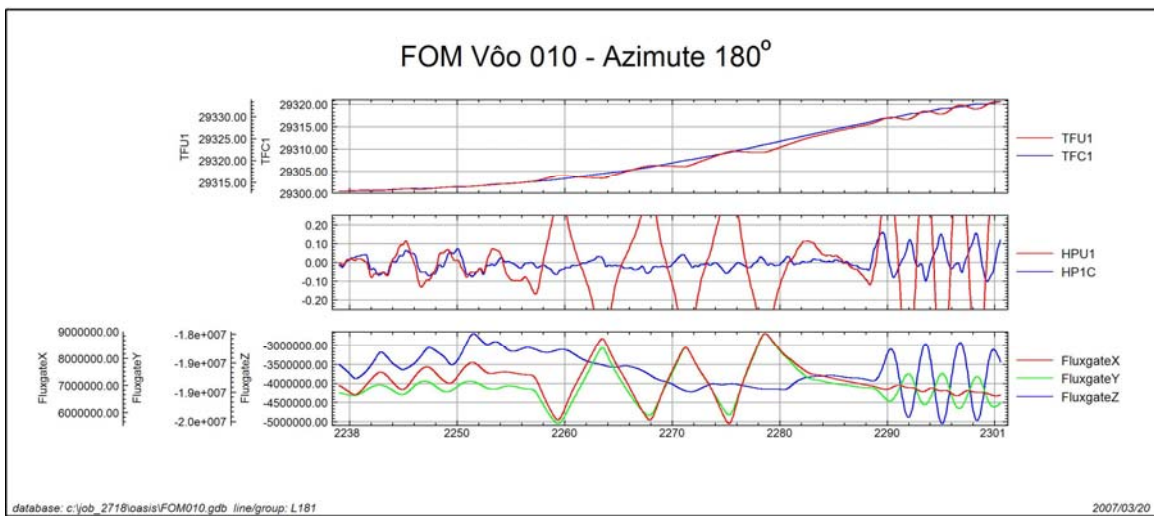
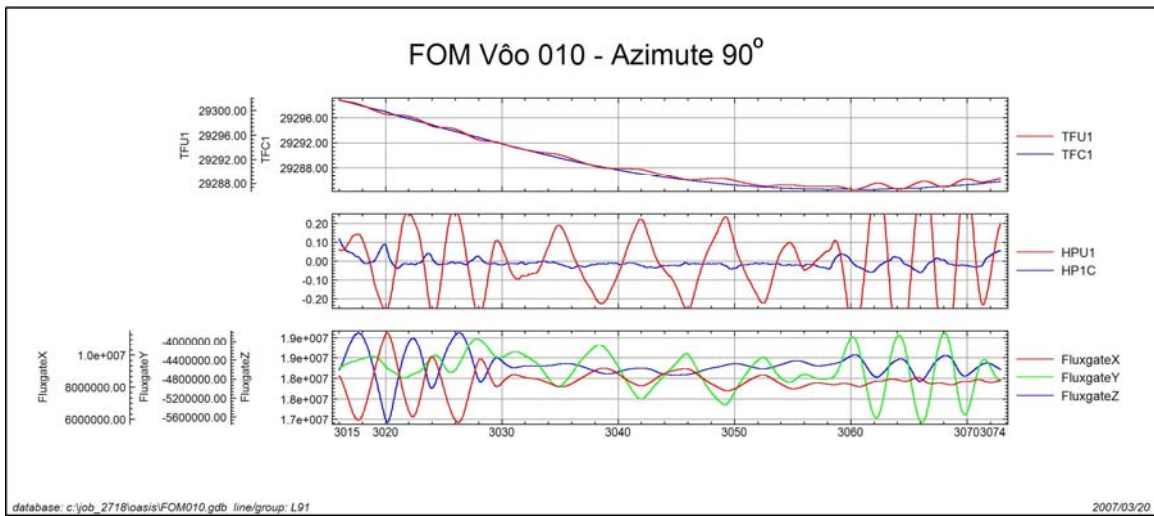
**PR-FAG**

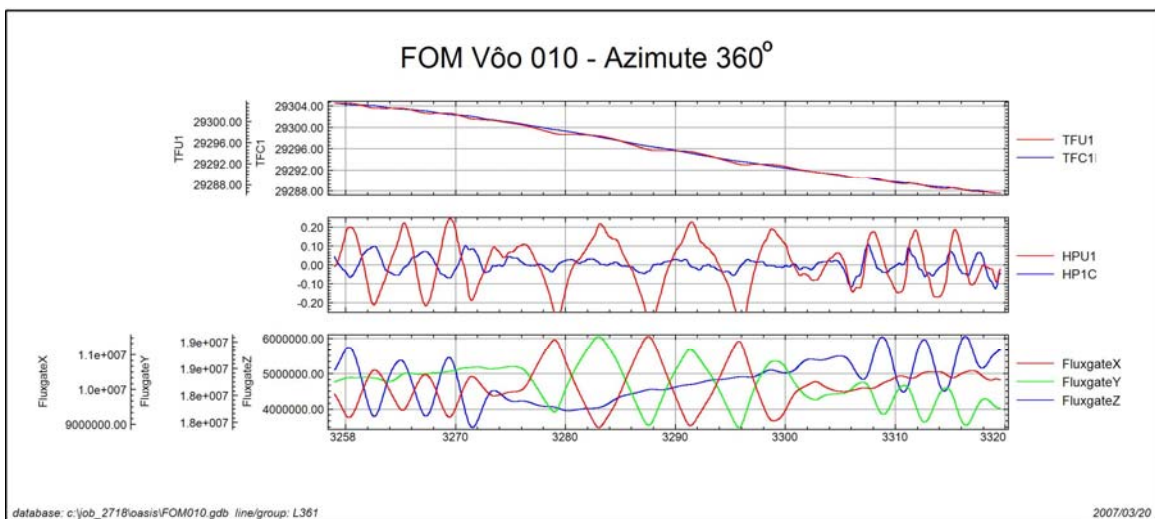
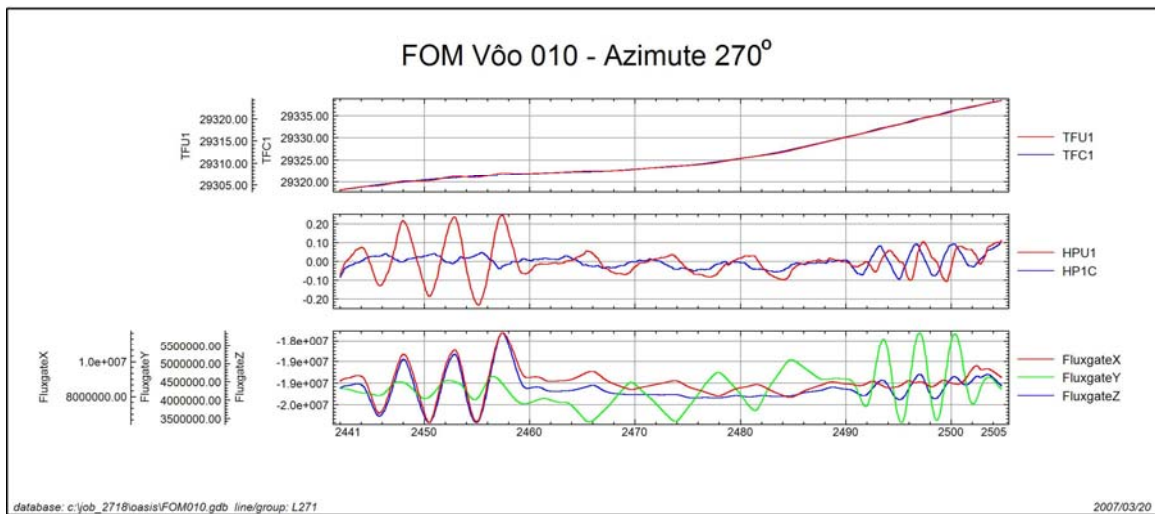


Nº Job	2718
Base	Boa Vista- RR
Aeronave	PR-FAG
Data	20/03/2007
Nº Voo	10

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,07	0,05	0,09	0,21
181	180°	0,14	0,09	0,20	0,43
271	270°	0,05	0,07	0,18	0,30
361	360°	0,16	0,08	0,13	0,37
<b>TOTAL</b>					<b>1,31</b>







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

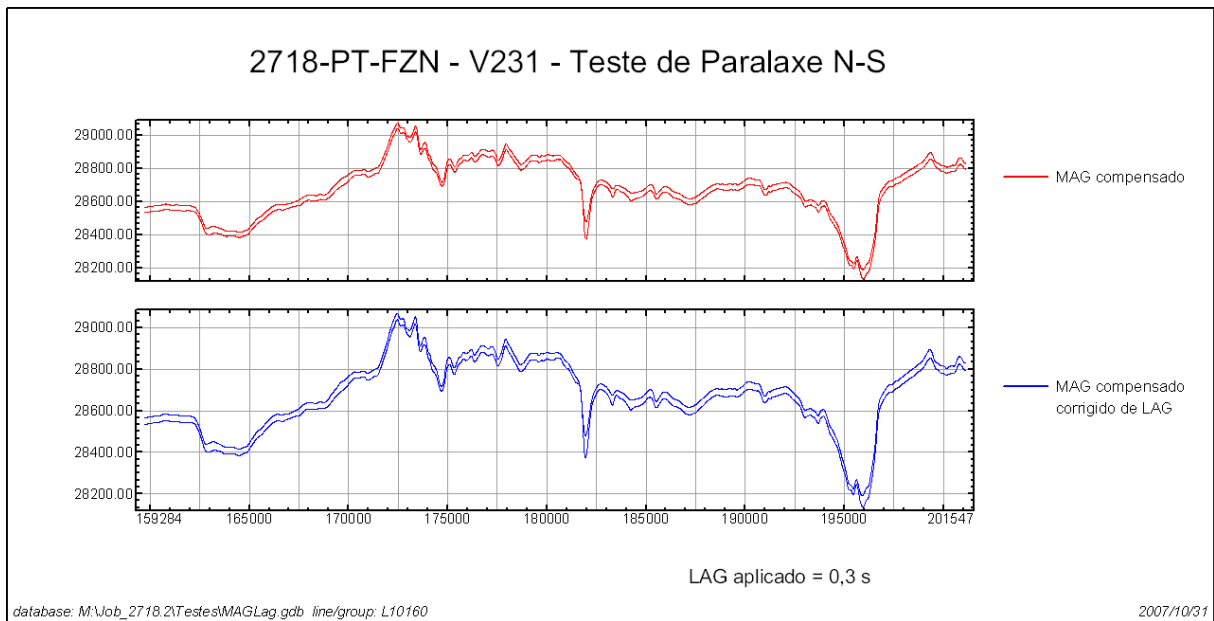
## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

### **Anexo II-c – Teste de Paralaxe**

**Anexo II-c.1– Teste de Paralaxe**

**PT-FZN**

Projeto	2718
Base	Boa Vista, RR
Aeronave	PT-FZN
Data	04/08/2007
Vôo	231



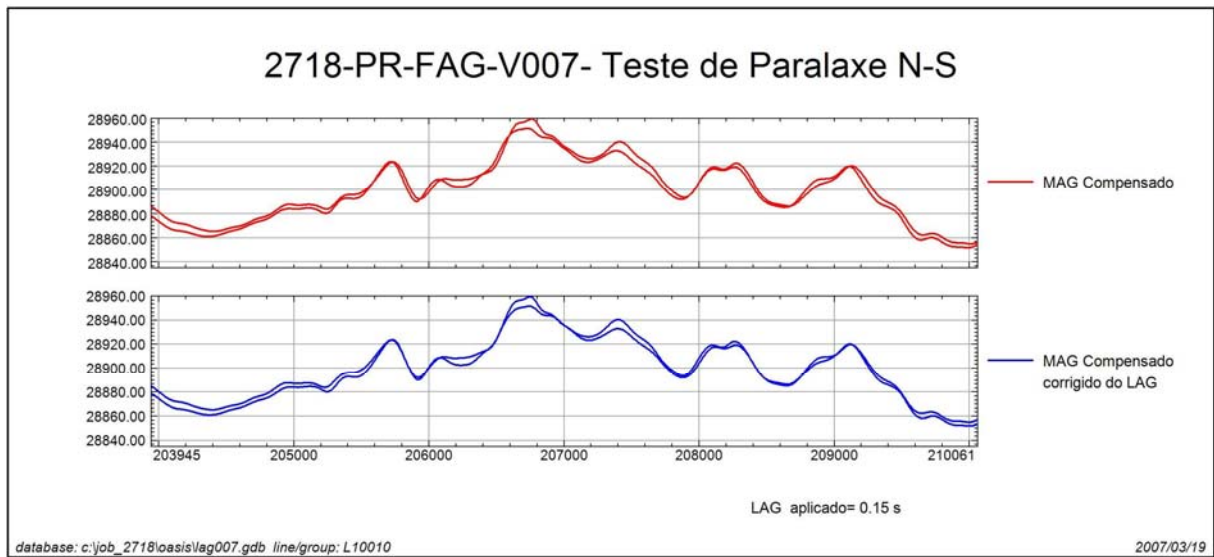
MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

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

**Anexo II-c.2– Teste de Paralaxe**

**PR-FAG**

Projeto	2718
Base	Boa Vista, RR
Aeronave	PR-FAG
Data	18/03/2007
Vôo	007



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,15 segundo)



## **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 compõe o acervo do Projeto Aerogeofísico Anauá.

Um total de 1 DVD-ROM e 1 CD-ROM compõe 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 - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> - Arquivos com as Articulações da Folhas 1:100.000 e 1:250.000 (PDF) - Arquivos de Plotagem HPGL - Arquivo de Metadados do Projeto - Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000 e 1:250.000 <i>Geosoft</i> PLY - Arquivos XYZ – Magnetometria e Gamaespectrometria

#### **Estrutura dos Arquivos de Mapas:**

- A codificação para os arquivos de mapas é apresentada a seguir, onde o asterisco presente refere-se à codificação das folhas:

1077\_\*\_1DV = 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1077\_\*\_Mag = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1077\_\*\_Sinal = Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1077\_\*\_MDT = Modelo Digital do Terreno

1077\_\*\_CT = Contagem Total ( $\mu\text{R/h}$ )

1077\_\*\_Kperc = Potássio (%)

1077\_\*\_eU = Urânio (ppm)

1077\_\*\_eTh = Tório (ppm)

1077\_\*\_ThKRAZAO = Razão Tório/Potássio

1077\_\*\_UThRAZAO = Razão Urânio/Tório

1077\_\*\_UKRAZAO = Razão Urânio/Potássio

1077\_\*\_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)

1077\_\*\_PATH = Traços das Linhas de Vôo

#### **Exemplos:**

1077\_NA21YA1\_Mag.MAP – *Geosoft* MAP da Folha NA.21-Y-A-I Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

1077\_NA21YC\_Sinal.MAP – *Geosoft* MAP da Folha NA.21-Y-C Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

1077\_ThK.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 1077 em todos os arquivos corresponde ao n°. do projeto na Base Aero da CPRM.

Relação dos Arquivos: georeferenciados à zona UTM 21N (Meridiano Central 57° WGr)

**Arquivos de GRIDS:**

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1077_Mag.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1077_1DV.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1077_Sinal.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1077_CT.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	µR/h
1077_Kperc.grd	Concentração de Potássio	%
1077_eU.grd	Concentração de Urânio	ppm
1077_eTh.grd	Concentração de Tório	ppm
1077_ThKRAZAO.grd	Razão Tório/Potássio	-
1077_UKRAZAO.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1077_UTHRAZAO.grd	Razão Urânio/Tório	-
1077_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m

**Arquivos de Banco de Dados GDB:**

Arquivo	Conteúdo
1077_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1077_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1077_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1077_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1077_Gama256.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up</i> e <i>down</i> .

**Arquivos de Banco de Dados XYZ :**

Arquivo	Conteúdo
1077_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1077_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1077_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1077_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

**Arquivos de Cruzamentos :**

Arquivo	Conteúdo
1077_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

**Arquivos de Poligonais :**

<b>Arquivo</b>	<b>Conteúdo</b>
NA21YA1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-A-I
NA21YA2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-A-II
NA21YA4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-A-IV
NA21YA5.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-A-V
NA21YA6.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-A-VI
NA21YC1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-C-I
NA21YC2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-C-II
NA21YC3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-A-III
NA21YA.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-A
NA21YC.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Y-C

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 ANAUÁ**  
**FORMATO DIGITAL DOS DADOS RADIOMÉTRICOS PARA AS**  
**LINHAS DE VÔO**

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE VÔO - LINES)

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	LINE	NÚMERO DA LINHA	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95																																																																																																																											
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	X	COORDENADA UTM LESTE (m)	F10.0	Y	COORDENADA UTM NORTE (m)	F10.0	Z1	FIDUCIAL	Z2	GPSALT (ALTITUDE GPS) (m)	F8.2	Z3	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m)	F8.2	Z4	ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m)	F8.2	Z5	MDT (m)	F8.2	Z6	CTB (CPS)	F8.0	Z7	KB (CPS)	F8.0	Z8	UB (CPS)	F8.0	Z9	THB (CPS)	F8.0	Z10	UIJP (CPS)	F8.0	Z11	LIVE_TIME (ms)	F8.0	Z12	COORDENADA COSMICO (RAD COSMICA) (CPS)	F8.0																																																																																																							
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO		Z13	TEMP °C	F8.2	Z14	CTCOR (CONT. TOT. CORR.) (CPS)	F8.3	Z15	KCOR (POTASSIO CORRIG.) (CPS)	F8.3	Z16	UCOR (URÂNIO CORRIGIDO) (CPS)	F8.3	Z17	THCOR (TÓRIO CORRIGIDO) (CPS)	F8.3	Z18	CTEXP (TAXA EXPOS. CT) (microRöntgen/h)	F8.3	Z19	KPERC (CONCENTR. DE K) %	F8.3	Z20	eU (CONCENTR. DE U) (PPM)	F8.3	Z21	eTh (CONCENTR. DE Th) (PPM)	F8.3	Z22	THRAZAO	Z23	URRAZAO	F8.3																																																																																																															
	Z24	LUTRAZAO	Z25	LONGITUDE	Z26	LATITUDE	Z27	DATA	Z28	HORA	Z29	HHMMSS (HHMMSS) (A10)	Z30	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z31	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z32	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z33	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z34	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z35	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z36	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z37	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z38	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z39	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z40	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z41	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z42	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z43	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z44	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z45	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z46	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z47	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z48	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z49	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z50	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z51	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z52	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z53	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z54	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z55	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z56	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z57	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z58	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z59	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z60	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z61	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z62	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z63	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z64	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z65	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z66	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z67	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z68	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z69	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z70	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z71	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z72	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z73	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z74	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z75	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z76	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z77	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z78	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z79	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z80	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z81	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z82	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z83	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z84	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z85	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z86	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z87	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z88	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z89	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z90	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z91	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z92	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z93	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z94	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)	Z95	AAAMMMDD (AAAMMMDD) (A10)



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

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
10010	205	2877.0	4832.0
10020	205	4971.0	6989.0
10030	205	7157.0	9088.0
10040	205	9225.0	11233.0
10050	205	11405.0	13334.0
10060	205	13474.0	15467.0
10070	208	2329.0	4190.0
10080	208	4349.0	6432.0
10090	209	2502.0	4413.0
10100	209	4587.0	6566.0
10110	211	2402.0	4328.0
10120	211	4489.0	6466.0
10130	212	2897.0	4785.0
10140	212	4984.0	7056.0
10150	212	7602.0	9512.0
10160	212	9779.0	11567.0
10161	231	8220.0	8997.0
10170	213	3644.0	5536.0
10180	213	5720.0	7726.0
10190	213	7936.0	9820.0
10200	213	10026.0	12050.0
10210	214	3160.0	5119.0
10220	214	5327.0	7311.0
10230	214	7712.0	9659.0
10240	214	9881.0	11865.0
10250	231	3394.0	4609.0
10251	231	7000.0	7966.0
10260	231	4795.0	6753.0
10270	232	4896.0	6238.0
10271	233	2330.0	3024.0
10280	232	2700.0	4697.0
10290	232	6575.0	7813.0
10291	234	9066.0	10002.0
10300	232	8094.0	8883.0
10301	234	7147.0	8507.0
10310	234	2807.0	4771.0
10320	234	4949.0	6952.0
10330	234	10244.0	10819.0
10331	236	2577.0	4169.0
10340	233	9338.0	11347.0
10350	233	7182.0	9141.0
10360	233	4811.0	6792.0
10370	232	9135.0	10056.0
10371	233	3404.0	4599.0
10380	235	2514.0	4502.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
10390	235	4679.0	6698.0
10400	235	6953.0	8902.0
10410	235	9074.0	11053.0
10420	236	4292.0	6293.0
10430	236	6470.0	7539.0
10431	238	8425.0	9497.0
10440	236	7701.0	8797.0
10441	240	6291.0	7262.0
10450	238	2428.0	4414.0
10460	238	4617.0	6581.0
10470	238	7725.0	8194.0
10471	239	8645.0	10050.0
10472	238	6839.0	6973.0
10480	238	9675.0	11438.0
10482	238	7201.0	7304.0
10490	239	2715.0	4458.0
10492	238	7498.0	7630.0
10500	239	4675.0	6435.0
10510	239	6679.0	8398.0
10520	239	10561.0	11254.0
10521	240	4852.0	5953.0
10530	239	11487.0	12174.0
10531	244	6703.0	7854.0
10540	240	2974.0	4682.0
10550	240	7396.0	9167.0
10560	242	3057.0	4128.0
10561	244	5687.0	6528.0
10570	242	4280.0	5333.0
10571	244	4764.0	5556.0
10580	243	2626.0	3967.0
10581	245	4614.0	5083.0
10590	243	4185.0	5474.0
10591	245	5381.0	5829.0
10600	242	10995.0	12701.0
10610	242	9141.0	10801.0
10620	242	7307.0	8914.0
10630	242	5563.0	7146.0
10640	243	5774.0	7382.0
10650	243	7566.0	8754.0
10651	244	8148.0	8702.0
10660	244	2810.0	4408.0
10670	244	8899.0	9831.0
10671	245	6125.0	6861.0
10680	244	9970.0	10889.0
10681	245	7146.0	7853.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
10690	245	2907.0	4490.0
10700	245	8016.0	9577.0
10710	246	3142.0	4321.0
10711	253	4943.0	5399.0
10720	246	4597.0	5713.0
10721	253	5827.0	6281.0
10730	247	2878.0	4383.0
10740	247	4541.0	6089.0
10750	247	6360.0	7878.0
10760	246	6026.0	6789.0
10761	253	6380.0	7205.0
10770	247	8070.0	9604.0
10780	249	3208.0	4754.0
10790	249	4960.0	6497.0
10800	249	6704.0	8224.0
10810	249	8470.0	9672.0
10811	249	10110.0	10452.0
10820	249	10721.0	12236.0
10830	249	12392.0	13873.0
10840	251	3037.0	4550.0
10850	251	4706.0	6213.0
10860	251	6795.0	7544.0
10861	253	8535.0	9360.0
10870	251	7788.0	8499.0
10871	253	7527.0	8322.0
10880	253	9706.0	10726.0
10881	254	12493.0	12929.0
10890	253	4218.0	4776.0
10891	254	11267.0	12348.0
10892	258	3488.0	3875.0
10900	253	10856.0	11299.0
10901	254	9970.0	11042.0
10910	254	3620.0	4801.0
10911	255	13467.0	13927.0
10920	254	4955.0	6154.0
10921	255	12823.0	13327.0
10930	254	6672.0	8147.0
10940	254	8298.0	9821.0
10950	254	13160.0	13643.0
10951	255	11333.0	12395.0
10960	255	3124.0	4582.0
10970	255	4739.0	6301.0
10980	255	6482.0	7942.0
10990	255	8072.0	9617.0
11000	255	9768.0	11201.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
11010	257	3266.0	4712.0
11020	257	4852.0	6328.0
11030	257	6491.0	7902.0
11040	257	8113.0	9556.0
11050	257	9758.0	11167.0
11060	257	11302.0	12749.0
11070	258	4100.0	5492.0
11080	258	5628.0	7079.0
11090	258	7303.0	8690.0
11100	258	8819.0	10238.0
11110	258	10427.0	11799.0
11120	258	11918.0	13303.0
11130	259	5032.0	6431.0
11140	259	8029.0	9407.0
11150	260	6314.0	7716.0
11160	263	5136.0	6516.0
11170	263	6698.0	8031.0
11180	263	8191.0	9535.0
11190	263	9709.0	11011.0
11200	259	3584.0	4906.0
11210	259	6568.0	7886.0
11220	259	9551.0	10351.0
11221	260	4661.0	5292.0
11230	259	10512.0	11297.0
11231	260	5583.0	6169.0
11240	260	3228.0	4503.0
11250	260	7883.0	8404.0
11251	261	4700.0	5560.0
11260	260	8631.0	9171.0
11261	261	5981.0	6849.0
11270	261	3267.0	4548.0
11280	263	3714.0	4992.0
11290	264	3652.0	4897.0
11300	264	5076.0	6354.0
11310	264	6525.0	7741.0
11320	264	8072.0	9348.0
11330	264	9538.0	10715.0
11340	264	10868.0	12108.0
11350	265	3876.0	5074.0
11360	265	5205.0	6321.0
11361	265	6577.0	6799.0
11370	265	6980.0	8169.0
11380	265	8294.0	9536.0
11390	265	9703.0	10890.0
11400	265	11021.0	12244.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
11410	265	12424.0	13600.0
11420	265	13723.0	14917.0
11430	266	3670.0	4858.0
11440	266	4983.0	6172.0
11450	266	6354.0	7505.0
11460	266	7633.0	8826.0
11470	266	9004.0	10132.0
11480	266	10262.0	11448.0
11490	266	11601.0	12721.0
11500	266	12842.0	13998.0
11510	267	3915.0	5038.0
11520	267	5172.0	6305.0
11530	267	6510.0	7571.0
11540	267	7705.0	8807.0
11550	267	8978.0	10056.0
11560	267	10186.0	11282.0
11570	267	11452.0	12510.0
11580	267	12632.0	13694.0
11590	268	3986.0	5047.0
11600	268	5182.0	6279.0
11610	268	6450.0	7522.0
11620	268	7654.0	8762.0
11630	268	8913.0	9945.0
11640	268	10088.0	11171.0
11650	268	11339.0	12013.0
11651	270	7485.0	7937.0
11660	268	12239.0	12893.0
11661	270	8349.0	8789.0
11670	268	13054.0	13456.0
11671	271	9891.0	10622.0
11680	268	13586.0	14016.0
11681	271	10875.0	11617.0
11690	270	3892.0	4914.0
11700	270	5055.0	6133.0
11710	270	6294.0	7304.0
11720	270	11512.0	11698.0
11721	270	11803.0	12566.0
11722	272	4901.0	5176.0
11730	270	12734.0	13367.0
11731	271	11757.0	12366.0
11740	270	13487.0	14167.0
11741	271	12597.0	13211.0
11750	271	3889.0	4891.0
11760	271	5054.0	6115.0
11770	271	6376.0	7370.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
11780	271	7497.0	8546.0
11790	271	8744.0	9739.0
11800	271	13322.0	14337.0
11810	272	3903.0	4745.0
11811	272	5402.0	5735.0
11820	272	5854.0	6877.0
11830	272	7056.0	8050.0
11840	272	8220.0	9233.0
11850	272	9413.0	10404.0
11860	270	10397.0	11085.0
11861	272	10534.0	10908.0
11870	270	9106.0	10121.0
11880	272	11679.0	11984.0
11881	272	12102.0	12662.0
11882	273	7190.0	7451.0
11890	272	12881.0	13863.0
11900	272	13971.0	14947.0
11910	273	3973.0	4952.0
11920	273	5074.0	6079.0
11930	273	6266.0	7015.0
11931	273	7751.0	8116.0
11940	273	8253.0	9255.0
11950	273	9424.0	10378.0
11960	273	10488.0	11486.0
11970	273	11695.0	12642.0
11980	273	12765.0	13754.0
11990	274	4136.0	5104.0
12000	274	5245.0	6261.0
12010	274	6583.0	7537.0
12020	274	8019.0	9017.0
12030	274	9244.0	10181.0
12040	274	10311.0	11300.0
12050	40	13982.0	14962.0
12060	36	5015.0	5723.0
12061	40	15072.0	15363.0
12070	40	12872.0	13853.0
12080	40	11748.0	12746.0
12090	40	10484.0	11463.0
12100	40	9378.0	10372.0
12110	40	8319.0	9298.0
12120	40	7230.0	8232.0
12130	40	5984.0	6963.0
12140	40	4866.0	5886.0
12150	40	3645.0	4611.0
12160	39	14447.0	15466.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
12170	39	13350.0	14320.0
12180	39	12228.0	13234.0
12190	39	11126.0	12081.0
12200	39	10029.0	11021.0
12210	39	8949.0	9891.0
12220	39	7830.0	8846.0
12230	39	4945.0	5929.0
12240	39	3880.0	4800.0
12250	38	4048.0	4436.0
12251	39	7176.0	7727.0
12260	36	4361.0	4773.0
12261	39	6031.0	6536.0
12270	34	14454.0	15421.0
12280	34	13254.0	14135.0
12290	34	12076.0	13031.0
12300	34	10967.0	11832.0
12310	34	9773.0	10746.0
12320	34	8650.0	9551.0
12330	34	7484.0	8460.0
12340	34	6566.0	7223.0
12341	35	15795.0	16033.0
12350	34	5267.0	6163.0
12360	35	14538.0	15421.0
12370	35	13432.0	14287.0
12380	35	12308.0	13177.0
12390	35	11224.0	12057.0
12400	35	10074.0	10930.0
12410	35	8964.0	9781.0
12420	35	7829.0	8683.0
12430	35	6739.0	7547.0
12440	35	5671.0	6494.0
12450	35	4596.0	5407.0
12460	34	4301.0	5090.0
12470	32	15932.0	16762.0
12480	32	14944.0	15730.0
12490	32	13916.0	14716.0
12500	32	12941.0	13709.0
12510	32	11914.0	12695.0
12520	32	10877.0	11631.0
12530	32	9878.0	10655.0
12540	32	8846.0	9605.0
12550	32	7794.0	8579.0
12560	32	6792.0	7523.0
12570	32	5732.0	6504.0
12580	32	4710.0	5446.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
12590	31	15077.0	15822.0
12600	31	14097.0	14828.0
12610	31	13146.0	13890.0
12620	31	12174.0	12904.0
12630	31	11160.0	11907.0
12640	31	10211.0	10926.0
12650	31	9213.0	9957.0
12660	31	8247.0	8959.0
12670	31	5622.0	6343.0
12680	31	7280.0	8008.0
12690	30	11697.0	12448.0
12700	30	10725.0	11455.0
12710	30	9734.0	10483.0
12720	30	8749.0	9482.0
12730	30	7757.0	8532.0
12740	30	6777.0	7353.0
12741	31	6520.0	6697.0
12750	30	5784.0	6543.0
12760	30	4780.0	5510.0
12770	27	12754.0	13544.0
12780	27	12051.0	12669.0
12781	27	14179.0	14355.0
12790	27	11142.0	11768.0
12791	27	13620.0	13793.0
12800	27	10227.0	11045.0
12810	27	9330.0	10147.0
12820	27	8407.0	9249.0
12830	27	7407.0	8219.0
12840	27	6404.0	7233.0
12850	27	5467.0	6287.0
12860	25	13760.0	14575.0
12870	25	12874.0	13677.0
12880	25	11919.0	12800.0
12890	25	10937.0	11754.0
12900	25	10012.0	10858.0
12910	25	9098.0	9930.0
12920	25	8036.0	8950.0
12930	25	7043.0	7926.0
12940	25	5937.0	6857.0
12950	25	4932.0	5800.0
12960	24	8710.0	9639.0
12970	24	7723.0	8603.0
12980	24	6697.0	7620.0
12990	24	5701.0	6598.0
13000	24	4648.0	5589.0



<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fiducial Início</b>	<b>Fiducial Final</b>
13010	23	11163.0	12056.0
13020	23	10075.0	11019.0
13030	24	3612.0	4560.0
13040	24	2462.0	3422.0
13050	23	12166.0	12633.0
13051	23	13130.0	13633.0
13060	23	9020.0	9640.0
13061	24	1958.0	2258.0
13070	23	7906.0	8876.0
13080	23	6832.0	7763.0
13090	22	5922.0	6648.0
13091	23	6466.0	6700.0
13100	21	5635.0	6578.0
13110	19	8601.0	9566.0
13120	19	9709.0	10655.0
13130	19	11897.0	12486.0
13131	20	6933.0	7291.0
13140	19	10818.0	11759.0
13150	20	8100.0	9042.0
13160	20	9190.0	10119.0
13170	20	10345.0	11264.0
13180	20	11471.0	11940.0
13181	20	14615.0	15069.0
13190	20	13552.0	14464.0
13200	20	12529.0	13421.0
13210	19	7399.0	8320.0
13220	18	11787.0	12760.0
13230	18	10715.0	11676.0
13240	18	9650.0	10582.0
13250	18	8571.0	9527.0
13260	18	7497.0	8447.0
13270	16	7013.0	7612.0
13271	18	6982.0	7340.0
13280	16	5943.0	6897.0
13290	14	11211.0	12133.0

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fiducial Início</b>	<b>Fiducial Final</b>
13300	14	10114.0	11007.0
13310	14	9014.0	9965.0
13320	14	7938.0	8840.0
13330	14	6844.0	7782.0
13340	14	5318.0	6208.0
13350	14	4225.0	5158.0
13360	14	3138.0	4037.0
19010	19	4413.0	5695.0
19011	19	6083.0	7138.0
19020	17	6874.0	9186.0
19030	17	4349.0	6647.0
19040	18	3730.0	5643.0
19041	18	13354.0	13786.0
19050	16	8013.0	10176.0
19051	17	3494.0	3685.0
19060	16	3215.0	5581.0
19070	14	455.0	2058.0
19072	14	2292.0	2630.0
19080	14	12730.0	14132.0
19090	13	8659.0	9721.0
19100	13	7542.0	8455.0
19110	13	6411.0	6965.0
19111	18	15025.0	15291.0
19120	13	4808.0	5465.0
19130	13	10690.0	11158.0
19140	13	3745.0	4139.0
19150	13	2634.0	2958.0
19155	31	2634.0	2984.0
19160	13	3135.0	3455.0