



**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 ESPÍRITO SANTO**

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

**VOLUME I**

**TEXTO TÉCNICO**

**2010**

**PROSPECTORS AEROLEVANTAMENTOS E SISTEMAS LTDA**



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

Edison Lobão  
Ministro de Estado

Márcio Pereira Zimmermann  
Secretário Executivo

Cláudio Scliar  
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

**CPRM – Serviço Geológico do Brasil**

Agamenon Sérgio Lucas Dantas  
Diretor-Presidente

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

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

José Ribeiro Mendes  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT

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

Inácio de Medeiros Delgado  
Departamento de Geologia – DEGEO

Maria Laura Vereza de Azevedo  
Divisão de Geofísica – DIGEOF

**Superintendências Regionais**

Manfredo Ximenes Ponte  
Superintendente de Belém

Marcelo de Araújo Vieira  
Superintendente de Belo Horizonte

Maria Abadia Camargo  
Superintendente de Goiânia

Marco Antonio de Oliveira  
Superintendente de Manaus

José Alcides Fonseca Ferreira  
Superintendente de Porto Alegre

José Wilson de C. Temoteo  
Superintendente de Recife

Ivanaldo Vieira Gomes da Costa  
Superintendente de Salvador

José Carlos Garcia Ferreira  
Superintendente de São Paulo

## APRESENTAÇÃO

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

No âmbito do Ministério de Minas e Energia e sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM/MME), compete a 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, em 19 de Agosto de 2009, celebrou com a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda o contrato no 045/PR/09 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Espírito Santo*, o qual localiza-se em sua grande maioria no Estado do Espírito Santo na região sudeste do Brasil.

Para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas duas aeronaves Piper Navajo PA31-350, prefixo PR-PEC e PR-PRS, de propriedade da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda, as quais realizaram o projeto no período de 05/09/2009 a 18/01/2010 totalizando 124.236,00 km de perfis.

Como base de operações para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a cidade de Guarapari no estado do Espírito Santo. Foram usados magnetômetros de bombeamento ótico de vapor de césio da Geometrics, modelo G822-A, e gamaespectrômetro da RADIATION SOLUTIONS, modelo RS-500, de 1024 canais espectrais, sistema de navegação GPS com receptores de 12 canais da marca AG-NAV, modelo Gold (PR-PEC) e Guia (PR-PRS).

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 674,11 horas de vôo, que resultaram no levantamento efetivo de 124.236,00 km de perfis aprovados pela fiscalização da CPRM em uma área de cerca de 58.346 km<sup>2</sup>. O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de Fevereiro a Agosto de 2010.

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

- Escala 1:100.000: Mapas de Contorno do Campo Magnético Total reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico), de Contorno Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio, Tório) e Radiométrico das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K, juntamente com os mapas de Traço de Vôo.

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

Completando os produtos finais, estão sendo também entregues os arquivos digitais referentes aos metadados, os arquivos XYZ (perfis) e em malhas (*grids*), estes últimos no tamanho de 125 x 125 m, 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 1 do Relatório Final do projeto em formato PDF, todos os arquivos gravados em DVD-ROM e CD-ROM.



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

### **PROJETO AEROGEOFÍSCO ESPÍRITO SANTO**

#### **ÍNDICE DOS VOLUMES**

##### **VOLUME I    TEXTO TÉCNICO E ANEXOS**

##### **VOLUME II    ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. II.1: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. II.2: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folhas 17 a 31)

##### **VOLUME III    ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. III.1: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. III.2: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folhas 17 a 31)

##### **VOLUME IV    ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. IV.1: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. IV.2: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME V ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. V.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. V.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME VI ANEXOS – ESCALA 1:100.00**

- Vol. VI.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. VI.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME VII ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. VII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. VII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME VIII ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. VIII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. VIII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME IX ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. IX.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. IX.2: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME X ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. X.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. X.2: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME XI ANEXOS – ESCALA 1:100.000**

- Vol. XI.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.  
(Folhas 1 a 16)
- Vol. XI.2: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.  
(Folhas 17 a 31)

**VOLUME XII ANEXOS – ESCALA 1:250.000**

- Vol. XII.1: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)  
(Folha I a VIII)
- Vol. XII.1: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folha I a VIII)
- Vol. XII.2: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folha I a VIII)

**VOLUME XIII ANEXOS – ESCALA 1:250.000**

- Vol. XIII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.  
(Folha I a VIII)
- Vol. XIII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.  
(Folha I a VIII)
- Vol. XIII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.  
(Folha I a VIII)
- Vol. XII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.  
(Folha I a VIII)

**VOLUME XIV ANEXOS – ESCALA 1:250.000**

- Vol. XIV.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.  
(Folha I a VIII)
- Vol. XIV.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.  
(Folha I a VIII)
- Vol. XIV.2: MAPA RADIOMÉTRICA DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.  
(Folha I a VIII)

**VOLUME XV ANEXOS – ESCALA 1:500.000**

- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folha única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folha única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.  
(Folha única)
- MAPA DO MODELO DIGITAL DO TERRENO.  
(Folha única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO TERNÁRIA DE POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO.  
(Folha única)

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

**PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO**

VOLUME I – TEXTO TÉCNICO

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. AQUISIÇÃO DE DADOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Características do Levantamento.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Equipamentos Utilizados.....</b>	<b>5</b>
2.2.1. Aeronave .....	6
2.2.2. Aeromagnetômetros .....	6
2.2.3. Aerogamaespectrômetros.....	7
2.2.4. Sistema de Aquisição de Dados .....	7
2.2.5. Sistema de vídeo .....	8
2.2.6. Altimetros.....	9
2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento .....	9
2.2.8. Magnetômetro Terrestre.....	9
<b>2.3. Planejamento e Mobilização .....</b>	<b>10</b>
2.3.1. Elaboração do Plano do vôo.....	10
2.3.2. Estatísticas das Operações .....	12
2.3.3. Mapa do Projeto de Vôo .....	13
2.3.4. Testes dos Equipamentos .....	13
2.3.5. Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores ( <i>downward</i> e <i>upward</i> ) .....	22
2.3.6. Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i> .....	23
2.3.7. Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i> .....	25

<b>2.4. Compilação dos dados .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5. Equipe Técnica na Base de Operações.....</b>	<b>26</b>
<b>3. PROCESSAMENTO DE DADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1. Fluxo de Processamento .....</b>	<b>26</b>
3.1.1. Preparação do Banco de Dados do Levantamento .....	26
3.1.2. Processamento dos Dados Magnetométricos .....	27
3.1.2.1. Correção do Erro de Paralaxe .....	27
3.1.2.2. Remoção da Variação Magnética Diurna .....	27
3.1.2.3. Nivelamento dos Perfis .....	28
3.1.2.4. Micronivelamento dos Perfis .....	28
3.1.2.5. Remoção do IGRF .....	29
3.1.3. Processamento dos Dados Gamaespectrométricos .....	29
3.1.3.1. Correção do Tempo Morto .....	29
3.1.3.2. Aplicação de Filtragem .....	29
3.1.3.3. Correlação do Erro de Paralaxe .....	30
3.1.3.4. Cálculo da Altura Efetiva ( $h_c$ ) de Vôo .....	30
3.1.3.5. Remoção do <i>background</i> da Aeronave e Cósmico .....	30
3.1.3.6. Remoção do <i>Background</i> do Radônio .....	30
3.1.3.7. Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> ( $a_1$ e $a_2$ ) .....	32
3.1.3.8. Correção do Efeito <i>Compton</i> .....	32
3.1.3.9. Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica) .....	33
3.1.3.10. Conversão para Concentração de Elementos .....	33
3.1.4. Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K .....	34
<b>3.2. Interpolação e Contorno .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3. Arquivo Final de Dados.....</b>	<b>35</b>
<b>3.4. Equipe Envolvida no Processamento dos Dados.....</b>	<b>35</b>
<b>4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES.....</b>	<b>37</b>
<b>5. PRODUTOS FINAIS.....</b>	<b>37</b>

<b>5.1. Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF).....</b>	<b>42</b>
<b>5.2. Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem total.....</b>	<b>42</b>
<b>5.3. Mapa Radiométrico Ternário.....</b>	<b>42</b>
<b>5.4. Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K .....</b>	<b>43</b>
<b>5.5. Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno.....</b>	<b>43</b>
<b>5.6. Mapa de Traço de Linhas de Vôo .....</b>	<b>43</b>
<b>5.7. Relatório Final .....</b>	<b>43</b>
<b>5.8. Arquivos Digitais Finais .....</b>	<b>43</b>
<b>5.9. Arquivos Poligonais .....</b>	<b>46</b>
<b>5.10. Produtos Originais.....</b>	<b>46</b>
<b>6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.....</b>	<b>53</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</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-b** - Resultado do Teste dos Coeficientes de Espalhamento *Compton*.

**Anexo I-c** - Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico.

**Anexo I-d** - Determinação das Constantes de Calibração do Radônio.

**Anexo I-e** - Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes.

**Anexo I-f** – Atenuação Atmosférica – Resultados dos Testes.

### **ANEXO II** – Testes Contratuais

**Anexo II-a** - Teste de Altímetros

**Anexo II-b** - Compensação Magnética

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

### **ANEXO III** – Quadros Sinópticos das Operações de Campo

### **ANEXO IV** – Conteúdo do CD-ROM e dos DVDs-ROM

### **ANEXO V** – Formato de Gravação dos Dados do Projeto

### **ANEXO VI** – Listagem das Linhas Aprovadas e Utilizadas no Processamento

## ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 – Localização da Área do projeto Aerogeofísico.....	1
Figura 2 – Vértices do projeto e área de atuação da aeronave.....	2
Figura 3 – Aeronave Piper Navajo PA31-350 – PR-PEC.....	4
Figura 4 – Aeronave Piper Navajo PA31-350 – PR-PRS.....	4
Figura 5 – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base.....	10
Figura 6 – Mapa das linhas de vôo.....	11
Figura 7 – Gráfico da Estatística das Operações PR-PEC.....	12
Figura 8 – Gráfico da Estatística das Operações PR-PRS.....	13
Figura 9 – Movimentos de <i>Roll</i> , <i>Pitch</i> e <i>Yaw</i> .....	14
Figura 10 – Fluxograma do processamento de dados.....	36
Figura 11 – Cronograma Geral das Operações.....	37
Figura 12 – Articulação das folhas na escala 1:100.000.....	40
Figura 13 – Articulação das folhas na escala 1:250.000.....	41
Figura 14 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).....	47
Figura 15 – Mapa do sinal analítico do campo magnético total (reduzido do IGRF).....	48
Figura 16 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do canal de Contagem Total.....	49
Figura 17 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th).....	50
Figura 18 – Mapa Radiométrico da razão Tório / Potássio.....	51
Figura 19 – Mapa pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno.....	52

## ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas do Projeto. ....	3
Tabela 2 – Equipamentos Utilizados.....	6
Tabela 3 – Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes.....	7
Tabela 4 – Quilometragem Produzida e Área Levantada. ....	11
Tabela 5 – Estatística das Operações. ....	12
Tabela 6 – Divisão das Linhas por Aeronave. ....	13
Tabela 7 – Testes de Manobras – Aeronaves PR-PEC. ....	15
Tabela 8 - Testes de manobras – Aeronave PR-PRS. ....	15
Tabela 9 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas – PR-PEC. ....	17
Tabela 10 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas – PR-PRS.....	19
Tabela 11 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis. ....	23
Tabela 12 – Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i> . ....	23
Tabela 13 – <i>Background</i> das Aeronaves e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> . ....	24
Tabela 14 – Constantes de Calibração do Radônio. ....	31
Tabela 15 – Coeficientes de <i>Skyshine</i> . ....	32
Tabela 16 – Coeficiente de Atenuação Atmosférica. ....	33
Tabela 17 – Coeficientes de Sensibilidade.....	34
Tabela 18 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas. ....	34
Tabela 19 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos. ....	38
Tabela 20 – Características dos intervalos de contorno dos mapas aerogeofísicos. ....	39
Tabela 21 – Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Magnetometria.....	44
Tabela 22 - Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria.....	45
Tabela 23 - Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria 256 canais.....	45
Tabela 24 - Arquivo de Cruzamento XYZ – Magnetometria. ....	46

## 1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico abrange todo o estado do Espírito Santo, localizado na região sudeste do Brasil, e algumas áreas dos estados vizinhos conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 – Localização da Área do projeto Aerogeofísico.

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 124.236,00 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de vôo e de controle espaçadas de 0,5 km e 10 km e orientadas nas direções N-S e E-W respectivamente. 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, admitindo-se variações de mais ou menos 15 m.

Foram utilizadas para a execução deste projeto, aeronaves Piper Navajo de prefixo PR-PEC (Figura 3) e PR-PRS (Figura 4), de propriedade da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. A aeronave PR-PEC realizou seus trabalhos durante o período de 05/09/2009 a 15/11/2009 utilizando como base a cidade de Guarapari-ES, adquirindo 53.210,40 km de linhas de vôo. A aeronave PR-PRS realizou seus trabalhos durante o período de 13/09/2009 a 18/01/2010 utilizando como base a cidade de Guarapari-ES, adquirindo 71.025,60 km de linhas de vôo.

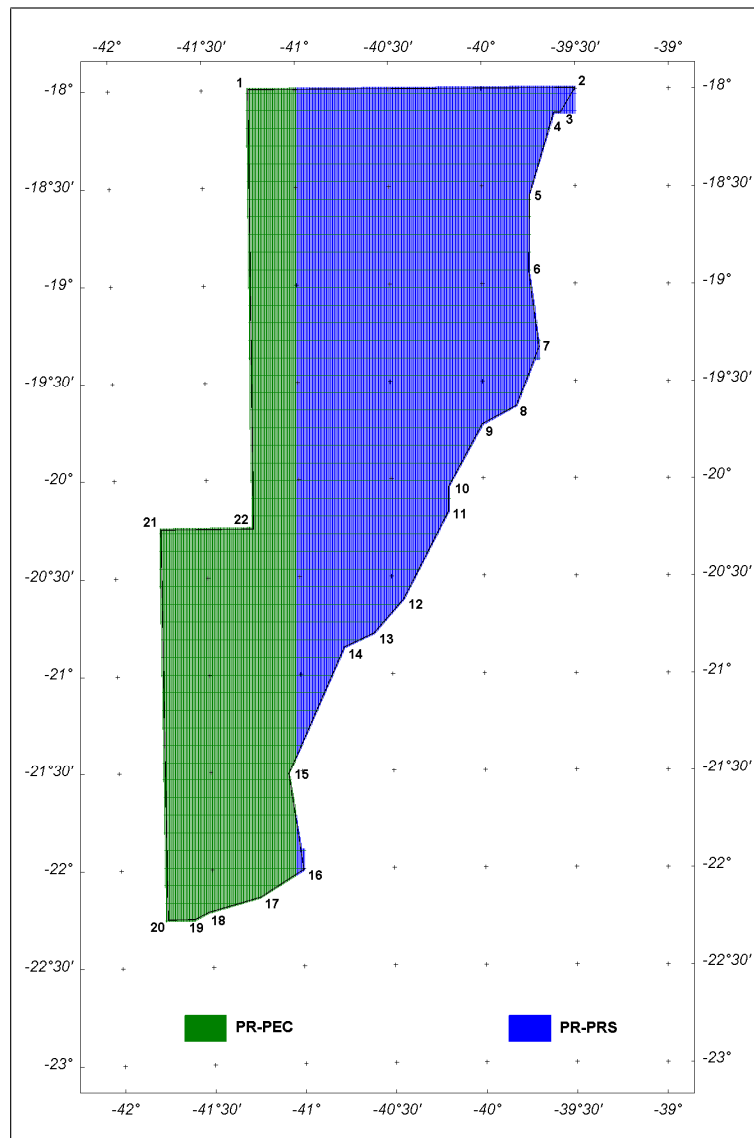


Figura 2 – Vértices do projeto e área de atuação da aeronave.

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas do Projeto.

<b>Vértice</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
1	-18°00'	-41°15'
2	-18°00'	-39°30'
3	-18°07'	-39°34'
4	-18°07'	-39°36'
5	-18°32'	-39°44'
6	-18°56'	-39°45'
7	-19°19'	-39°41'
8	-19°37'	-39°49'
9	-19°43'	-40°00'
10	-20°02'	-40°11'
11	-20°10'	-40°11'
12	-20°36'	-40°26'
13	-20°47'	-40°36'
14	-20°51'	-40°45'
15	-21°30'	-41°04'
16	-22°00'	-41°00'
17	-22°08'	-41°14'
18	-22°12'	-41°31'
19	-22°15'	-41°36'
20	-22°15'	-41°45'
21	-20°15'	-41°45'
22	-20°15'	-41°15'



Figura 3 – Aeronave Piper Navajo PA31-350 – PR-PEC.



Figura 4 – Aeronave Piper Navajo PA31-350 – PR-PRS.

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras de aeromagnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélites GPS, de precisão melhor do que 10 m. Uma estação fixa para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foi instalada na base de operações, utilizada durante o levantamento, no aeroporto municipal de Guarapari-ES.

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 na cidade do 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 Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda., no Rio de Janeiro-RJ e envolveu a aplicação de rotinas do sistema *Oasis Montaj* versão 6.4.1 (GEOSOFT, 2005), utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas nas escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, arquivos de banco de dados e *grids*.

## **2. AQUISIÇÃO DE DADOS**

### **2.1. Características do Levantamento**

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

- Direção das linhas de vôo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de vôo: 0,5 km
- 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 (gamaespectrômetro)
- Altura média de vôo: 100 m
- Velocidade aproximada de vôo: 270 km/h

### **2.2. Equipamentos Utilizados**

A Tabela 2 apresenta os equipamentos utilizados pelas aeronaves durante a execução do projeto.



Tabela 2 – Equipamentos Utilizados.

Prefixo da aeronave	PR-PEC	PR-PRS
Modelo da aeronave	Navajo PA31-350	Navajo PA31-350
Fabricante da aeronave	Piper	Piper
Aeromagnetômetro	Geometrics G822A	Geometrics G822A
Gamaespectrômetro	RS-500	RS-500
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 "Real time"	AG-NAV GOLD "Real time"	AG-NAV GUIA "Real time"
Sistema de Aquisição GPS "Realtime"	TEEJET RX 410-P "Real time"	MIDTECH RX 400-P "Real time"
Câmera de Vídeo	SONY SSC-DC193	JVC TK9804U
Radar Altimetro	<i>Free-Flight Systems</i> TRA-3000	<i>Free-Flight Systems</i> TRA-3000
Altimetro Barométrico	<i>Honeywell</i> PPT	Setra Barometrics sensor 276
Magnetômetro Terrestre a Vapor de Césio	GEM GSM-19	GEM GSM-19
Sistema de Aquisição	RMS DAARC500	RMS DGR33

### 2.2.1. Aeronave

O levantamento foi efetuado utilizando duas aeronaves Piper Navajo PA31-350, prefixo PR-PEC e PR-PRS. As aeronaves são aeronaves a pistão, bimotor, de asa baixa, trem de pouso retrátil, equipada com motores Lycoming de 350 HP, opera a uma velocidade média de 270 km/h e possui autonomia de 6 horas.

### 2.2.2. Aeromagnetômetros

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 DAARC500 para a aeronave PR-PEC e no sistema DGR33A para a aeronave PR-PRS.

Sensor: Geometrics G822A

Resolução: 0,001 nT

Faixa: 20.000 – 95.000 nT

Montagem: *Stinger*

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

### 2.2.3. Aerogamaespectrômetros

Foram utilizados pelas aeronaves, gamaespectrômetros *Radiations Solutions*, modelo RS-500, de 1024 canais espectrais, onde o espectro de cada um dos cristais detectores é analisado individualmente para determinação precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. Uma correção linear é aplicada individualmente a cada cristal, mantendo o espectro permanentemente alinhado. As radiações gama detectadas são somadas e as leituras reduzidas a uma única saída de 256 canais espectrais.

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

Tabela 3 – Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes.

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

As leituras do gamaespectrômetros são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 75 m no terreno.

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. Sistema de Aquisição de Dados

O computador do sistema de aquisição de dados DAARC500 é a principal unidade do sistema aeromagnético instalado a bordo da aeronave PR-PEC e DGR33 é a unidade a bordo da aeronave PR-PRS. 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	Magnetômetro compensado	nT
10	Magnetômetro bruto	nT
10	Componente X <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Y <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Z <i>fluxgate</i>	mV
10	Radar altímetro	μV
10	Temperatura	μV
10	Barômetro	μV
10	Temperatura	°C
10	Altura do Vôo	m
10	Altitude Barométrica	m
1	Horário UTC (GPS)	s
1	Latitude (GPS)	Graus decimais
1	Longitude (GPS)	Graus decimais
1	Qualidade da correção GPS	*
1	Número de satélites	*
1	<i>Horizontal Dilution of precision</i>	*
1	Altitude (GPS)	m
1	Código de erro do gamaespectrômetro	*
1	Número de detectores <i>Down</i>	*
1	Número de detectores <i>Up</i>	*
1	<i>Sample Time</i>	ms
1	<i>Live Time</i>	ms
1	Radiação cósmica	cps
1	Resolução do sistema	*
1	Contagem Total	Cps
1	Potássio	Cps
1	Urânio	Cps
1	Tório	Cps
1	Urânio <i>Up</i>	Cps
1	256 canais <i>Down</i>	Cps
1	256 canais <i>Up</i>	Cps

### 2.2.5. Sistema de vídeo

A aeronave PR-PEC utiliza sistema de vídeo digital Sony SSC-DC193 e a aeronave PR-PRS utiliza sistema de vídeo digital JVC TK9804U. OS modelos são constituídos por câmera de alta definição acoplada ao gravador e monitor de 5" disponível na cabine para visualização em tempo real. A câmera é instalada em janela especialmente projetada no piso da aeronave para permitir completa visibilidade do terreno.

O sistema de sobreposição de vídeo (OSD1246 – *Combined Corporation Eletronics*) 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 pelas aeronaves é o *Free-Flight Systems*, modelo TRA-3000 e apresentam precisão de 40 pés e alcance de 2500 pés. Os barômetros são transdutores de pressão que registram a altitude de vôo em relação ao nível do mar. O modelo de barômetro utilizado na aeronave PR-PEC foi o *Honeywell* PPT e o modelo de barômetro utilizado na aeronave PR-PRS foi Setra Barometrics Sensor 276. A precisão e alcance dos barômetros são 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, receptor *Teejet* RX-410P na aeronave PR-PEC e *Midtech* RX-400P na aeronave PR-PRS. 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 sistemas de correção em tempo real (DGPS *real time*), cujas coordenadas são transferidas ao escritório de campo já corrigido.

#### **2.2.8. Magnetômetro Terrestre**

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

Os magnetômetros foram instalados em local de gradiente magnético suave, livre de objetos móveis e de interferência cultural, no aeroporto do município.

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.

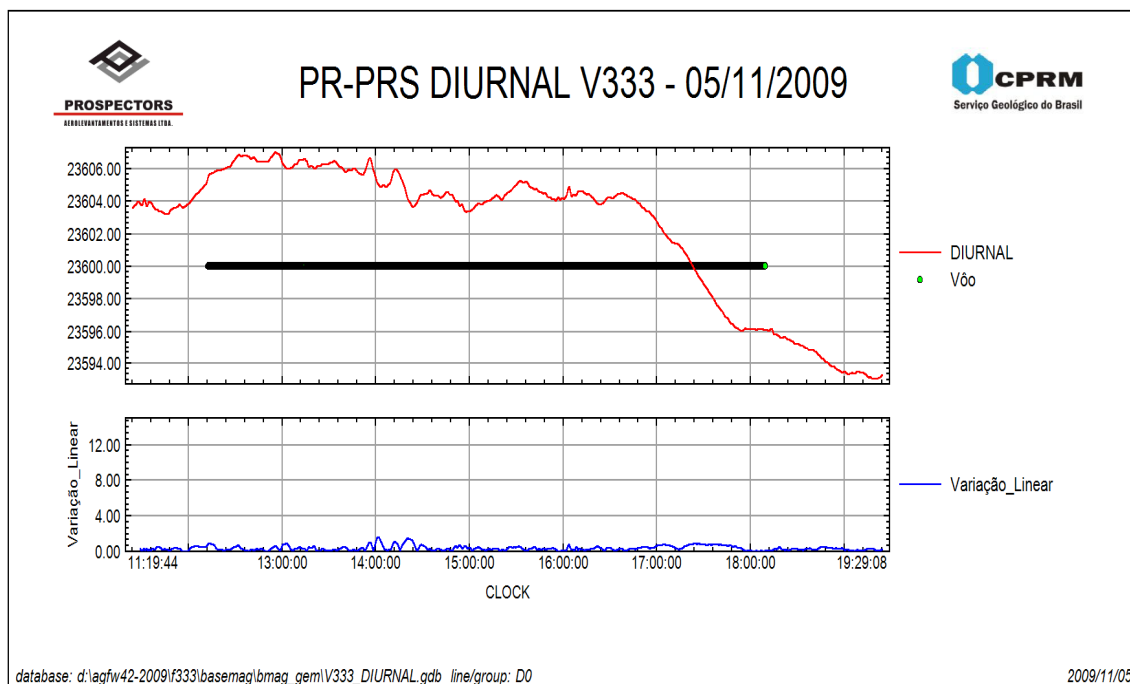


Figura 5 – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base.

### 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 Guarapari-ES;
- Obtenção da autorização do aerolevante 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 896/09 e 897/09 para PR-PRS e PR-PEC respectivamente.

#### 2.3.1. Elaboração do Plano do vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao projeto, foram programadas 505 linhas de vôo e 50 linhas de controle, totalizando 124.236,00 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.

Tabela 4 – Quilometragem Produzida e Área Levantada.

Prefixo da Aeronave	Área (km <sup>2</sup> )	Total de linhas de Vôo (km)	Total de linhas de Controle (km)	Total de linhas de Vôo+Controle (km)
PR-PEC	22.348	47.271,8	5.938,6	53.210,4
PR-PRS	35.998	71.025,6	-	71.025,6
<b>Totais:</b>	<b>58.346</b>	<b>118.297,4</b>	<b>5.938,6</b>	<b>124.236,0</b>

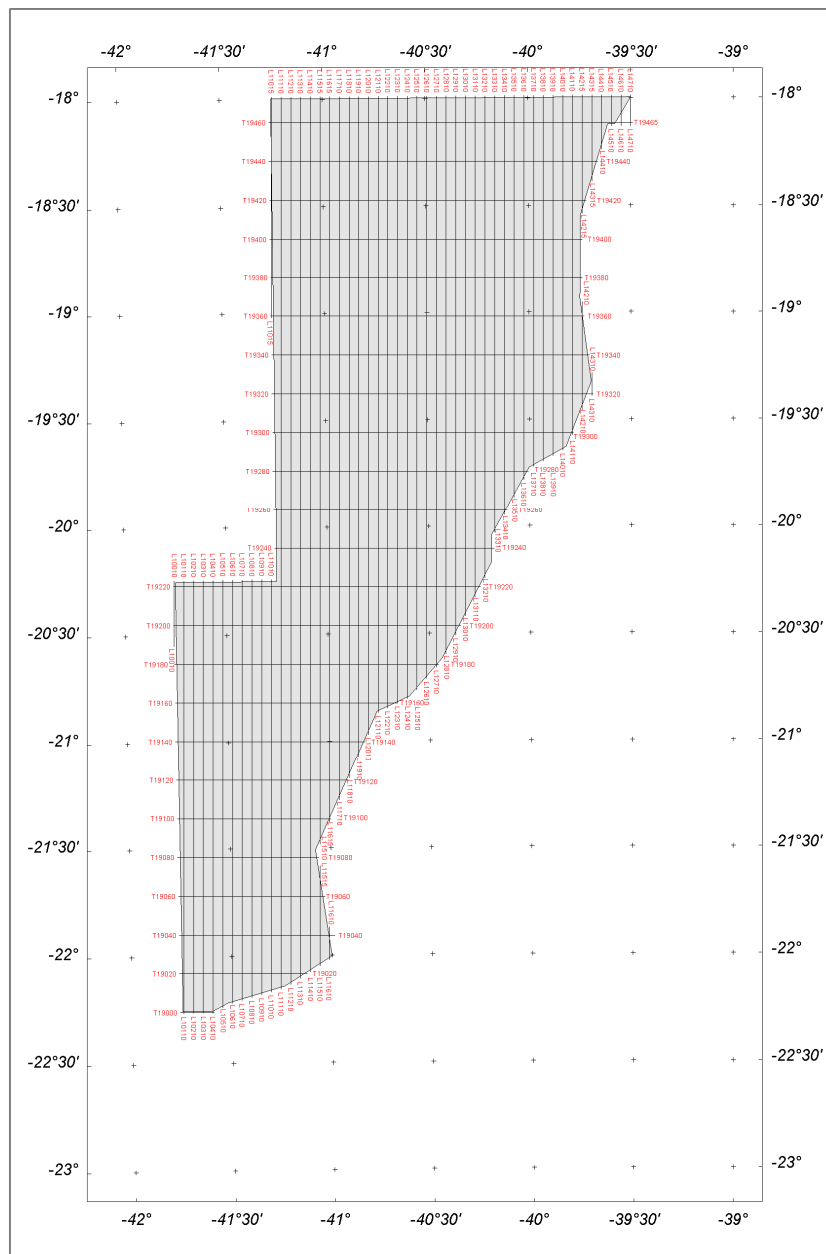


Figura 6 – Mapa das linhas de vôo.

### 2.3.2. Estatísticas das Operações

O projeto foi executado entre 05/09/2009 e 18/01/2010. A aeronave PR-PEC efetuou seus trabalhos entre 05/09/2009 e 15/11/2009 totalizando 80 dias e a aeronave PR-PRS completou sua parte com 117 dias, em duas etapas: a primeira entre 13/09/2009 e 24/09/2009 e a segunda entre 18/10/2009 e 18/01/2010. Foram gastas cerca de 690,18 horas de voo para aquisição de 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 PR-PEC, utilizou 276,75 horas de voo produtivo e a aeronave PR-PRS utilizou 397,43 horas de voo produtivo.

Tabela 5 – Estatística das Operações.

Item	Indicadores do Levantamento	Aeronave			
		PR-PEC		PR-PRS	
		Nº Dias	%	Nº Dias	%
1	Produção	48	60,00	64	54,70
2	Meteorologia	18	22,50	28	23,94
3	Manutenção de Aeronave	1	1,25	3	2,56
4	Tempestade Magnética	0	0,00	0	0,00
5	Falha de Equipamento	0	0,00	8	6,84
6	Testes Contratuais	1	1,25	3	2,56
7	Outros	12	15,00	11	9,40
	Total:	80*	100	117*	100

\* número de dias despendido pela aeronave

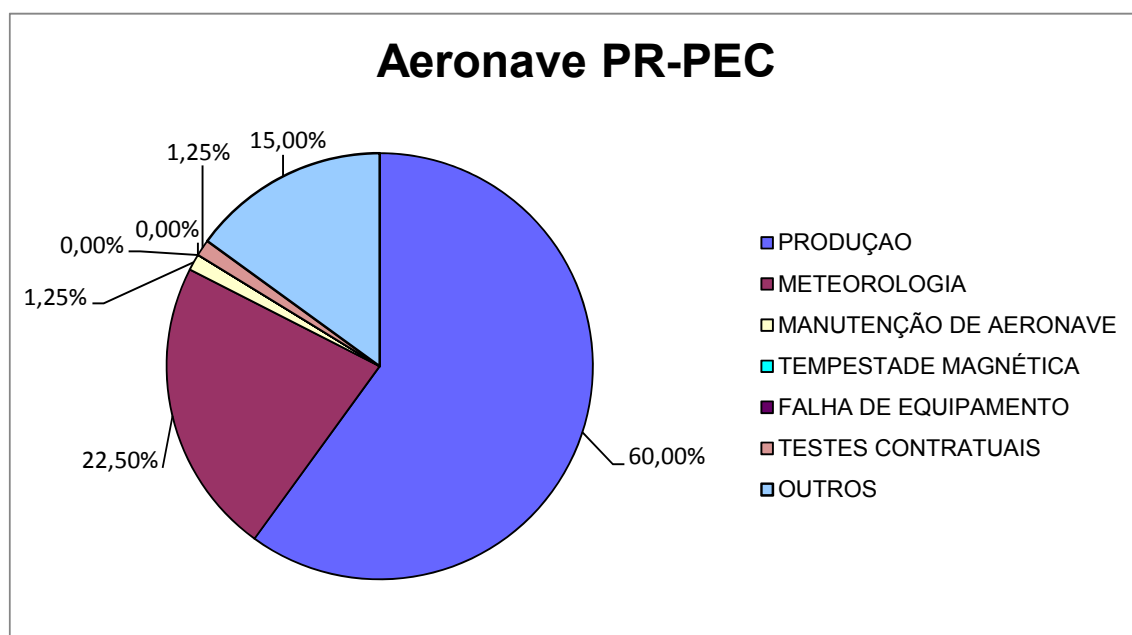


Figura 7 – Gráfico da Estatística das Operações PR-PEC.

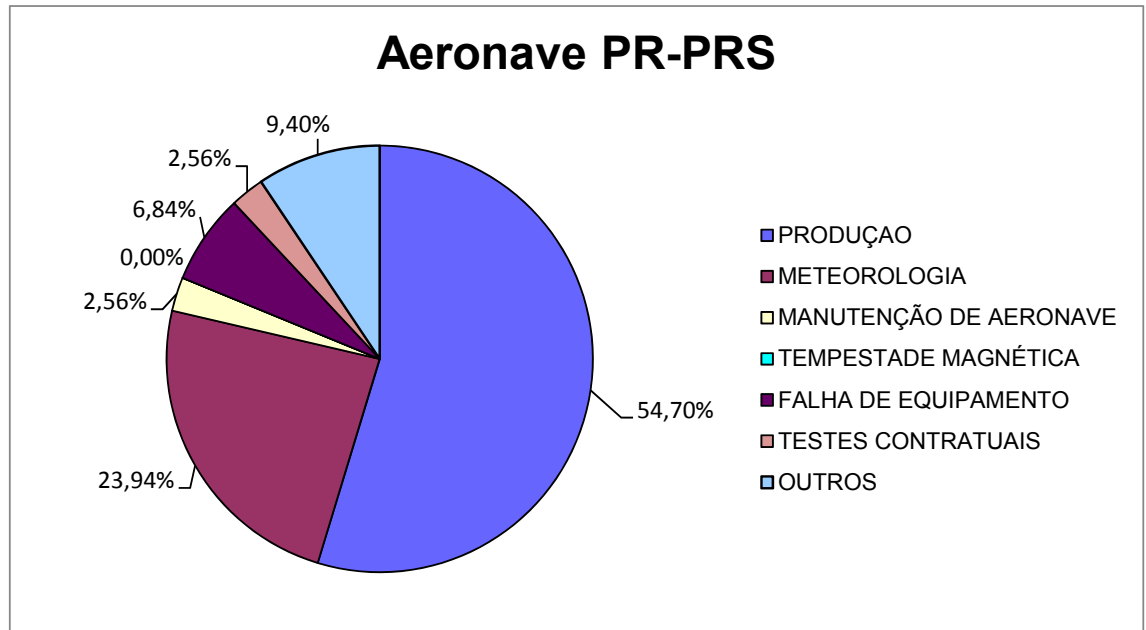


Figura 8 – Gráfico da Estatística das Operações PR-PRS.

### 2.3.3. Mapa do Projeto de Vôo

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

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

A divisão das linhas da Aeronave em determinada área do projeto é mostrada na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Divisão das Linhas por Aeronave.

Prefixo da aeronave	Linhas de vôo	Linhas de controle
PR-PEC	10010 - 11555	19010 – 19460 e 19470
PR-PRS	21560 - 24710	19465 - 19475

### 2.3.4. Testes dos Equipamentos

#### a) Teste Altimétrico

Teste conduzido antes do início das operações para calibração do radar altímetro a bordo da aeronave. Neste teste, a aeronave realiza passagens consecutivas sobre uma base de altitude conhecida, voando em alturas entre 200 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 realizado a bordo. Este ruído é proveniente da complexa assinatura magnética tridimensional da plataforma que, com a mudança de altitude 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 Geometrics G822A, instalados no *stinger* da aeronave e usados para medir o acoplamento dos três eixos com o *background* do campo magnético na região. Os sensores Geometrics G822A são muito sensíveis às mudanças de altitude 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 Geometrics G822A 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 Geometrics G822A/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.

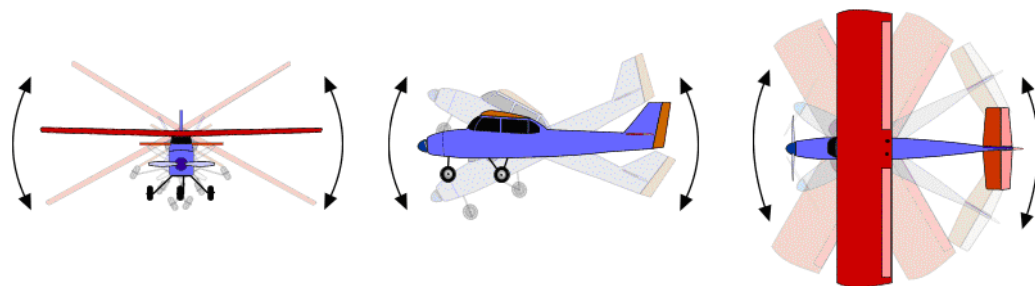


Figura 9 – Movimentos de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*.

O sistema RMS AADCII e DAARC500 possuem em sua programação, um *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 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 à diferentes direções dos perfis do projeto, assim como ângulos intermediários da ordem de 15° 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 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 resultados obtidos, estão resumidos na Tabela 7 e 8 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

Tabela 7 – Testes de Manobras – Aeronaves PR-PEC.

<b>Data</b>	<b>Azimute</b>	<b>Roll (nT)</b>	<b>Pitch (nT)</b>	<b>Yaw (nT)</b>	<b>Total (nT)</b>
29/08/2009	90°	0,01	0,01	0,01	0,03
	180°	0,02	0,01	0,02	0,05
	270°	0,02	0,02	0,02	0,06
	360°	0,03	0,03	0,04	0,10
<b>Somatório</b>					<b>0,24</b>

Tabela 8 - Testes de manobras – Aeronave PR-PRS.

<b>Data</b>	<b>Azimute</b>	<b>Roll (nT)</b>	<b>Pitch (nT)</b>	<b>Yaw (nT)</b>	<b>Total (nT)</b>
11/09/2009	90°	0,10	0,05	0,08	0,23
	180°	0,06	0,05	0,10	0,21
	270°	0,05	0,12	0,09	0,26
	360°	0,08	0,08	0,10	0,26
<b>Somatório</b>					<b>0,96</b>
17/10/2009	90°	0,04	0,17	0,21	0,42
	180°	0,02	0,15	0,10	0,27
	270°	0,03	0,06	0,07	0,16
	360°	0,04	0,06	0,05	0,15
<b>Somatório</b>					<b>1,00</b>

#### d) Teste de Paralaxe

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

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

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

Os dados magnetométricos desta linha voada em sentidos inversos, são representados em formas de perfis empilhados. O eixo horizontal dos perfis plotados refere-se às coordenadas geográficas mostrando, assim, a correlação das anomalias corrigidas independentemente do sentido voado. A calibração resultou em um fator de defasagem de 0,3 s para as 2 aeronaves utilizadas nesse projeto. Os resultados dos testes são apresentados no Anexo II-c.

#### e) Controle de desempenho do sistema

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 eram realizados antes do início e após os vôos operacionais. O equipamento aeroembarcado Radiation Solutions RS-500 com resolução de 1024 canais, possui estabilização com isótopos naturais e ganho automático dos picos. Não são necessários testes de amostras para configuração do sistema ou para validação de performance do mesmo.

#### 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 registrado na forma digital e analógica. Consistem na perfilagem sobre um mesmo segmento de linha, no início e no fim de cada vôo, com a 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 9 e 10 para a aeronave PR-PEC e PR-PRS respectivamente.

Tabela 9 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas – PR-PEC.

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m) Base: Guarapari - ES</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
05/set/09	INÍCIO	003	122,75	64,37
	FIM		123,59	65,82
06/set/09	INÍCIO	004	124,08	65,75
	FIM		-	-
06/set/09	INÍCIO	005	121,42	63,41
	FIM		120,38	62,63
07/set/09	INÍCIO	006	121,10	62,70
	FIM		119,91	62,76
08/set/09	INÍCIO	007	120,65	62,77
	FIM		119,87	62,33
09/set/09	INÍCIO	008	120,22	62,40
	FIM		119,10	61,46
09/set/09	INÍCIO	009	119,04	61,17
	FIM		118,81	60,81
10/set/09	INÍCIO	010	118,66	60,70
	FIM		118,26	60,47
13/set/09	INÍCIO	011	118,61	60,68
	FIM		118,22	60,34
14/set/09	INÍCIO	012	118,82	60,43
	FIM		118,51	60,28
15/set/09	INÍCIO	013	118,29	60,13
	FIM		117,52	59,54
17/set/09	INÍCIO	014	117,92	59,70
	FIM		117,87	59,29
18/set/09	INÍCIO	015	118,24	59,43
	FIM		118,26	59,23
19/set/09	INÍCIO	016	118,49	59,22
	FIM		118,17	58,67
20/set/09	INÍCIO	017	118,45	58,54
	FIM		118,39	58,22
23/set/09	INÍCIO	018	118,29	58,25
	FIM		118,31	58,21
26/set/09	INÍCIO	020	118,32	58,17
	FIM		118,21	57,91
27/set/09	INÍCIO	021	118,17	57,91
	FIM		118,10	57,83
28/set/09	INÍCIO	022	118,02	57,76
	FIM		117,95	57,60
29/set/09	INÍCIO	023	117,95	57,61
	FIM		117,99	57,50
02/out/09	INÍCIO	024	117,92	57,42
	FIM		117,88	57,29
03/out/09	INÍCIO	025	117,84	57,27
	FIM		117,92	57,16
04/out/09	INÍCIO	026	117,92	57,02
	FIM		117,74	56,84

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
05/out/09	INÍCIO	027	117,71	56,76
	FIM		117,66	56,72
06/out/09	INÍCIO	028	117,72	56,60
	FIM		117,76	56,52
07/out/09	INÍCIO	029	117,83	56,39
	FIM		117,86	56,31
11/out/09	INÍCIO	031	117,70	56,22
	FIM		117,56	56,16
12/out/09	INÍCIO	032	117,56	56,17
	FIM		117,54	56,12
13/out/09	INÍCIO	033	117,73	56,16
	FIM		117,56	56,04
14/out/09	INÍCIO	034	117,60	56,12
	FIM		117,32	56,01
15/out/09	INÍCIO	035	117,38	56,06
	FIM		117,49	56,10
16/out/09	INÍCIO	036	117,59	56,15
	FIM		117,57	56,21
17/out/09	INÍCIO	037	117,64	56,26
	FIM		117,68	56,31
18/out/09	INÍCIO	039	117,88	56,37
	FIM		117,96	56,35
20/out/09	INÍCIO	040	118,05	56,37
	FIM		118,11	56,44
21/out/09	INÍCIO	041	118,08	56,43
	FIM		118,10	56,43
22/out/09	INÍCIO	042	118,24	56,50
	FIM		118,36	56,64
23/out/09	INÍCIO	043	118,42	56,76
	FIM		118,47	56,80
24/out/09	INÍCIO	044	118,52	56,80
	FIM		118,46	56,72
25/out/09	INÍCIO	045	118,56	56,81
	FIM		118,49	56,69
03/nov/09	INÍCIO	047	118,38	56,69
	FIM		118,21	56,67
04/nov/09	INÍCIO	048	118,10	56,67
	FIM		117,95	56,63
05/nov/09	INÍCIO	049	-	-
	FIM		117,70	56,49
06/nov/09	INÍCIO	050	117,65	56,48
	FIM		117,55	56,41
07/nov/09	INÍCIO	051	117,50	56,42
	FIM		117,48	56,44
08/nov/09	INÍCIO	052	117,41	56,36
	FIM		117,32	56,22
09/nov/09	INÍCIO	053	117,15	56,09
	FIM		117,18	56,10

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
12/nov/09	INÍCIO	055	117,09	56,06
	FIM		117,10	56,03
13/nov/09	INÍCIO	056	113,25	56,54
	FIM		112,37	54,67
14/nov/09	INÍCIO	057	111,98	55,75
	FIM		114,43	56,79
15/nov/09	INÍCIO	058	113,95	55,24
	FIM		113,62	54,69

Tabela 10 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas – PR-PRS.

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m) Base: Guarapari - ES</b>				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
13/set/09	INÍCIO	304	133,72	67,07
	FIM		136,49	69,56
14/set/09	INÍCIO	305	138,41	70,89
	FIM		137,90	71,38
19/set/09	INÍCIO	309	140,72	72,52
	FIM		142,04	72,88
20/set/09	INÍCIO	310	143,09	73,34
	FIM		142,84	73,21
23/set/09	INÍCIO	311	141,48	72,87
	FIM		141,39	72,77
24/set/09	INÍCIO	313	138,83	70,90
	FIM		138,31	70,41
18/out/09	INÍCIO	323	136,93	69,65
	FIM		136,70	69,46
20/out/09	INÍCIO	324	136,14	69,35
	FIM		135,83	69,20
21/out/09	INÍCIO	325	135,62	69,08
	FIM		135,47	68,86
22/out/09	INÍCIO	326	135,70	69,24
	FIM		135,66	70,16
23/out/09	INÍCIO	327	135,47	70,22
	FIM		135,44	70,00
24/out/09	INÍCIO	328	135,32	69,98
	FIM		135,31	69,83
25/out/09	INÍCIO	329	135,35	69,95
	FIM		135,56	69,96
04/nov/09	INÍCIO	332	135,38	69,86
	FIM		135,36	69,78
05/nov/09	INÍCIO	333	135,19	69,67
	FIM		135,27	69,68
06/nov/09	INÍCIO	334	135,47	69,78
	FIM		135,53	69,77

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
07/nov/09	INÍCIO	335	135,15	69,61
	FIM		135,22	69,56
08/nov/09	INÍCIO	336	135,29	69,60
	FIM		135,55	69,68
10/nov/09	INÍCIO	338	135,57	69,69
	FIM		135,67	69,70
11/nov/09	INÍCIO	339	135,60	69,69
	FIM		135,66	69,68
12/nov/09	INÍCIO	340	135,82	69,79
	FIM		135,81	69,80
13/nov/09	INÍCIO	341	136,08	69,97
	FIM		136,11	69,98
16/nov/09	INÍCIO	346	136,15	69,94
	FIM		136,16	69,87
18/nov/09	INÍCIO	347	135,94	69,79
	FIM		136,58	70,09
19/nov/09	INÍCIO	348	136,65	70,17
	FIM		136,86	70,28
23/nov/09	INÍCIO	349	136,65	70,17
	FIM		136,65	70,14
24/nov/09	INÍCIO	350	136,61	70,19
	FIM		136,39	70,06
25/nov/09	INÍCIO	351	136,28	70,02
	FIM		136,19	69,92
26/nov/09	INÍCIO	352	136,23	69,95
	FIM		136,16	69,89
27/nov/09	INÍCIO	353	136,11	69,87
	FIM		136,00	69,80
28/nov/09	INÍCIO	354	135,97	69,80
	FIM		135,90	69,76
30/nov/09	INÍCIO	355	135,87	69,79
	FIM		135,70	-
01/dez/09	INÍCIO	356	135,65	69,85
	FIM		135,62	69,81
02/dez/09	INÍCIO	357	135,70	69,89
	FIM		135,60	69,84
03/dez/09	INÍCIO	358	135,68	69,87
	FIM		135,62	69,82
04/dez/09	INÍCIO	359	135,68	69,77
	FIM		135,71	69,71
07/dez/09	INÍCIO	360 / 361	135,60	69,68
	FIM		135,56	69,65
08/dez/09	INÍCIO	362 / 363	135,50	69,62
	FIM		135,58	69,60
09/dez/09	INÍCIO	365 / 366	135,63	69,63
	FIM		135,54	69,56
10/dez/09	INÍCIO	367 / 369	135,49	69,51
	FIM		135,40	69,47

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
11/dez/09	INÍCIO	371 / 372	135,37	69,49
	FIM		135,40	69,49
12/dez/09	INÍCIO	373 / 374	135,31	69,47
	FIM		135,28	69,40
16/dez/09	INÍCIO	375	135,29	69,42
	FIM		135,31	69,40
17/dez/09	INÍCIO	376	135,27	69,40
	FIM		135,28	69,39
18/dez/09	INÍCIO	377	135,33	69,40
	FIM		135,18	69,31
19/dez/09	INÍCIO	378	135,08	69,29
	FIM		135,03	69,22
20/dez/09	INÍCIO	379	134,97	69,15
	FIM		134,89	69,06
21/dez/09	INÍCIO	380	134,93	69,06
	FIM		135,00	69,06
22/dez/09	INÍCIO	381	127,83	66,09
	FIM		137,90	70,27
23/dez/09	INÍCIO	382	138,93	70,39
	FIM		139,28	71,00
24/dez/09	INÍCIO	383	139,67	70,76
	FIM		140,59	70,89
26/dez/09	INÍCIO	384	139,82	70,85
	FIM		138,31	69,66
28/dez/09	INÍCIO	386	137,93	69,31
	FIM		137,58	68,79
30/dez/09	INÍCIO	387	137,53	68,94
	FIM		137,48	69,12
31/dez/09	INÍCIO	388	137,27	69,11
	FIM		137,54	69,14
02/jan/10	INÍCIO	389	137,38	69,00
	FIM		136,96	68,82
03/jan/10	INÍCIO	390	135,95	68,29
	FIM		136,15	68,23
04/jan/10	INÍCIO	391	136,25	68,33
	FIM		135,75	68,06
05/jan/10	INÍCIO	392	136,13	68,41
	FIM		136,68	68,62
07/jan/10	INÍCIO	394	136,84	68,70
	FIM		137,34	68,63
08/jan/10	INÍCIO	395	137,48	68,71
	FIM		138,20	68,96
09/jan/10	INÍCIO	396	138,26	69,08
	FIM		138,23	69,08
10/jan/10	INÍCIO	397	138,41	69,21
	FIM		138,16	69,04
12/jan/10	INÍCIO	398	138,08	69,00
	FIM		138,23	69,05



DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
13/jan/10	INÍCIO	399	138,42	69,15
	FIM		138,25	69,02
14/jan/10	INÍCIO	400	138,59	69,14
	FIM		138,25	68,97
16/jan/01	INÍCIO	401	138,21	69,02
	FIM		138,31	69,10
17/jan/10	INÍCIO	402	138,31	69,09
	FIM		138,11	69,02
18/jan/10	INÍCIO	403	138,45	69,17
	FIM		138,41	69,18

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

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

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

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

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

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 deteriorização do sistema gamaespectrométrico. Os valores de resolução obtidos para os 3 pacotes de cristais detectores *downward looking* ( $2.560 \text{ pol}^3$ ) ficaram abaixo de 7% e para os cristais detectores *upward looking* ( $512 \text{ pol}^3$ ) ficaram abaixo de 12%, sendo, portanto estes testes aprovados. Os resultados dos testes de resolução encontram-se no Anexo I-a.

### 2.3.6. Calibração dos Detectores *Downward Looking*

Foram realizados testes gamaespectrométricos específicos objetivando a calibração dos sistemas detectores da aeronave. A aeronave PR-PEC foi calibrada em fevereiro de 2009 e a aeronave prefixo PR-PRS foi calibrada em maio de 2009. 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, quatro tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio ( $^{40}\text{K}$ ), urânio ( $^{238}\text{U}$ ), tório ( $^{232}\text{Th}$ ) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração transportáveis utilizados, de propriedade da Lasa Prospecções S.A., estão indicadas na Tabela 11:

Tabela 11 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.

Fonte Padrão	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
<i>Background</i>	1,41 ± 0,01	0,97 ± 0,03	2,26 ± 0,10
Potássio	8,71 ± 0,09	0,32 ± 0,02	0,74 ± 0,10
Urânio	1,34 ± 0,02	59,9 ± 1,00	3,40 ± 0,14
Tório	1,34 ± 0,02	2,96 ± 0,06	136,0 ± 2,10

Para a determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton*, a aeronave foi estacionada sobre os tanques de calibração transportáveis que foram seqüencialmente posicionados sob cada pacote detector, aí permanecendo por 10 minutos para acumulação de dados na seguinte ordem: *background*, Th, U, K e *background*. Os dados acumulados foram processados pelo programa PADWIN, fornecidos pelo fabricante dos tanques calibradores (Exploratum), 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 12. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

Tabela 12 – Coeficientes de Espalhamento *Compton*.

Aeronave	Data	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	a	b	g
PR-PRS	22/05/2009	0,3053 ± 0,0029	0,4353 ± 0,0063	0,8022 ± 0,0095	0,0467 ± 0,0043	0,0083 ± 0,0026	0,0098 ± 0,0020
PR-PEC	17/02/2009	0,2855 ± 0,0024	0,4203 ± 0,0055	0,7802 ± 0,0079	0,0416 ± 0,0037	0,0024 ± 0,0023	0,0023 ± 0,0017

- 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. Os referidos testes 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 do 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 pelo menos 20 km, voando nas altitudes de 4500, 5500, 6500, 7500, 8500, 9500, 10500, 11500 e 12500 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 13, 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.

Tabela 13 – *Background* das Aeronaves e *Cosmic Stripping Ratios*.

Canal	Coefficiente	PR-PEC (22/02/09)	PR-PRS (24/05/09)
Contagem total	a (cps)	129,90	82,86
	b	1,0195	1,0537
Potássio	a (cps)	28,90	14,45
	b	0,0557	0,0696
Urânio	a (cps)	3,84	2,2287
	b	0,0446	0,0455
Tório	a (cps)	0	0
	b	0,0559	0,0566
U up	a (cps)	0,65	0,06
	b	0,0094	0,0087

**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 (CPRM, 1999), com passagens sucessivas nas alturas de 200, 330, 400, 500, 600, 700, e 800 pés e duas passagens adicionais a 330 pés, correspondentes 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 as 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 é expressa por um conjunto de coeficientes obtidos a partir de dados de vôos realizados sobre a água, ou uma 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 está descrito apenas no Capítulo 3.

### **2.4. Compilação dos 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 o processamento da variação diurna de acordo com o gradiente fixado no contrato, qual seja: 15 nT/ 5 min;
- b) Leituras dos arquivos dos vôos das aeronaves e transferências 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, 0,2 nT e 100 m em relação á linha teórica;
- c) Geração das plotagens dos traços das linhas de vôo e 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 Notebook Intel Core 2 DUO;
- Impressora Multifuncional;
- Sistema de PC/Vídeo digital.

## 2.5. Equipe Técnica na Base de Operações

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

Alvaro Augusto Pereira	Chefe de equipe
Edmilson Linguanotto	
Victor Ferreira	
João Paulo Souza	
Antonio Cezar da Fonseca	Supervisor de operador
Wesley Andrade	Operador de Equipamento
Willian Lins	
Marcelo de Santi	
Rodrigo Batista	
Bruno Almeida	
Rubens Leal	Piloto
Ranilson Costa	
Julio Lima	
José Hermes de Melo	
Serafím Barreiras	
Paulo Barbosa	Mecânico
Edmilson Ribeiro	
Domingos Rodrigues	
Agnaldo Vieira	
Wilson Jesus	

## 3. PROCESSAMENTO DE DADOS

### 3.1. Fluxo de Processamento

No processamento de dados do projeto foi empregado o *software OASIS MONTAJ* versão 6.4.1, do sistema *GEOSOFT*, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exploração do dado binário coletado em voo para formato ASCII XYZ *GEOSOFT*. A Figura 10 no final do capítulo, mostra o fluxograma de processamento utilizado para o levantamento.

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

Os dados brutos gravados em formato binário da 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 as correções 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 bombeamento ótico 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 mostrado num mesmo intervalo de tempo. Sendo assim, uma correlação denominada de Paralaxe ou Correlação de *Lag* deve ser aplicada. Uma linha especial de calibração foi voada para gravar as informações necessárias para qualificar este intervalo de tempo, para que os dados pudessem ser re-sincronizados.

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

A equação utilizada é a seguinte:

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

**F<sub>c</sub>** = Valor do Campo Magnético Total corrigido do erro de paralaxe,

**t<sub>0</sub>** = Tempo de 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 mostrados os pontos, ou seja, o valor do Campo Magnético após a correção do Paralaxe, sofre apenas um reposicionamento temporal dentro do banco de dados.

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pelas aeronaves, correspondeu a 0,30 segundo. 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 23.597,39 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 6.4.1, 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 decorrugado, que resultará do somatório dos *grid* 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 de campo geomagnético internacional na área do projeto.

Esta superfície foi definida com base no valor do IGRF, tendo sido considerada a altitude de 440 m, referidos ao ano de 2005 e atualizados para a data de 11/11/2009 (2009,863).

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 *Airbone Gamma Ray Spectrometry 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 contagem 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*, utilizando no cálculo da influência do radônio nas medições realizadas.

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

- Filtragem não linear, que permite a remoção de *spikes* nos dados e a compensação de variações abruptas do radar altímetro;
- Filtragem do tipo passa-baixa, que 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. Correlação 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 ( $h_c$ ) de Vôo

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

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

**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):

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

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

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

**C** – canal de radiação cósmica.

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

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 13 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo vôo cósmico pelo 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):

$$U_r = (u - a_1U - a_2Th) + (a_2 b_t - b_u) / (a_u - a_1 - a_2 a_t), \text{ onde:}$$

**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,

$a_1, a_2, a_u, a_t, b_u, b_t$  – coeficientes de proporcionalidade, sendo que  $b_u$  e  $b_t$  são zerados e  $a_1$  e  $a_2$  os coeficientes *skyshine*.

As contagens relativas ao urânio, tório e urânio *up* devem ser corrigidas previamente dos efeitos de *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):

$$U_r = a_u U_u + b_u,$$

$$K_r = a_k U_r + b_k,$$

$$T_r = a_t U_r + b_t,$$

$$TC_r = a_{tc} U_r + b_{tc}, \text{ onde:}$$

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

No cálculo dos coeficientes  $a_{tc}$ ,  $a_k$ ,  $a_u$  e  $a_t$  (Tabela 14) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos que correspondem a estes cálculos, encontram-se no Anexo I-d.

Tabela 14 – Constantes de Calibração do Radônio.

Canal	Coefficiente	PR-PEC	PR-PRS
Contagem Total	$a_{tc}$	15,72	15,35
Potássio	$a_k$	0,86	0,83
Urânio <i>up</i>	$a_u$	0,17	0,15
Tório	$a_t$	0,14	0,16

### 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*;

$u_g$  – contribuição do solo na janela do urânio *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:

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

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

Este processo foi efetuado automaticamente utilizando todos os dados do levantamento.

Os valores obtidos no levantamento em pauta estão demonstrados na Tabela 15 abaixo.

Tabela 15 – Coeficientes de *Skyshine*.

Coeficiente	PR-PEC	PR-PRS
$a_1$	0,0563	0,0456
$a_2$	0,0157	0,0170

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

### 3.1.3.9. Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)

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

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

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

$N_H$  é a radiação a 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 o coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 16, obtidos durante os testes realizados em Maricá-RJ. Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de vôo encontram-se no Anexo I-f.

Tabela 16 – Coeficiente de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$	
	PR-PEC (20/02/2009)	PR-PRS (23/05/2009)
Contagem Total	-0,0067	-0,0069
Potássio	-0,0085	-0,0090
Urânio	-0,0069	-0,0084
Tório	-0,0067	-0,0067

### 3.1.3.10. Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores das aeronaves para as janelas do potássio, urânio e tório foram determinadas com base nas razões entre as medições efetuadas a bordo (N) e em terra (C), com aplicação da expressão:

$S = N/C$ , 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 17 seguir, corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume total de 42 litros e dimensões de 10 cm x 10 cm x 40 cm cada), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.

Tabela 17 – Coeficientes de Sensibilidade.

Canal Radiométrico	Sensibilidade	
	PR-PEC (20/02/2009)	PR-PRS (23/05/2009)
Contagem Total	191,09 cps/ $\mu$ R/h CT	240,55 cps/ $\mu$ R/h CT
Potássio	62,46 cps / %K	80,23 cps / %K
Urânio	10,17 cps / ppm eU	11,90 cps / ppm eU
Tório	3,69 cps /ppm eTh	4,51 cps /ppm eTh

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

$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$ , 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 15,22  $\mu$ R/h (PR-PEC) e 13,97  $\mu$ R/h (PR-PRS).

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 descritos no item 3.1.3 deste capítulo. Para a eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente abaixo, 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 10 amostras. A Tabela 18 a seguir, resume os valores utilizados.

Tabela 18 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

Canal Radiométrico	Valor Mínimo
K (%)	0,18
eU (ppm)	0,19
eTh (ppm)	1,40

### 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 *grid* 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 arquivos 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

Participou dos trabalhos de processamento o seguinte técnico:

Rodrigo Heidy Sternert - Gerente de Processamento de Dados

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Espírito Santo esteve a cargo do economista Rodolfo Rocha Miranda.

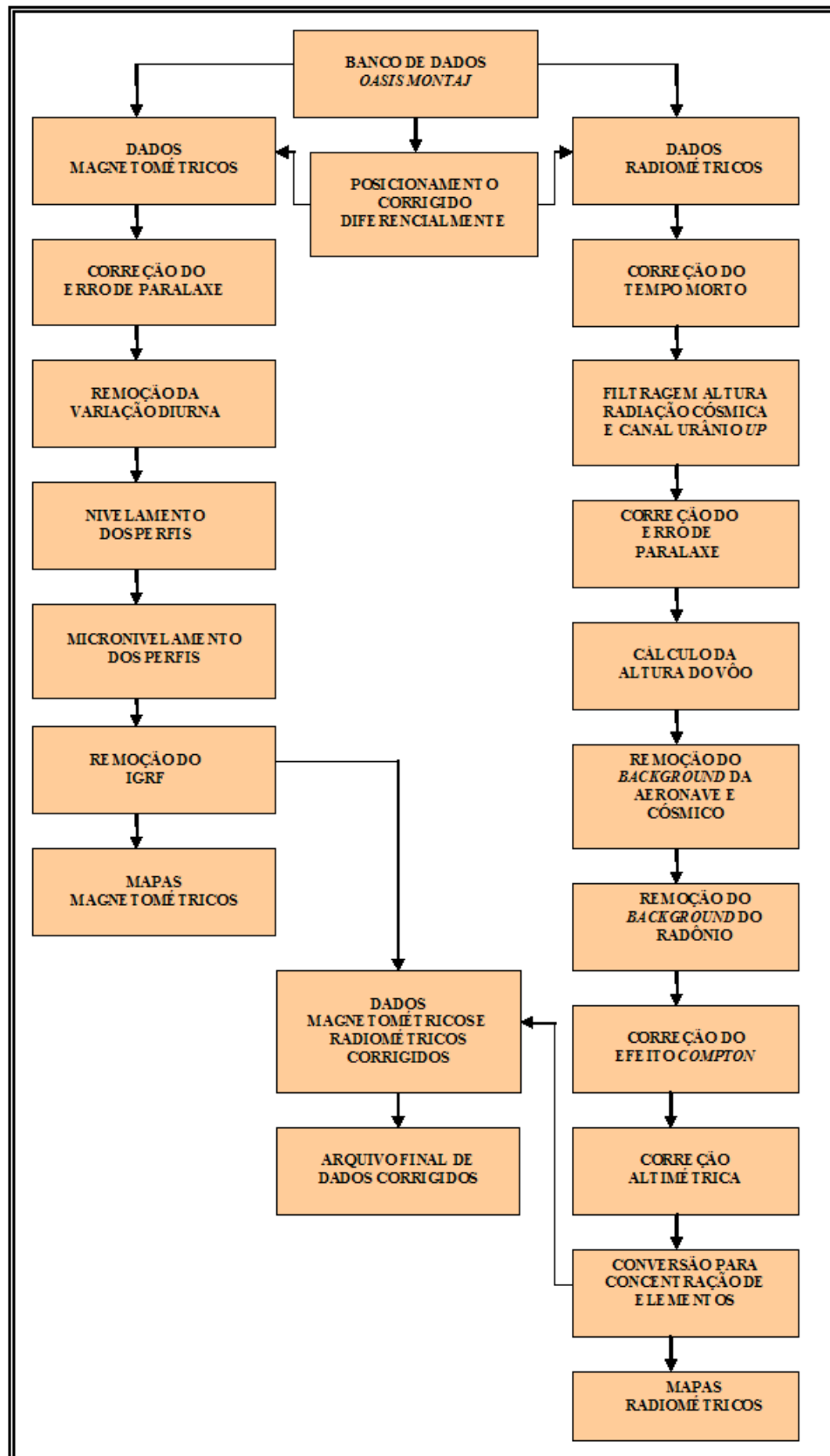


Figura 10 – Fluxograma do processamento de dados.

#### 4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do projeto executado no período de 05 de setembro de 2009 a 18 de janeiro de 2010. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final teve início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 26/08/2010.

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

Ano	2009												2010							
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
Etapa/Duração (mês)																				
Calibração Inicial Mobilização																				
Aquisição de Dados																				
Calibration Range																				
Processamento e Relatório Final																				

planejado     
  executado

Figura 11 – Cronograma Geral das Operações.

#### 5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos são 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 IBGE (IBGE, 1989). As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (40km em 1:500.000, 20km em 1:250.000 e 8km em 1:100.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 30, 15 e 10 minutos, respectivamente, para as escalas 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000, e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais das folhas ao milionésimo SE.24 e SF.24 disponíveis no site do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). Na escala de 1:500.000 os mapas integrados 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 19 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:



Tabela 19 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.

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

As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 20 a seguir:

Tabela 20 – Características dos intervalos de contorno dos mapas aerogeofísicos.

<b>Tema</b>	<b>Padrão (1:100.000)</b>	<b>Padrão (1:250.000)</b>
<b>Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	<b>20 e 100 nT</b>	<b>20 e 100 nT</b>
<b>1ª.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	<b>0,02 e 0,10 nT/m</b>	<b>0,02 e 0,10 nT/m</b>
<b>Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	<b>0,01 e 0,05 nT/m</b>	<b>0,01 e 0,05 nT/m</b>
<b>Radiométrico de Contagem Total</b>	<b>2,5 e 12,5 µR/h</b>	<b>2,50 e 12,50 µR/h</b>
<b>Radiométrico de Potássio</b>	<b>0,1 e 0,5 %</b>	<b>0,1 e 0,5 %</b>
<b>Radiométrico de Urânio</b>	<b>0,1 e 0,5 ppm</b>	<b>0,05 e 0,25 ppm</b>
<b>Radiométrico de Tório</b>	<b>5 e 25 ppm</b>	<b>5 e 25 ppm</b>
<b>Razão Radiométrica eU/eTh</b>	-	-
<b>Razão Radiométrica eU/K</b>	-	-
<b>Razão Radiométrico eTh/K</b>	-	-

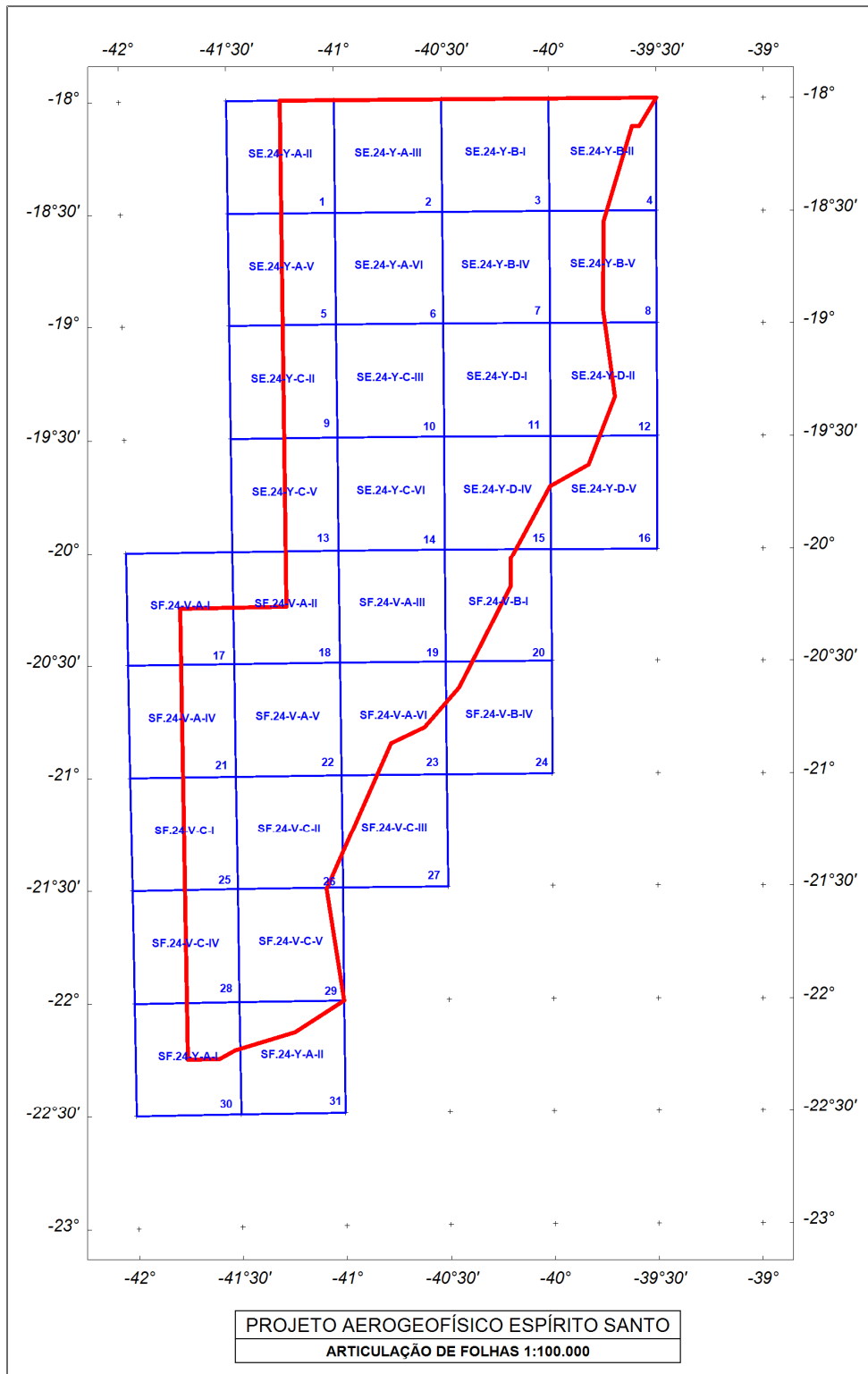


Figura 12 – Articulação das folhas na escala 1:100.000.

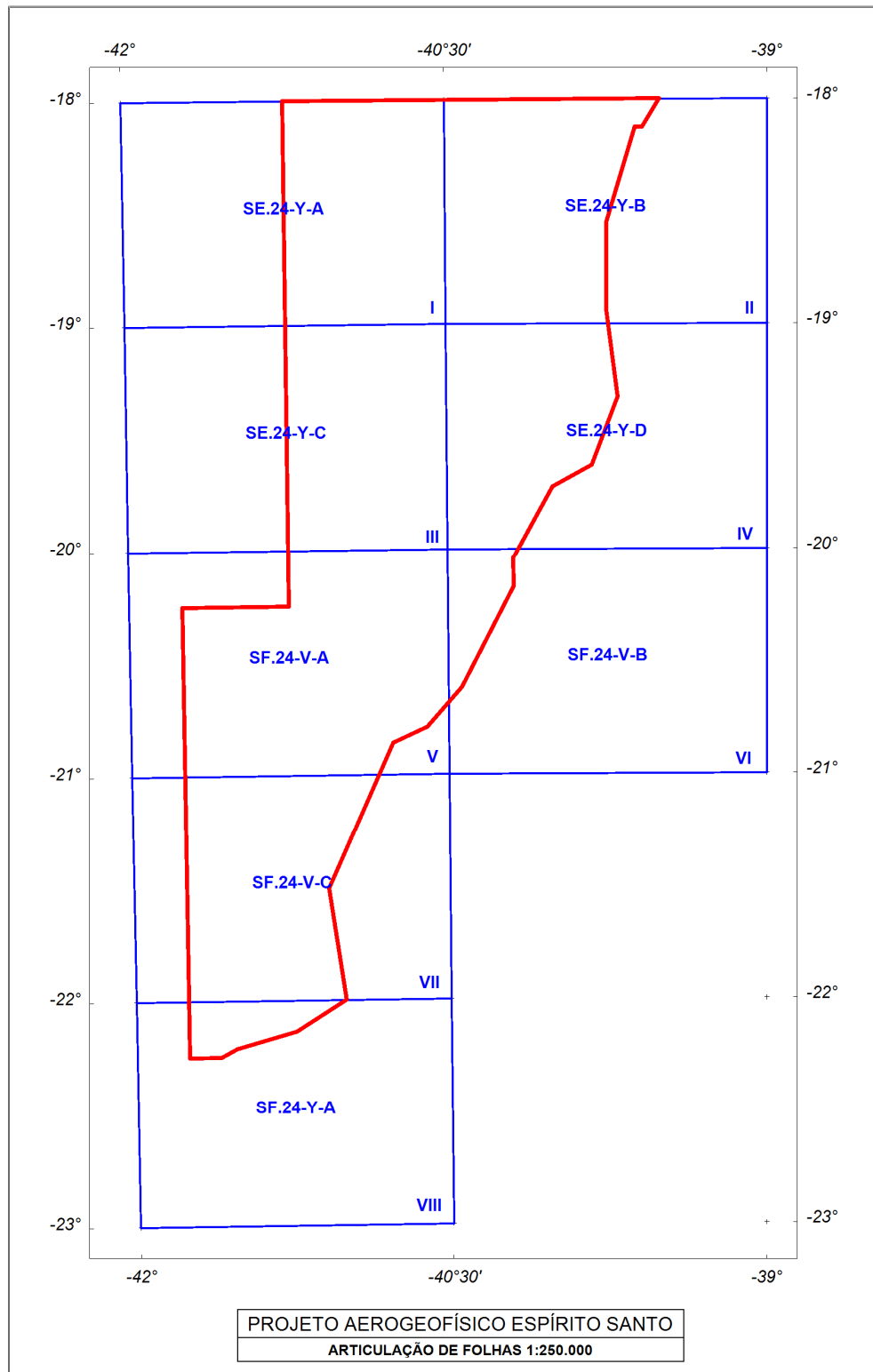


Figura 13 – Articulação das folhas na escala 1:250.000.

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

Os mapas magnetométricos, na escala 1:500.000, foram elaborados na forma de pseudo-iluminação projetada perpendicularmente às estruturas principais definidas pela Magnetometria. Nos mapas de pseudo-iluminação foram adotados o ângulo de 45° para a azimute e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

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

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 14 e 15 respectivamente, com escalas reduzidas para tamanho A4.

### **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 as curvas de contorno.

Para a escala de 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 A4, está sendo apresentado na Figura 16.

### **5.3. Mapa Radiométrico Ternário**

Mapa elaborado apenas na escala 1:500.000 (folha única), expressa a razão entre os três canais radiométricos (K, U, Th), cujas variações são indicadas por diferentes matizes de cores. As tonalidades variam entre o vermelho (100% K), azul (100% eU) e verde (100% eTh). A cor branca representa a presença dos três elementos (K, U, Th) e a cor preta, a ausência dos três citados elementos.

O mapa radiométrico ternário, elaborado em escala reduzida para tamanho A4, está sendo apresentado na Figura 17.

#### **5.4. Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K**

Os mapas das razões radiométricas foram elaborados a partir das razões das concentrações dos canais radiométricos de potássio, urânio e tório. Nos mapas de escala 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000 a imagem se superpõe à planimetria básica. O mapa radiométrico da razão Tório/Potássio está sendo 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 A4, está apresentado na Figura 19, a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtido a partir dos dados de GPS e radar altímetro registrado 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 numeradas 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 acompanharão os produtos finais.

#### **5.7. Relatório Final**

O relatório final está sendo apresentado em 15 volumes (Volume I – Texto Técnico e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no projeto 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 Rodrigo Heidy Sternert. A revisão e edição final estiveram a cargo do engenheiro cartógrafo e mestre em geofísica Álvaro Augusto Pereira e da gerente do contrato da CPRM.

#### **5.8. Arquivos Digitais Finais**

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 1 (um) CD-ROM e 3 (três) 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 21, 22, 23 e 24.

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

Os mapas foram gravados em arquivos de plotagem do tipo HPGL (*Hewlett Packard Graphics Language*) e *GEOSOFT MAP*. As informações planimétricas foram confeccionadas com auxílio do software *ESRI ArcGis Engine* versão 9.2.1324.0.

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 11555 e as linhas de controle numeradas de 19010 a 19460 e 19470 para a aeronave PR-PEC, e as linhas de vôo de 21560 a 24710 e linhas de controle de 19465 e 19475 para a aeronave PR-PRS. Todas estas linhas listadas foram aprovadas e utilizadas no processamento e estão organizadas por ordem crescente de numeração.

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

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

Tabela 21 – Banco de dados *Geosoft* (GDB) – Magnetometria.

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de Vôo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
MAGBASE	Campo Magnético da Base Fixa	nT
MAGBRU	Campo Magnético não Compensado	nT
MAGCOM	Campo Magnético Compensado	nT
MAGCOR	Campo Magnético Corrigido da Variação Diurna	nT
MAGNIV	Campo Magnético Total Nivelado	nT
MAGMIC	Campo Magnético Micronivelado	nT
MAGIGRF	Campo Magnético 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 22 - Banco de dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria.

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de 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	μR/h
KPERC	Potássio em Porcentagem	%
eU	Urânio em ppm	ppm
eTh	Tório em ppm	ppm
THKRAZÃO	Razão entre Tório e Potássio	-
UKRAZÃO	Razão entre Urânio e Potássio	-
UTHRAZÃO	Razão entre Urânio e Tório	-
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) – Gamaespectrometria 256 canais.

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



Tabela 24 - Arquivo de Cruzamento XYZ – Magnetometria.

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

### 5.9. Arquivos Poligonais

Estão sendo entregues também, no formato *Geosoft* PLY, os arquivos correspondentes ao corte das folhas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000. 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 a 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 registros analógicos permanecerão sob guarda e conservação da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda., conforme determina a Portaria Nº 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

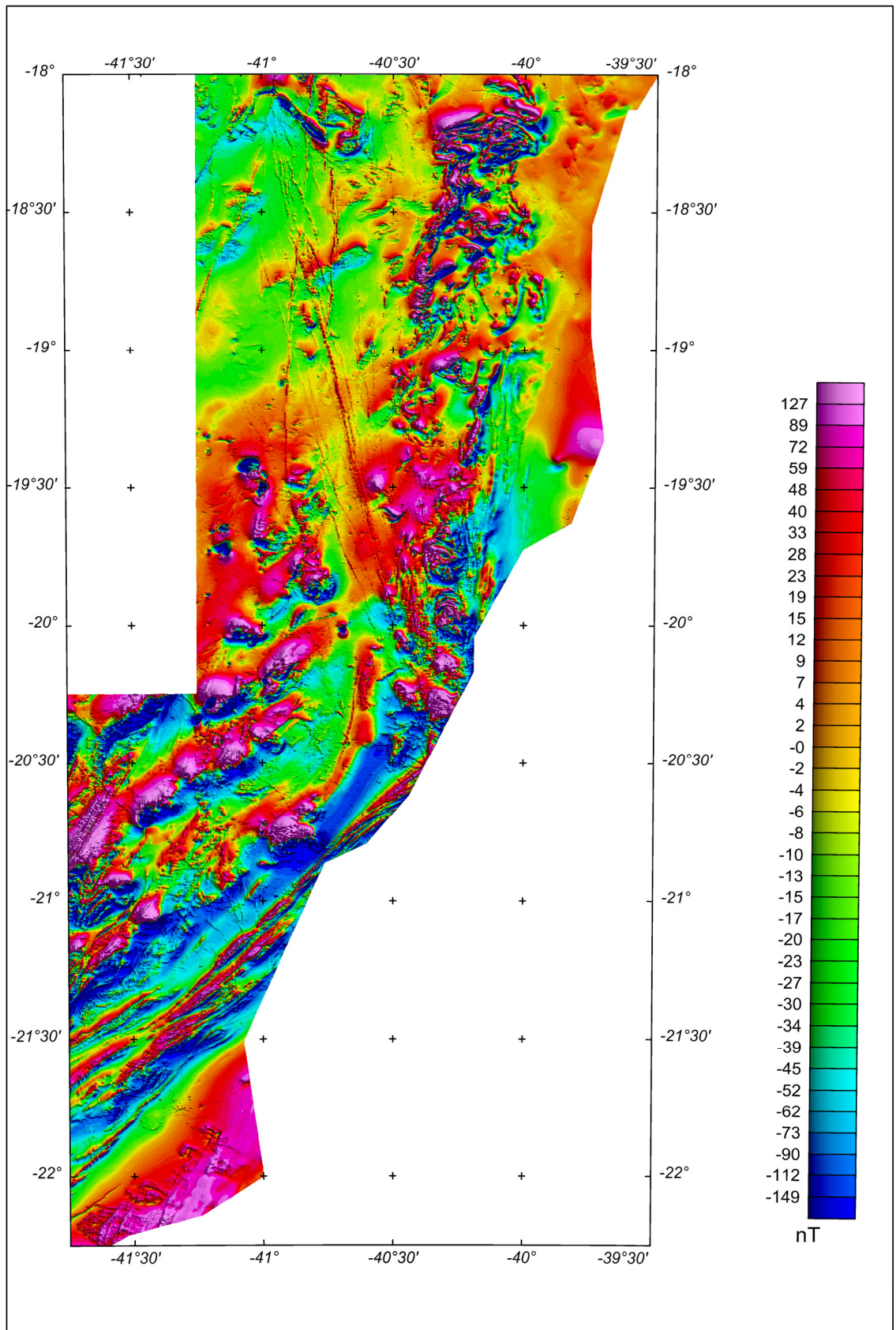


Figura 14 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

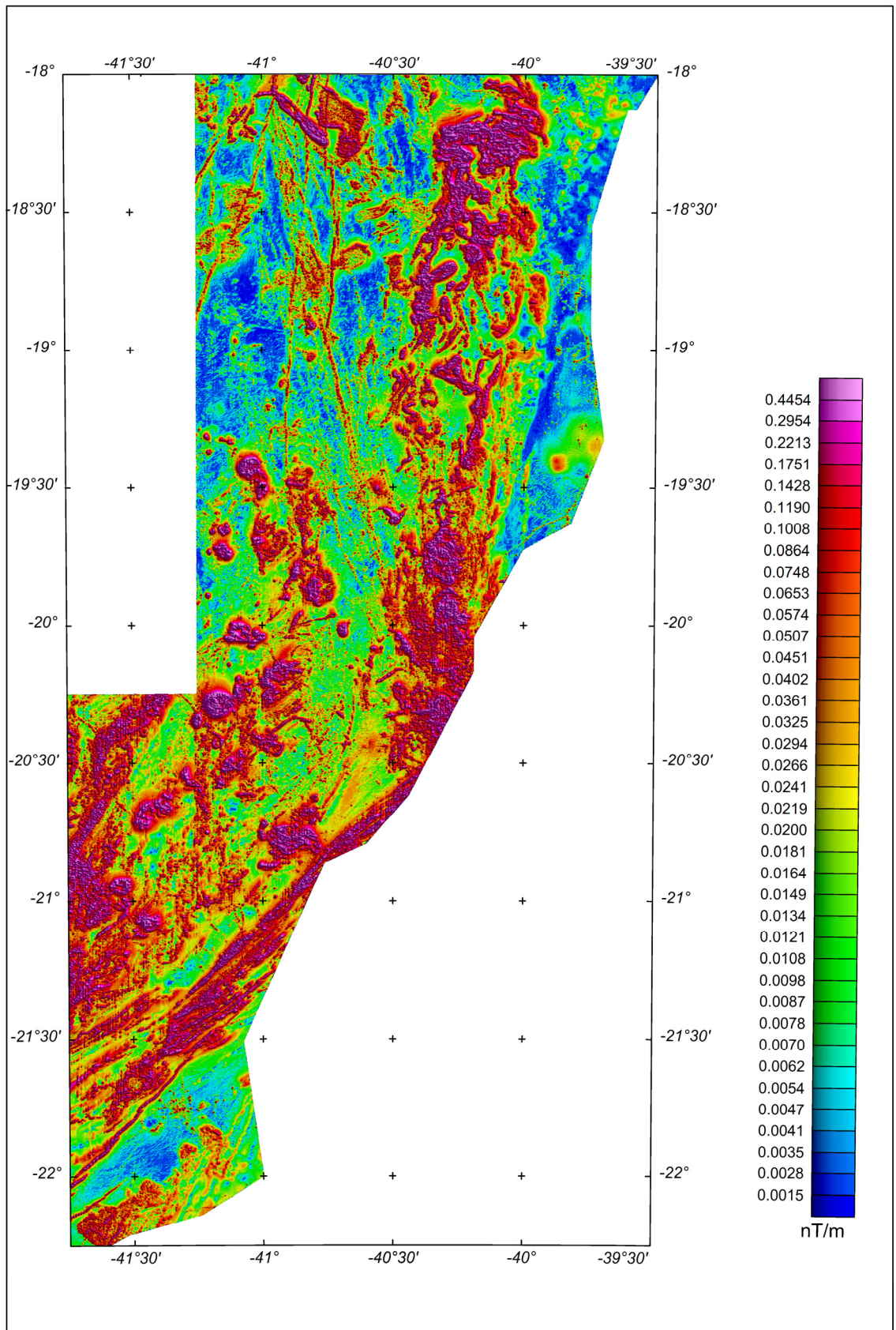


Figura 15 – Mapa do sinal analítico do campo magnético total (reduzido do IGRF).  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)



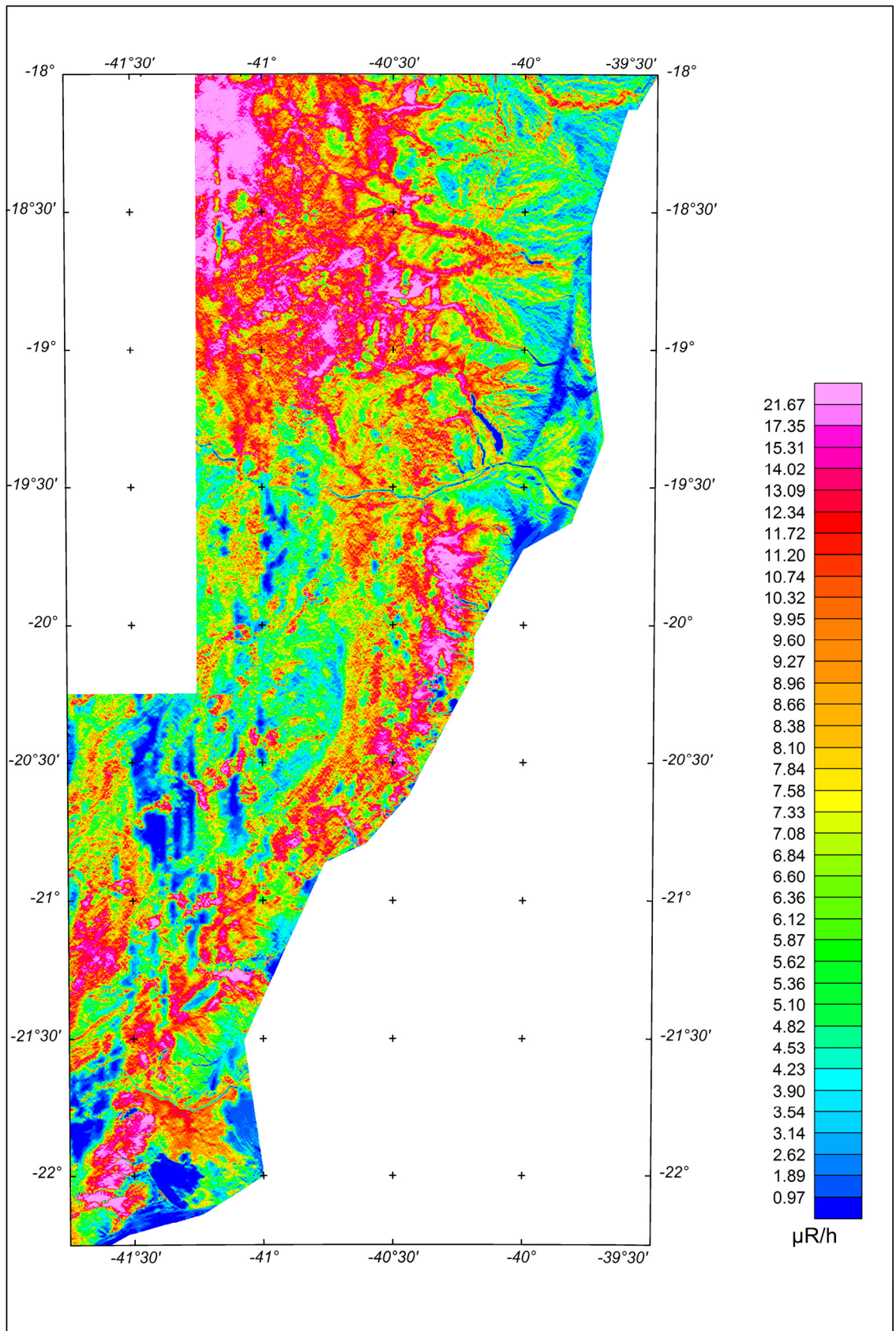


Figura 16 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do canal de Contagem Total.

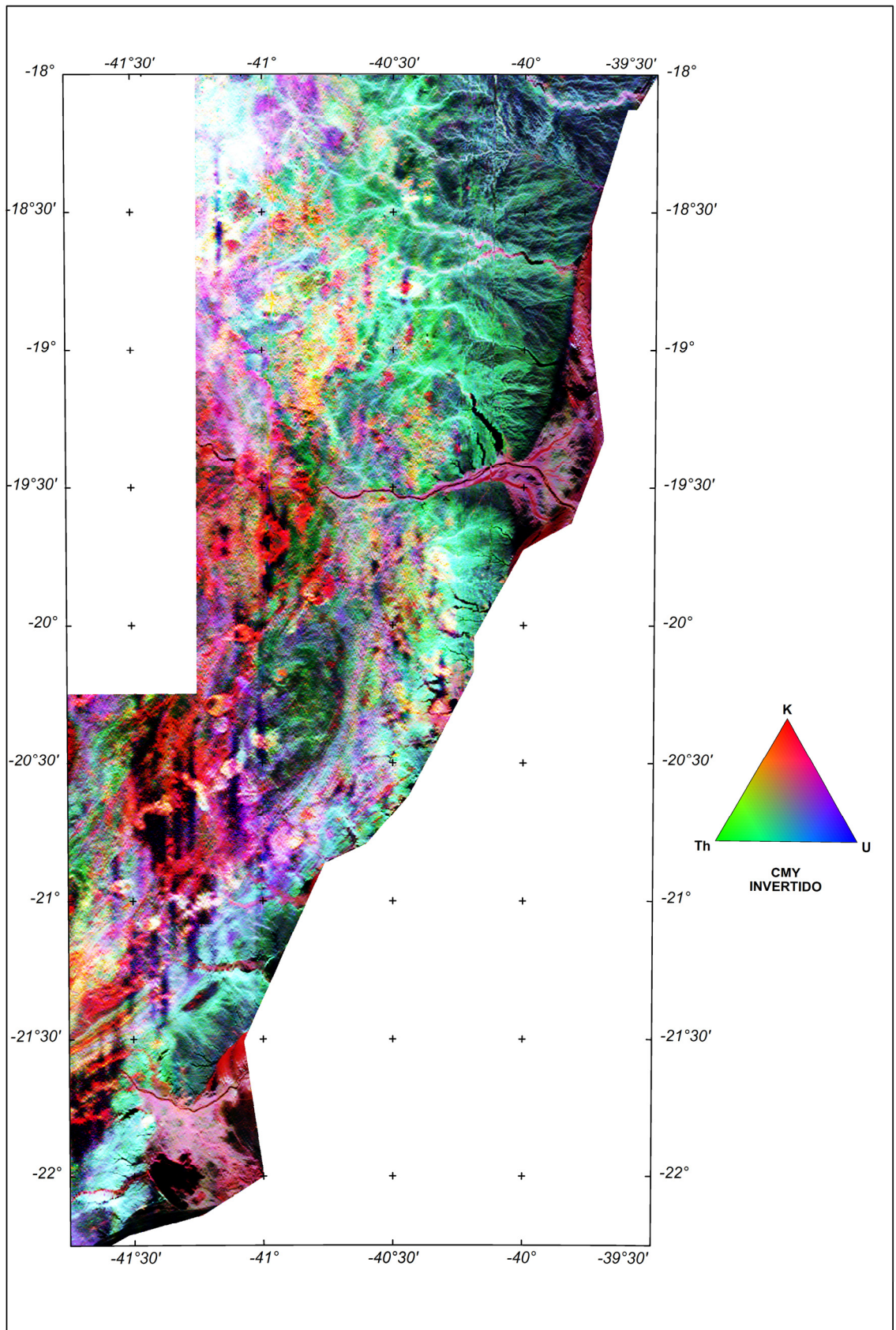


Figura 17 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th).



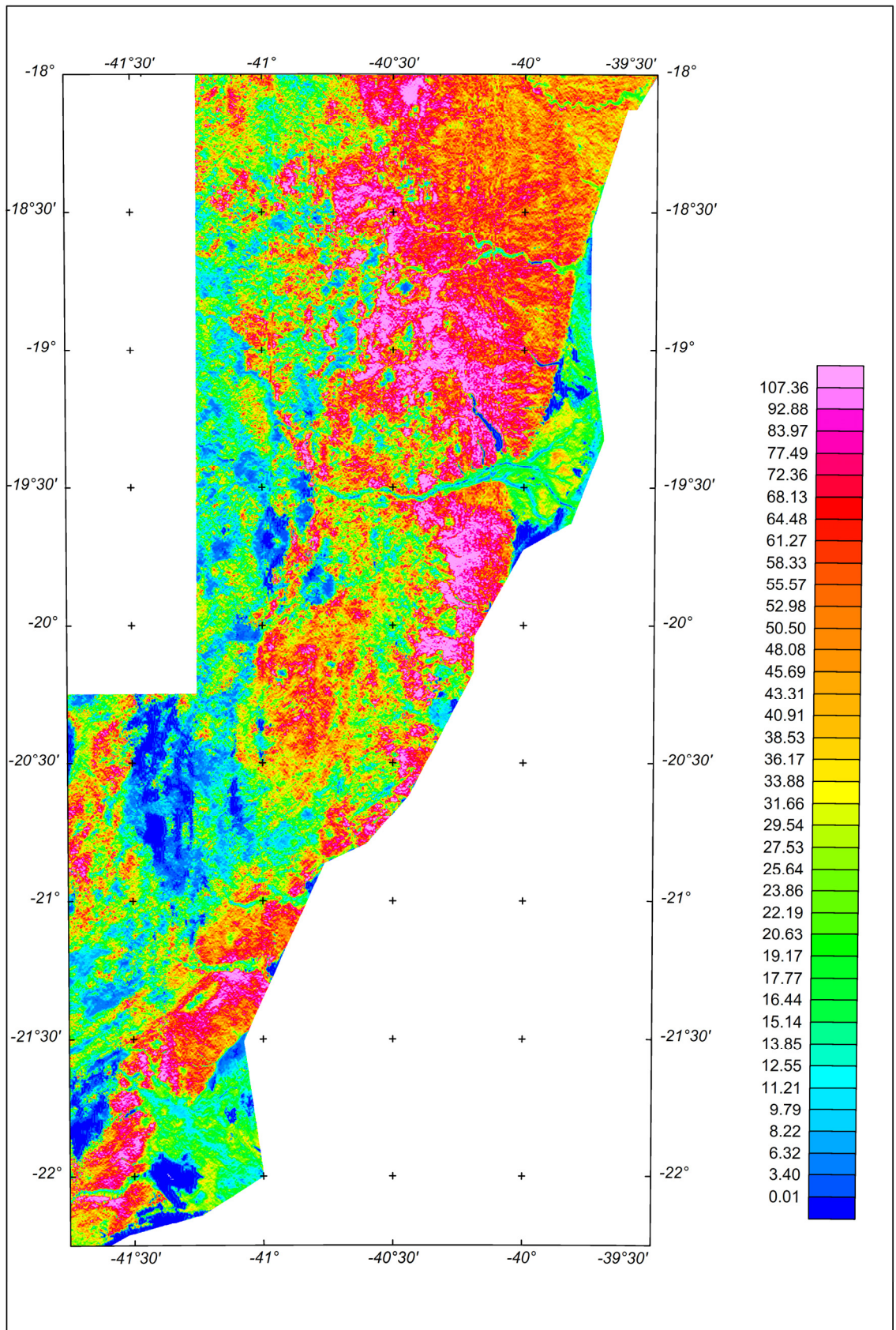


Figura 18 – Mapa Radiométrico da razão Tório / Potássio.

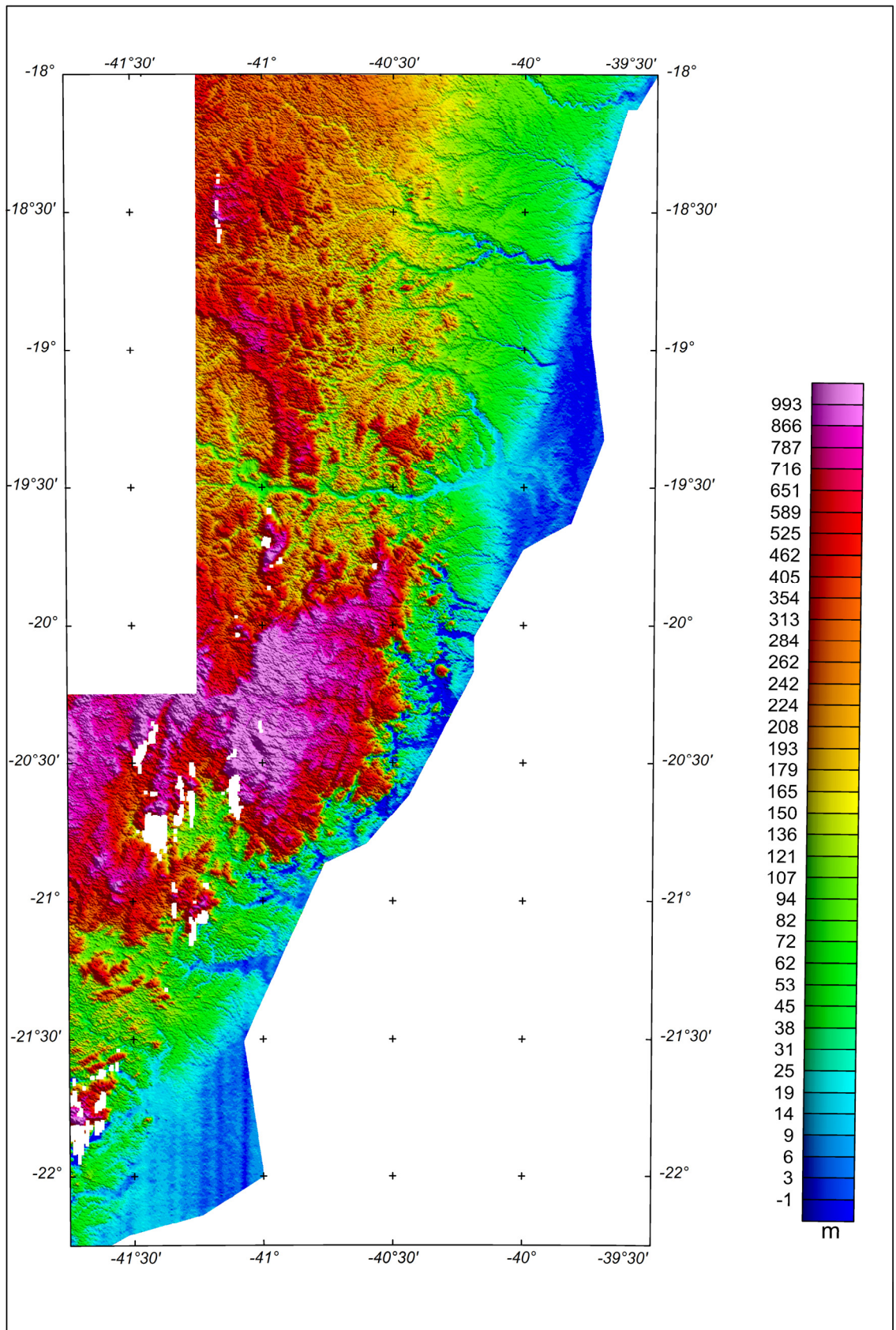


Figura 19 – Mapa pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno.  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

## 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:

Marcos Teles	Geofísico	SUREG-RE
Paulo Gomes	Engenheiro de Minas	SUREG-SA
Ludwig Zellner	Assistente Executivo	DIGEOF-ERJ

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

## 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.
- ESRI - 2007** - Arc Gis Engine Runtime versão 9.2.1324 para Target for Arc Gis versão 7.0.1, desenvolvido pela Geosoft Inc. 1 CD-ROM.
- 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, Austrália. p. 19-24.
- IAEA. - 1991** - Airbone gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria. p. 21-52.
- IAEA. - 2003** - Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria. p. 25-26, 56.
- IBGE. - 1989** - Manual Técnico de Noções Básicas de Cartografia - Fundação IBGE. Rio de Janeiro, Brasil.



**ANEXO I – RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO  
GAMAESPECTRÔMETRO.**

**ANEXO I – a - RESULTADOS DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD E UPWARD*)**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

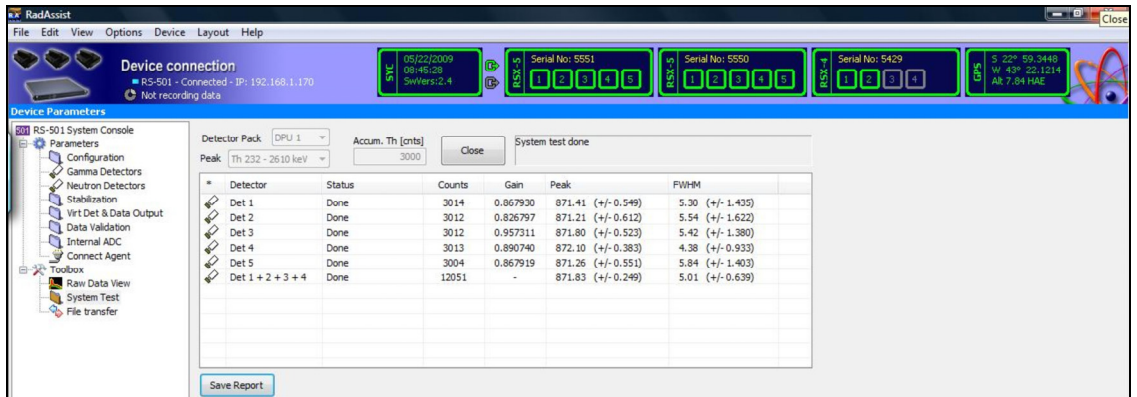
PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO  
CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

RESULTADOS DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD* E *UPWARD*)

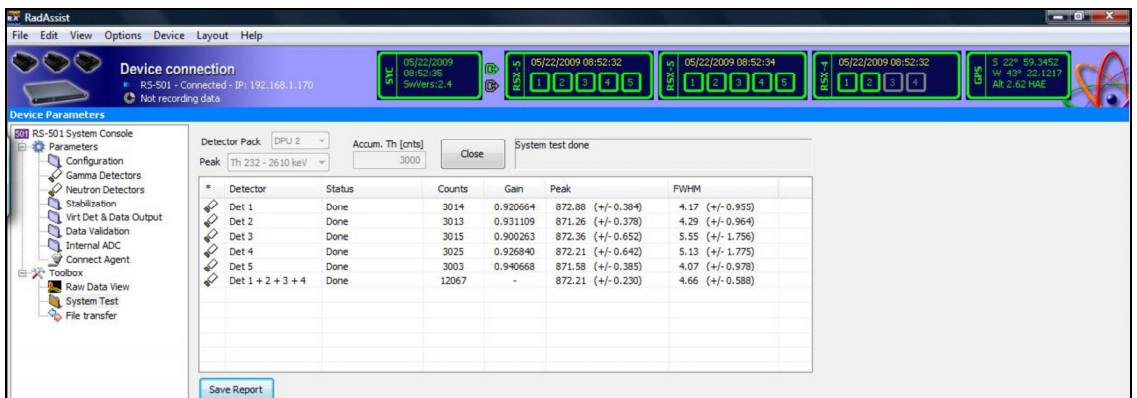
AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PRS

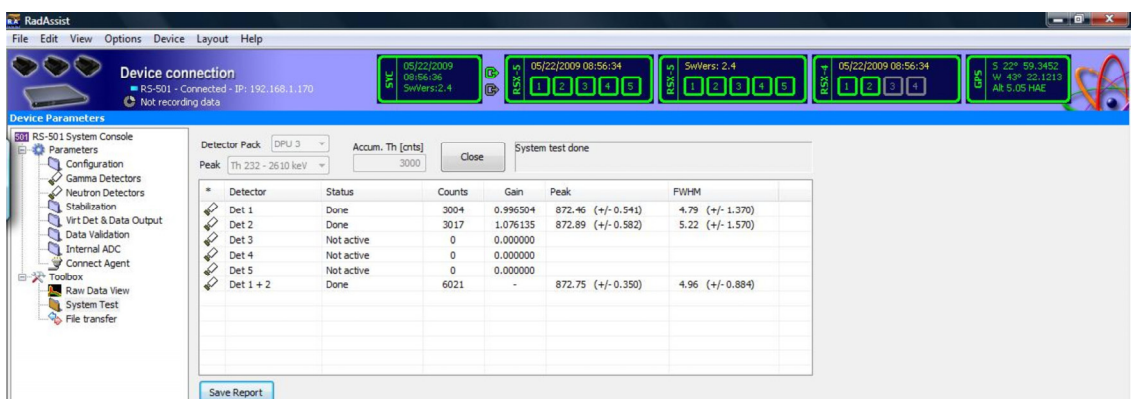
RIO DE JANEIRO - RJ  
22 DE MAIO DE 2009



Arquivo (formato \*.jpg) gravado no dia 22/05/09 no hangar em Jacarepaguá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PRS (Caixa A).



Arquivo (formato \*.jpg) gravado no dia 22/05/09 no hangar em Jacarepaguá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PRS (Caixa B).



Arquivo (formato \*.jpg) gravado no dia 22/05/09 no hangar em Jacarepaguá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PRS (Caixa C).

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO

CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

RESULTADOS DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(DOWNWARD E UPWARD)

AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350

PR-PEC

RIO DE JANEIRO - RJ  
17 DE FEVEREIRO DE 2009

Detector	Det 1	Det 2	Det 3	Det 4	Det 5	Det 1+2+3+4
Status	Done	Done	Done	Done	Done	Done
Counts	5015	5024	5010	5006	5005	20055
Gain	0.917201	0.908886	0.993999	0.958951	0.926521	-
Peak	871.59 (+/- 0.290)	870.84 (+/- 0.343)	870.47 (+/- 0.353)	872.01 (+/- 0.374)	871.91 (+/- 0.381)	871.20 (+/- 0.153)
FWHM	4.18 (+/- 0.691)	4.49 (+/- 0.863)	5.03 (+/- 0.884)	4.47 (+/- 0.969)	4.90 (+/- 1.007)	4.45 (+/- 0.383)

Arquivo (formato Excel) gravado no dia 17/02/09 no hangar em Jacarepaguá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PEC (Caixa A).

Detector	Det 1	Det 2	Det 3	Det 4	Det 5	Det 1+2+3+4
Status	Done	Done	Done	Done	Done	Done
Counts	5014	5002	5004	5023	5015	20043
Gain	0.900364	0.917077	0.915204	0.900332	0.943594	-
Peak	872.39 (+/- 0.281)	872.24 (+/- 0.325)	871.99 (+/- 0.307)	871.72 (+/- 0.308)	873.16 (+/- 0.341)	872.11 (+/- 0.150)
FWHM	4.13 (+/- 0.706)	4.28 (+/- 0.807)	4.17 (+/- 0.776)	4.25 (+/- 0.769)	4.62 (+/- 0.882)	4.17 (+/- 0.367)

Arquivo (formato Excel) gravado no dia 17/02/09 no hangar em Jacarepaguá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PEC (Caixa B).

Detector	Det 1	Det 2	Det 3	Det 4	Det 5	Det 1+4
Status	Done	Not active	Not active	Done	Not active	Done
Counts	5024	0	0	5007	0	10031
Gain	0.923722	0	0	0.938151	0	-
Peak	873.31 (+/- 0.349)			872.11 (+/- 0.315)		872.87 (+/- 0.245)
FWHM	4.44 (+/- 0.870)			4.98 (+/- 0.815)		4.60 (+/- 0.634)

Arquivo (formato Excel) gravado no dia 17/02/09 no hangar em Jacarepaguá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PEC (Caixa C).

**ANEXO I – b - RESULTADOS DOS TESTES DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO *COMPTON***

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO  
CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

RESULTADO DO TESTE DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO *COMPTON*

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350  
PR-PRS

RIO DE JANEIRO - RJ  
22 DE MAIO DE 2009



**Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os**
**Tanques de Calibração Transportáveis**
**Aeronave PR-PRS**

<b>Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento</b> <b><u>Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PRS</u></b> Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>					
<b>Pacote de cristais A (1.024 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
<b>Num. Linha</b>	<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K (média)</b>	<b>U (média)</b>	<b>Th (média)</b>
BG1	<i>Background</i>	600	316,70	59,77	90,02
TH1	Tório	600	401,83	120,36	274,25
U1	Urânio	600	420,51	188,83	98,83
K1	Potássio	600	520,24	59,36	90,06
<b>Pacote de cristais B (1.024 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
<b>Num. Linha</b>	<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K (média)</b>	<b>U (média)</b>	<b>Th (média)</b>
BG2	<i>Background</i>	600	307,84	58,65	94,49
TH2	Tório	600	361,16	100,19	218,28
U2	Urânio	600	374,45	144,15	98,08
K2	Potássio	600	441,69	58,33	93,40
<b>Pacote de cristais C (512 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
<b>Num. Linha</b>	<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K (média)</b>	<b>U (média)</b>	<b>Th (média)</b>
BG3	<i>Background</i>	600	210,12	35,14	63,13
TH3	Tório	600	222,69	45,36	93,97
U3	Urânio	600	226,66	57,41	64,61
K3	Potássio	600	242,76	35,43	63,28

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento				
<u>Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PRS</u>				
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>				
Pacote de cristais A (1.024 pol <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	190018	35865	54013
Tório	600	241101	72214	164551
Urânio	600	252306	113299	59295
Potássio	600	312144	35618	54035
Pacote de cristais B (1.024 pol <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	184706	35190	56693
Tório	600	216694	60111	130968
Urânio	600	224672	86491	58845
Potássio	600	265011	34995	56042
Pacote de cristais C (512 pol <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	126072	21082	37876
Tório	600	133611	27213	56379
Urânio	600	135994	34443	38763
Potássio	600	145656	21257	37968
Pacotes de cristais A, B e C (2.560 pol <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	500795	92137	148581
Tório	600	591406	91870	148045
Urânio	600	612972	234233	156903
Potássio	600	722811	159538	351898

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 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

Rio de Janeiro, 22/05/2009 - Caixa A - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS
B Pad    600.0  190018.  35865.   54013.
K Pad    600.0  312144.  35618.   54035.
U Pad    600.0  252306.  113299.  59295.
T Pad    600.0  241101.  72214.  164551.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.819E+01 (3.865E-01)  2.023E+00 (4.615E-02)  6.212E-01 (1.357E-02)
2.508E-01 (6.377E-02)  2.476E+00 (4.934E-02)  4.163E-01 (7.835E-03)
3.039E-01 (8.082E-02)  1.397E-01 (1.205E-02)  1.376E+00 (2.239E-02)

INVERSE A-MATRIX:

3.581E-02 (4.948E-04) -2.884E-02 (5.000E-04) -7.445E-03 (2.605E-04)
-2.336E-03 (9.794E-04)  4.127E-01 (8.167E-03) -1.238E-01 (2.945E-03)
-7.673E-03 (2.114E-03) -3.555E-02 (3.196E-03)  7.412E-01 (1.204E-02)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.819E+01 (3.865E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.476E+00 (4.934E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.376E+00 (2.239E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.298E+01 (4.522E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.897E+00 (5.772E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.637E+00 (2.665E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3026 ( .0034)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4516 ( .0071)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8171 ( .0107)

U INTO TH (A = A32/A22): .0564 ( .0047)

K INTO TH (B = A31/A11): .0108 ( .0029)

K INTO U (G = A21/A11): .0089 ( .0023)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.736E+02 (1.101E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 5.608E+01 (4.115E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 8.635E+01 (5.162E-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

Rio de Janeiro, 22/05/2009 - Caixa B - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS

B Pad   600.0  184706.  35190.  56693.
K Pad   600.0  265011.  34995.  56042.
U Pad   600.0  224672.  86491.  58845.
T Pad   600.0  216694.  60111.  130968.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.853E+01 (2.773E-01)  1.299E+00 (3.339E-02)  3.890E-01 (1.041E-02)
1.611E-01 (6.212E-02)  1.640E+00 (3.356E-02)  2.862E-01 (5.973E-03)
4.830E-02 (7.974E-02)  4.883E-02 (1.139E-02)  9.249E-01 (1.550E-02)

INVERSE A-MATRIX:

5.436E-02 (8.262E-04)  -4.276E-02 (8.863E-04)  -9.628E-03 (4.938E-04)
-4.890E-03 (2.210E-03)  6.191E-01 (1.255E-02)  -1.895E-01 (4.821E-03)
-2.581E-03 (4.693E-03)  -3.045E-02 (6.627E-03)  1.092E+00 (1.816E-02)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.853E+01 (2.773E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.640E+00 (3.356E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 9.249E-01 (1.550E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.168E+01 (3.245E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.919E+00 (3.926E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.101E+00 (1.844E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3095 ( .0046)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4206 ( .0094)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7920 ( .0145)

U INTO TH (A = A32/A22): .0298 ( .0069)

K INTO TH (B = A31/A11): .0026 ( .0043)

K INTO U (G = A21/A11): .0087 ( .0034)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.796E+02 (9.849E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 5.618E+01 (3.983E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 9.228E+01 (5.100E-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

Rio de Janeiro, 22/05/2009 - Caixa C - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	126072.	21082.	37876.
K Pad	600.0	145656.	21257.	37968.
U Pad	600.0	135994.	34443.	38763.
T Pad	600.0	133611.	27213.	56379.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

4.519E+00 (1.328E-01)	3.225E-01 (1.769E-02)	9.152E-02 (6.477E-03)
9.261E-02 (4.763E-02)	4.274E-01 (1.119E-02)	7.009E-02 (2.933E-03)
7.104E-02 (6.380E-02)	2.351E-02 (8.939E-03)	2.303E-01 (5.238E-03)

INVERSE A-MATRIX:

2.253E-01 (6.870E-03)	-1.679E-01 (8.517E-03)	-3.844E-02 (5.747E-03)
-3.806E-02 (2.727E-02)	2.408E+00 (6.181E-02)	-7.178E-01 (3.197E-02)
-6.564E-02 (6.245E-02)	-1.940E-01 (8.127E-02)	4.428E+00 (9.556E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.519E+00 (1.328E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 4.274E-01 (1.119E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.303E-01 (5.238E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 5.287E+00 (1.554E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 5.001E-01 (1.309E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.740E-01 (6.233E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3044 ( .0128)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3974 ( .0282)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7546 ( .0410)

U INTO TH (A = A32/A22): .0550 ( .0209)

K INTO TH (B = A31/A11): .0157 ( .0141)

K INTO U (G = A21/A11): .0205 ( .0106)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.032E+02 (7.465E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 3.443E+01 (3.028E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 6.248E+01 (4.060E-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 e 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

Rio de Janeiro, 22/05/2009 - Caixa A+B+C - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS
B Pad    600.0   500795.   92137.   148581.
K Pad    600.0   722811.   91870.   148045.
U Pad    600.0   612972.  234233.   156903.
T Pad    600.0   591406.  159538.   351898.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

5.124E+01 (6.858E-01)  3.645E+00 (8.116E-02)  1.102E+00 (2.330E-02)
5.045E-01 (1.033E-01)  4.544E+00 (8.952E-02)  7.726E-01 (1.389E-02)
4.235E-01 (1.356E-01)  2.121E-01 (2.008E-02)  2.531E+00 (4.075E-02)

INVERSE A-MATRIX:

1.970E-02 (2.653E-04) -1.562E-02 (2.552E-04) -3.807E-03 (1.269E-04)
-1.650E-03 (4.750E-04) 2.245E-01 (4.394E-03) -6.783E-02 (1.552E-03)
-3.158E-03 (1.057E-03) -1.620E-02 (1.571E-03) 4.015E-01 (6.452E-03)
WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

```

K SENSITIVITY (A11) = 5.124E+01 (6.858E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 4.544E+00 (8.952E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.531E+00 (4.075E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 5.995E+01 (8.024E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 5.317E+00 (1.047E-01) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 3.012E+00 (4.849E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3053 ( .0029)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4353 ( .0063)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8022 ( .0095)

U INTO TH (A = A32/A22): .0467 ( .0043)

K INTO TH (B = A31/A11): .0083 ( .0026)

K INTO U (G = A21/A11): .0098 ( .0020)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 7.564E+02 (1.853E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.467E+02 (6.682E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.411E+02 (8.679E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO

CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

RESULTADO DO TESTE DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO *COMPTON*

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PEC

RIO DE JANEIRO - RJ  
17 DE FEVEREIRO DE 2009

**Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os**
**Tanques de Calibração Transportáveis**
**Aeronave PR-PEC**

<b>Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento</b> <b><u>Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PEC</u></b> Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>					
<b>Pacote de cristais A (1.024 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
<b>Num. Linha</b>	<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K (média)</b>	<b>U (média)</b>	<b>Th (média)</b>
BG1	<i>Background</i>	600	322,22	57,27	98,16
TH1	Tório	600	393,46	108,65	266,69
U1	Urânio	600	417,82	184,27	104,43
K1	Potássio	600	504,74	55,26	96,12
<b>Pacote de cristais B (1.024 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
<b>Num. Linha</b>	<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K (média)</b>	<b>U (média)</b>	<b>Th (média)</b>
BG2	<i>Background</i>	600	263,61	57,65	101,33
TH2	Tório	600	314,92	94,40	217,20
U2	Urânio	600	326,63	137,76	105,75
K2	Potássio	600	394,00	56,74	100,64
<b>Pacote de cristais C (512 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
<b>Num. Linha</b>	<b>Tanque</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>K (média)</b>	<b>U (média)</b>	<b>Th (média)</b>
BG3	<i>Background</i>	600	216,85	46,25	86,94
TH3	Tório	600	240,27	64,20	141,45
U3	Urânio	600	248,31	86,75	89,39
K3	Potássio	600	281,28	45,87	86,62

<b>Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento</b> <b>Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PEC</b> Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>				
<b>Pacote de cristais A (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	289995	51537	88345
Tório	600	354118	97785	240017
Urânio	600	376041	165839	93983
Potássio	600	454265	49731	86506
<b>Pacote de cristais B (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	237245	51885	91199
Tório	600	283431	84957	195481
Urânio	600	293971	123986	95179
Potássio	600	354604	51068	90573
<b>Pacote de cristais C (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	195163	41627	78243
Tório	600	216241	57778	127302
Urânio	600	223482	78072	80454
Potássio	600	253154	41279	77961
<b>Pacotes de cristais A, B e C (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	722403	145048	257786
Tório	600	853790	240520	562800
Urânio	600	893494	367897	269616
Potássio	600	1062023	142078	255040

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 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

Rio de Janeiro, 17/02/2009 - Caixa A - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	289995.	51537.	88345.
K Pad	600.0	454265.	49731.	86506.
U Pad	600.0	376041.	165839.	93983.
T Pad	600.0	354118.	97785.	240017.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

3.792E+01 (5.113E-01)	2.796E+00 (6.217E-02)	7.773E-01 (1.702E-02)
2.198E-02 (7.676E-02)	3.657E+00 (7.208E-02)	5.219E-01 (9.725E-03)
-1.431E-02 (1.037E-01)	1.395E-01 (1.533E-02)	1.888E+00 (3.053E-02)

INVERSE A-MATRIX:

2.638E-02 (3.579E-04)	-1.997E-02 (3.263E-04)	-5.343E-03 (1.719E-04)
-1.891E-04 (5.872E-04)	2.765E-01 (5.412E-03)	-7.636E-02 (1.806E-03)
2.140E-04 (1.462E-03)	-2.058E-02 (1.981E-03)	5.352E-01 (8.627E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.792E+01 (5.113E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 3.657E+00 (7.208E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.888E+00 (3.053E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.436E+01 (5.982E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 4.279E+00 (8.433E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.247E+00 (3.633E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2764 ( .0029)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4117 ( .0065)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7645 ( .0090)

U INTO TH (A = A32/A22): .0381 ( .0041)

K INTO TH (B = A31/A11): -.0004 ( .0027)

K INTO U (G = A21/A11): .0006 ( .0020)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 4.254E+02 (1.397E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 8.114E+01 (5.018E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.429E+02 (6.660E-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

Rio de Janeiro, 17/02/2009 - Caixa B - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS
B Pad   600.0  237245.  51885.   91199.
K Pad   600.0  354604.  51068.   90573.
U Pad   600.0  293971.  123986.  95179.
T Pad   600.0  283431.  84957.   195481.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.708E+01 (3.803E-01)  1.845E+00 (4.418E-02)  5.623E-01 (1.336E-02)
9.747E-02 (7.553E-02)  2.306E+00 (4.646E-02)  3.779E-01 (7.610E-03)
1.362E-01 (1.019E-01)  9.942E-02 (1.466E-02)  1.298E+00 (2.146E-02)

INVERSE A-MATRIX:

3.708E-02 (5.271E-04) -2.934E-02 (5.472E-04) -7.520E-03 (2.949E-04)
-9.415E-04 (1.304E-03) 4.399E-01 (8.791E-03) -1.277E-01 (3.155E-03)
-3.819E-03 (2.932E-03) -3.061E-02 (4.339E-03) 7.809E-01 (1.283E-02)

```



WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.708E+01 (3.803E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.306E+00 (4.646E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.298E+00 (2.146E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.168E+01 (4.449E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.698E+00 (5.435E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.545E+00 (2.554E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2911 ( .0039)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4331 ( .0080)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8000 ( .0123)

U INTO TH (A = A32/A22): .0431 ( .0063)

K INTO TH (B = A31/A11): .0050 ( .0038)

K INTO U (G = A21/A11): .0036 ( .0028)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.542E+02 (1.177E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 8.325E+01 (4.864E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.488E+02 (6.509E-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

Rio de Janeiro, 17/02/2009 - Caixa C - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS

B Pad   600.0  195163.  41627.   78243.
K Pad   600.0  253154.  41279.   77961.
U Pad   600.0  223482.  78072.   80454.
T Pad   600.0  216241.  57778.  127302.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.338E+01 (2.269E-01)  9.213E-01 (2.795E-02)  2.560E-01 (9.149E-03)
6.265E-02 (6.692E-02)  1.166E+00 (2.507E-02)  1.840E-01 (4.891E-03)
6.788E-02 (9.213E-02)  5.765E-02 (1.301E-02)  6.106E-01 (1.111E-02)

INVERSE A-MATRIX:

7.511E-02 (1.309E-03)  -5.868E-02 (1.526E-03)  -1.381E-02 (9.823E-04)
-2.760E-03 (4.707E-03)  8.730E-01 (1.855E-02)  -2.619E-01 (7.917E-03)
-8.089E-03 (1.145E-02)  -7.590E-02 (1.614E-02)  1.664E+00 (2.959E-02)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.338E+01 (2.269E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.166E+00 (2.507E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 6.106E-01 (1.111E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.565E+01 (2.654E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.364E+00 (2.934E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 7.266E-01 (1.322E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3013 ( .0070)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4192 ( .0140)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7903 ( .0200)

U INTO TH (A = A32/A22): .0495 ( .0111)

K INTO TH (B = A31/A11): .0051 ( .0069)

K INTO U (G = A21/A11): .0047 ( .0050)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.049E+02 (9.669E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 6.774E+01 (4.280E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.289E+02 (5.874E-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 e 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

Rio de Janeiro, 17/02/2009 - Caixa A+B+C - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS
B Pad   600.0  722403.  145048.  257786.
K Pad   600.0 1062023.  142078.  255040.
U Pad   600.0  893494.  367897.  269616.
T Pad   600.0  853790.  240520.  562800.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

7.837E+01 (1.021E+00)  5.562E+00 (1.197E-01)  1.596E+00 (3.239E-02)
1.823E-01 (1.312E-01)  7.129E+00 (1.394E-01)  1.084E+00 (1.913E-02)
1.900E-01 (1.819E-01)  2.966E-01 (2.715E-02)  3.797E+00 (6.075E-02)

INVERSE A-MATRIX:

1.279E-02 (1.673E-04) -9.872E-03 (1.508E-04) -2.557E-03 (7.357E-05)
-2.326E-04 (2.492E-04)  1.421E-01 (2.761E-03) -4.048E-02 (9.178E-04)
-6.220E-04 (6.170E-04) -1.061E-02 (9.005E-04)  2.667E-01 (4.259E-03)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 7.837E+01 (1.021E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 7.129E+00 (1.394E-01) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 3.797E+00 (6.075E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 9.169E+01 (1.195E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 8.341E+00 (1.630E-01) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 4.518E+00 (7.229E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2855 ( .0024)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4203 ( .0055)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7802 ( .0079)

U INTO TH (A = A32/A22): .0416 ( .0037)

K INTO TH (B = A31/A11): .0024 ( .0023)

K INTO U (G = A21/A11): .0023 ( .0017)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.085E+03 (2.462E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 2.321E+02 (8.599E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 4.205E+02 (1.168E+00) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO

CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PRS

ILHEUS - BA  
24 DE MAIO DE 2009

**RESULTADO DO VÔO CÔSMICO DA AERONAVE PIPER NAVAJO**

**PA31-350 - PR-PRS**

**(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol<sup>3</sup>)**

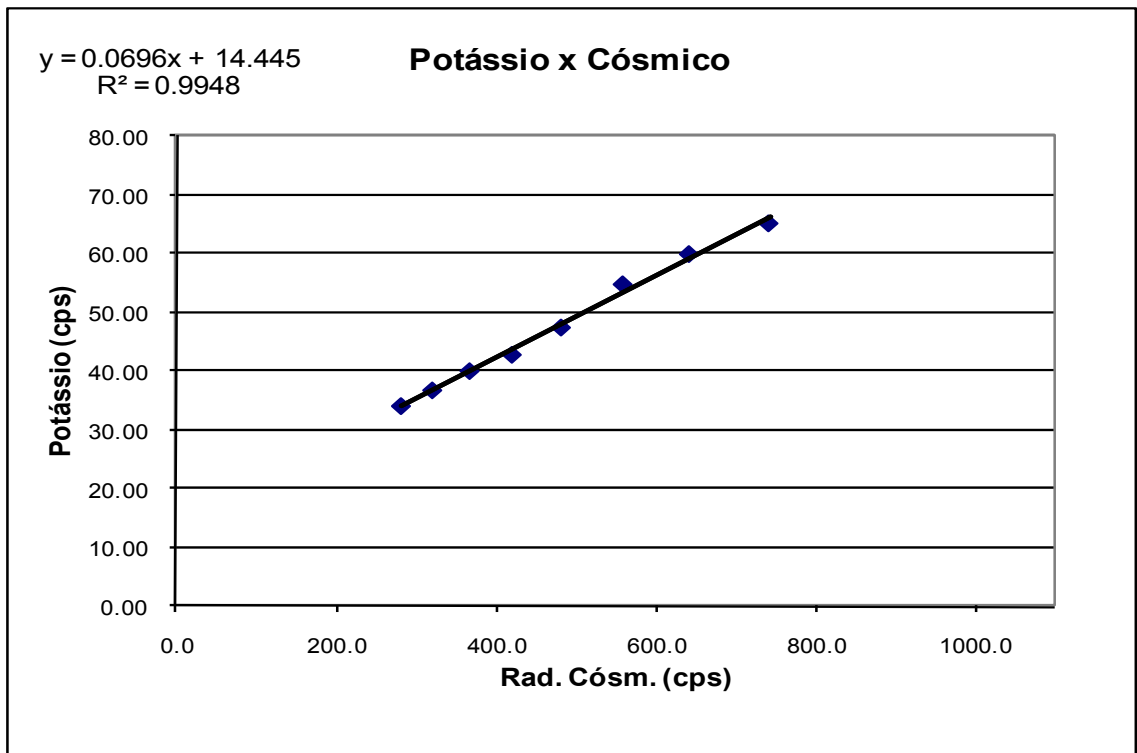
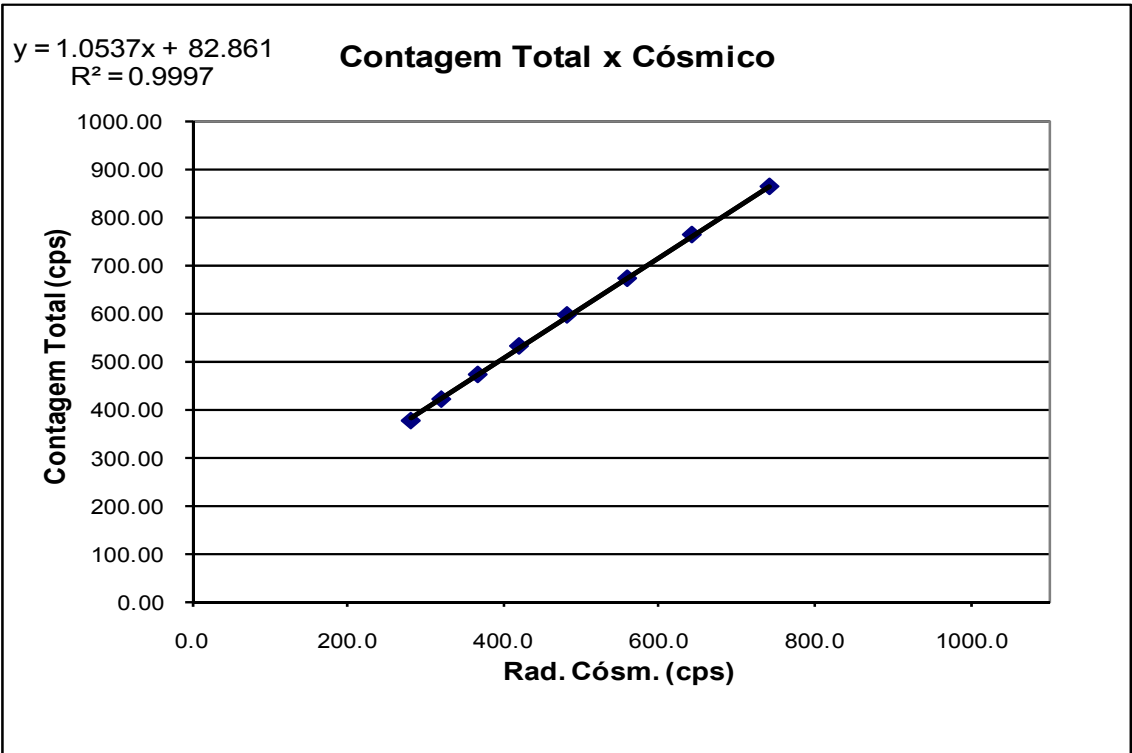
**Rio de Janeiro-RJ em 24 de Maio de 2009**  
**(Realizado no litoral do município de Ilheus-BA)**

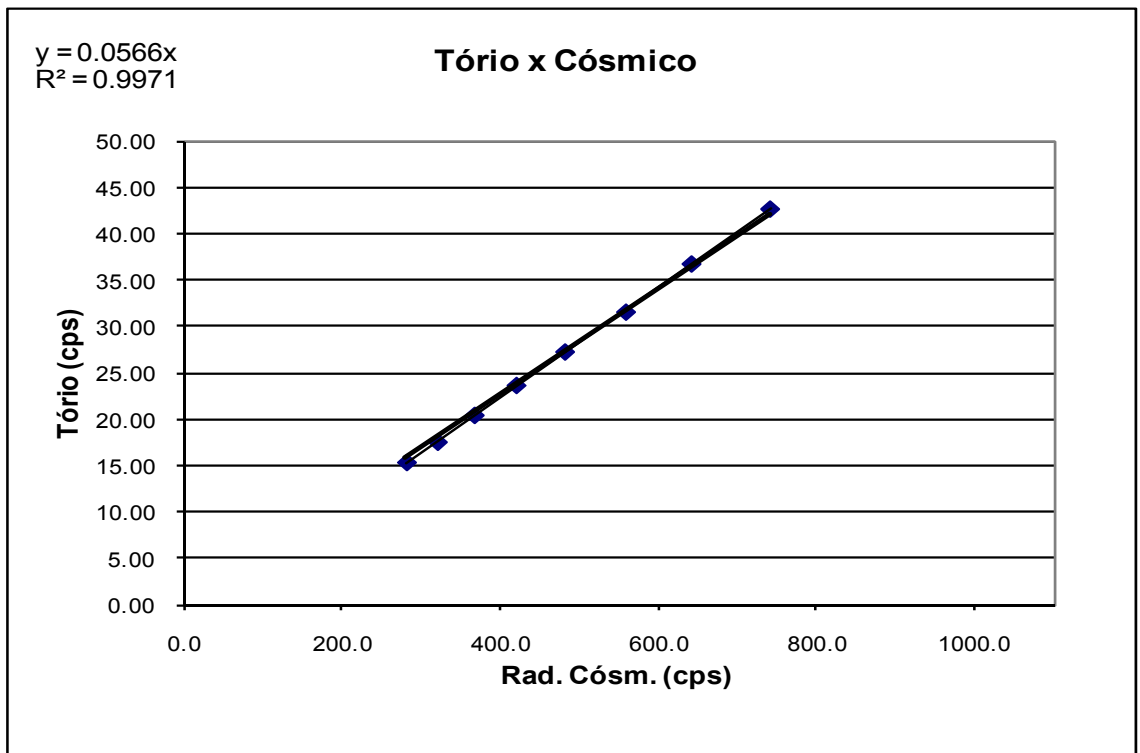
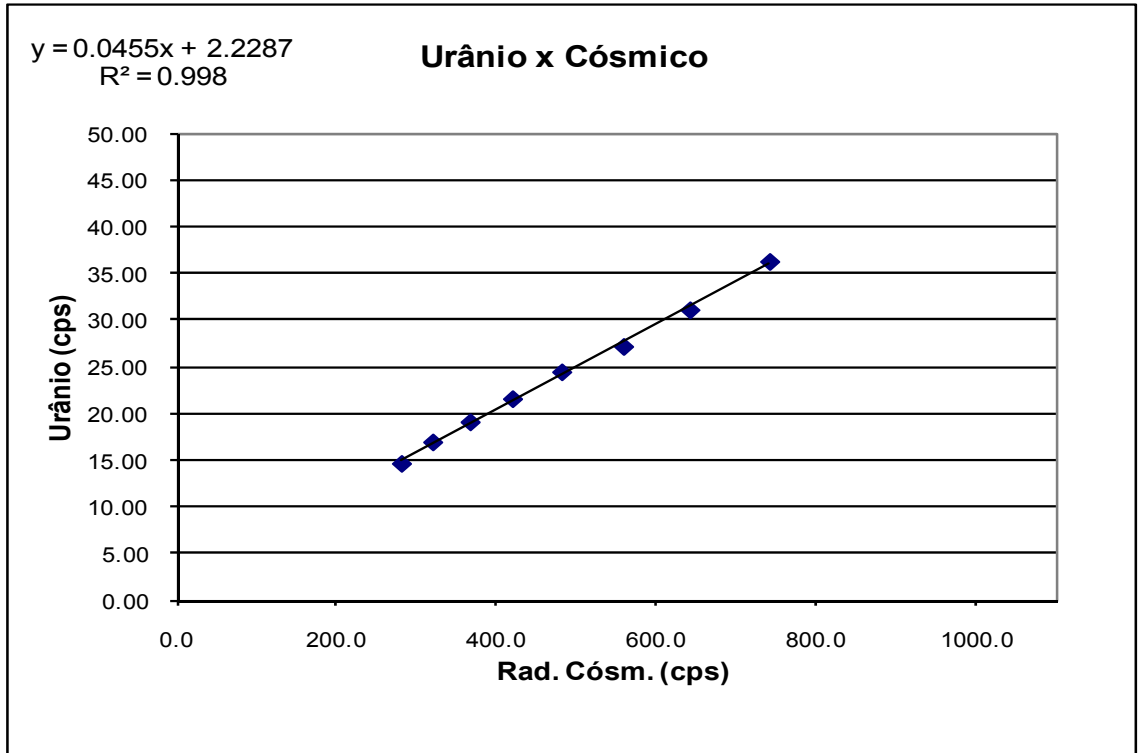
<b>Altitude (m)</b>	<b>Cósmico (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>	<b>Uup (cps)</b>	<b>CT (cps)</b>
1619,87	281,19	14,66	34,13	15,23	2,94	374,72
1943,08	320,35	16,95	36,80	17,43	3,46	419,25
2261,48	367,10	19,10	40,06	20,34	3,84	470,45
2579,24	420,06	21,58	42,83	23,58	4,31	529,77
2904,23	481,63	24,45	47,45	27,21	4,71	594,11
3233,96	558,89	27,17	54,78	31,53	5,34	670,19
3557,00	641,87	31,09	59,91	36,75	6,17	760,90
3882,14	741,55	36,26	65,12	42,70	7,07	860,87
1619,87	281,19	14,66	34,13	15,23	2,94	374,72

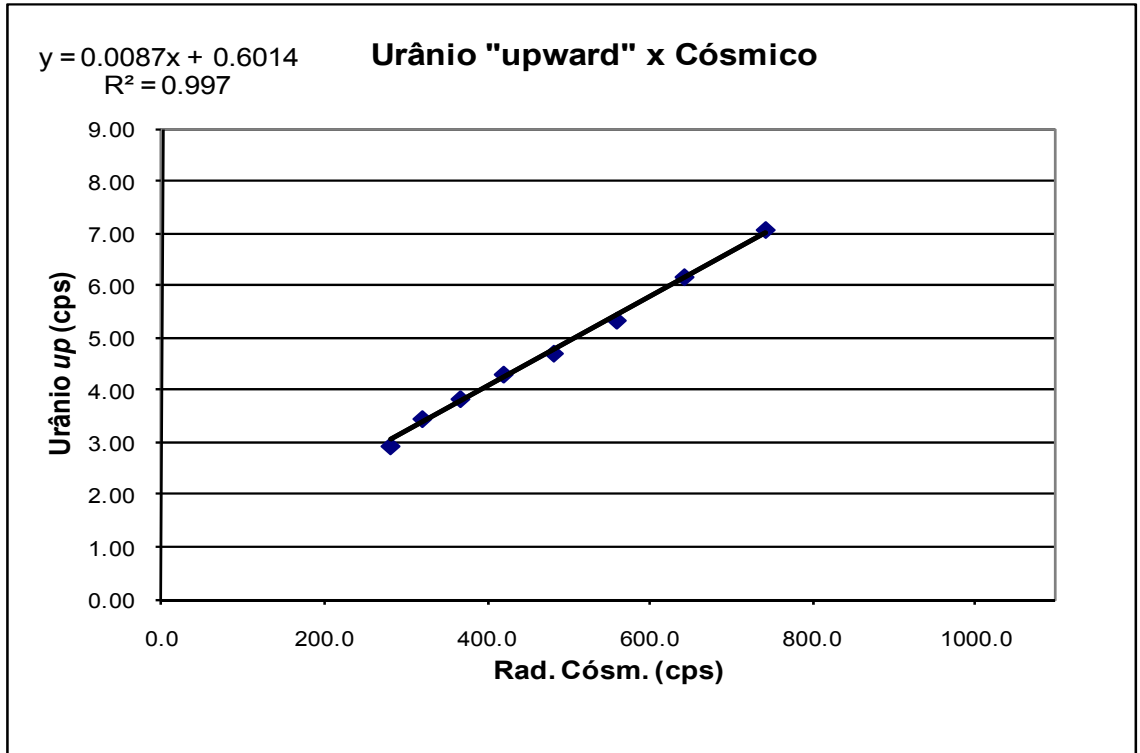
*\* Altitudes utilizadas*

<b>RESULTADO</b>		
<b>CANAL</b>	<b>Background Aeronave</b>	<b>Espalhamento da Radiação Cósmica</b>
<b>CT</b>	82,86	1,0537
<b>K</b>	14,45	0,0696
<b>U</b>	2,2287	0,0455
<b>Th</b>	0	0,0566
<b>Uup</b>	0,06	0,0087









PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO  
CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350  
PR-PEC

FORTALEZA - CE  
22 DE FEVEREIRO DE 2009

**RESULTADO DO VÔO CÓSMICO DA AERONAVE PIPER NAVAJO**

**PA31-350 - PR-PEC**

**(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol<sup>3</sup>)**

**Realizado no litoral do município de Fortaleza-CE em 22 de Fevereiro de 2009**

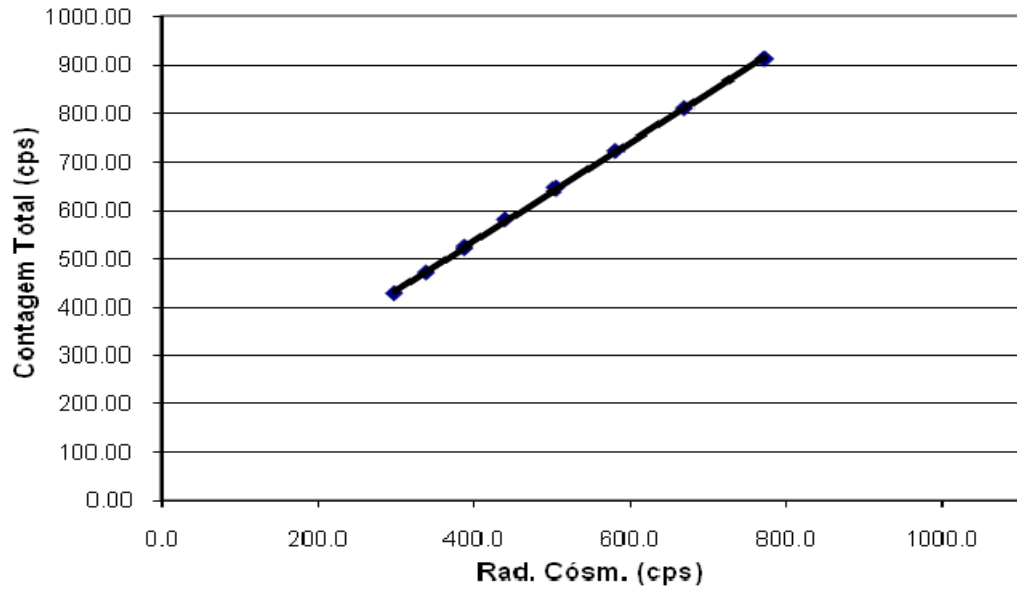
<b>Altitude (m)</b>	<b>Cósmico (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>	<b>Uup (cps)</b>	<b>CT (cps)</b>
1740,86*	297,77	16,93	44,87	16,13	3,38	429,53
2070,35*	338,39	19,07	47,60	18,35	3,82	473,34
2394,07*	387,44	20,83	50,88	21,18	4,41	524,91
2714,29*	439,70	23,60	53,76	23,99	4,79	582,38
3031,99*	503,97	26,60	56,98	28,26	5,32	646,94
3363,27*	581,03	29,70	61,86	32,45	6,16	724,05
3684,85*	668,91	33,85	66,14	37,42	7,02	811,51
4021,29*	770,97	37,98	71,40	44,05	7,83	912,63

*\* Altitudes utilizadas*

<b>RESULTADO</b>		
<b>CANAL</b>	<b>Background Aeronave</b>	<b>Espalhamento da Radiação Cósmica</b>
<b>CT</b>	129,90	1,0195
<b>K</b>	28,90	0,0557
<b>U</b>	3,84	0,0446
<b>Th</b>	0	0,0559
<b>Uup</b>	0,65	0,0094

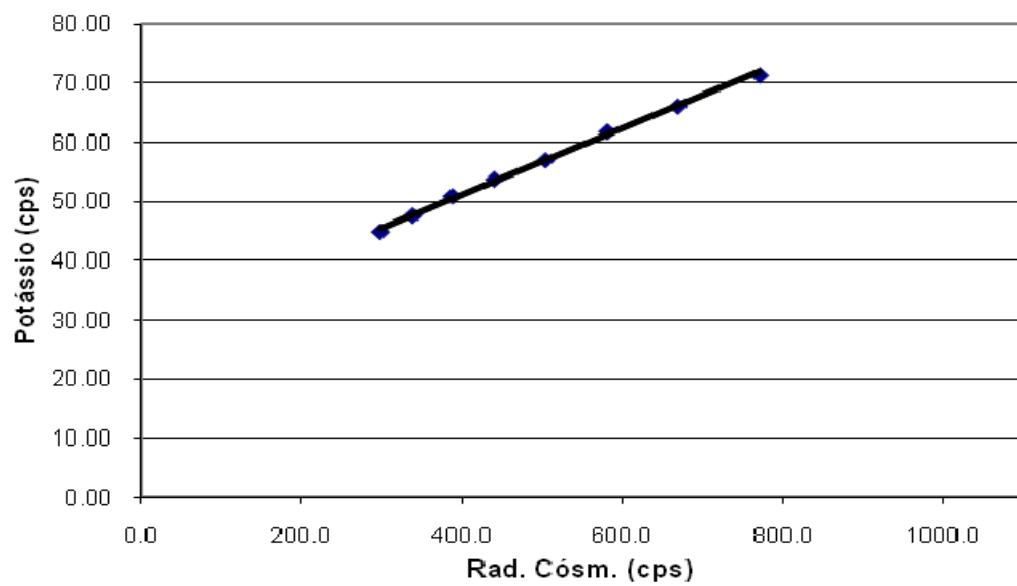
$y = 1.0195x + 129.9$   
 $R^2 = 0.9997$

**Contagem Total x Cósmitico**



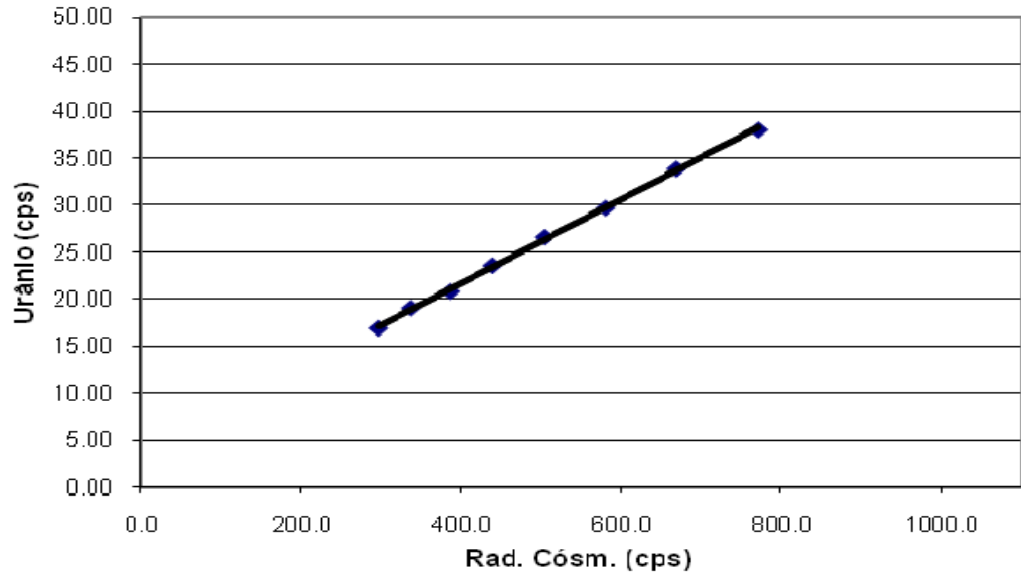
$y = 0.0557x + 28.901$   
 $R^2 = 0.9979$

**Potássio x Cósmitico**



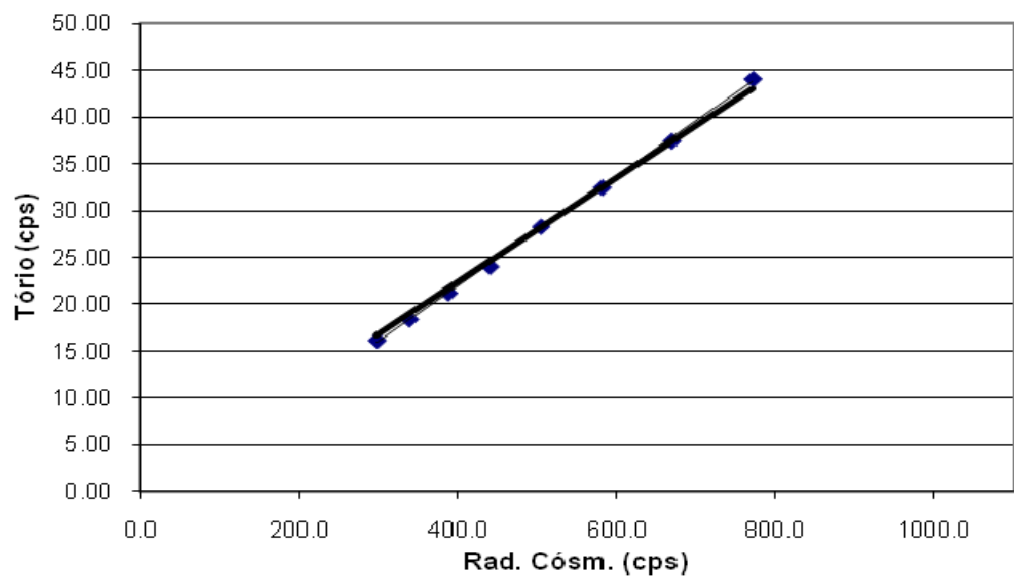
$y = 0.0446x + 3.836$   
 $R^2 = 0.9991$

### Urânio x Cósmico



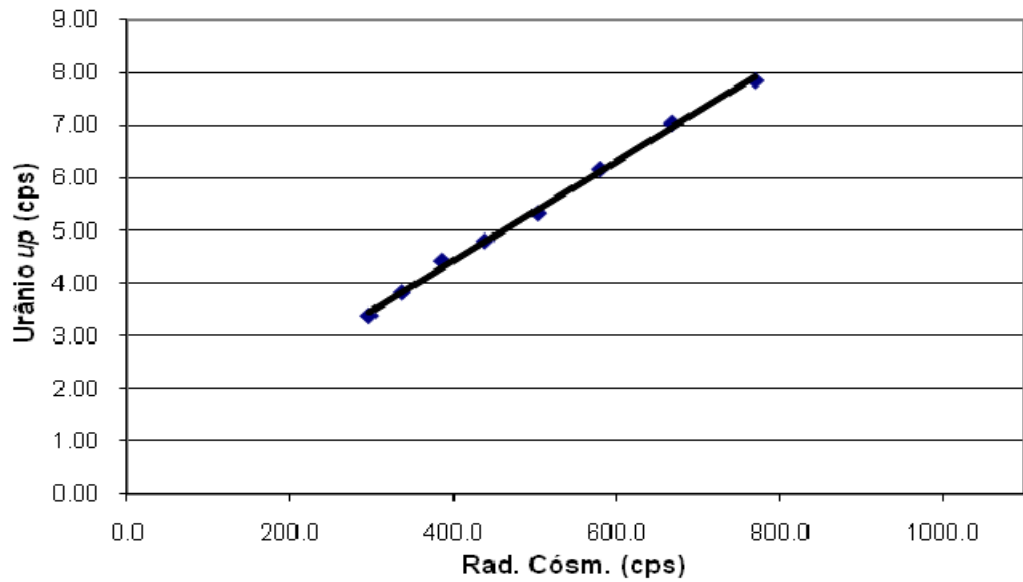
$y = 0.0559x$   
 $R^2 = 0.9969$

### Tório x Cósmico



$y = 0.0094x + 0.6514$   
 $R^2 = 0.9978$

**Urânio "upward" x Cômico**



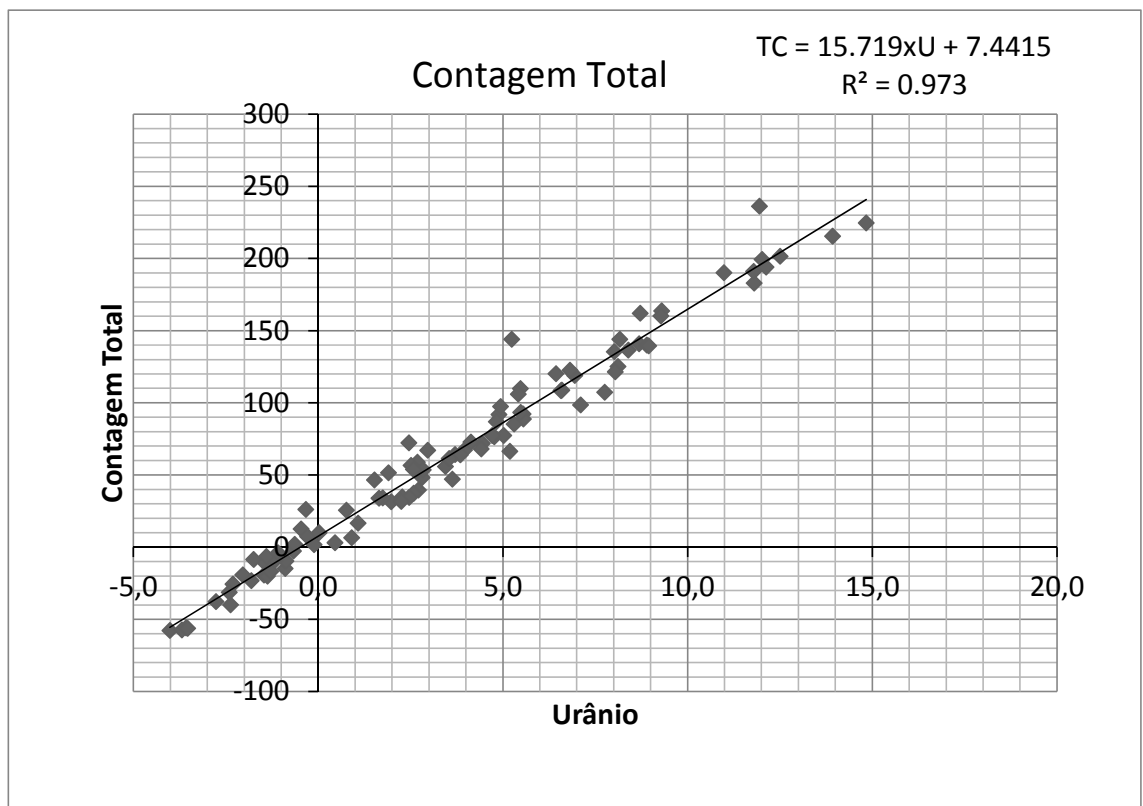


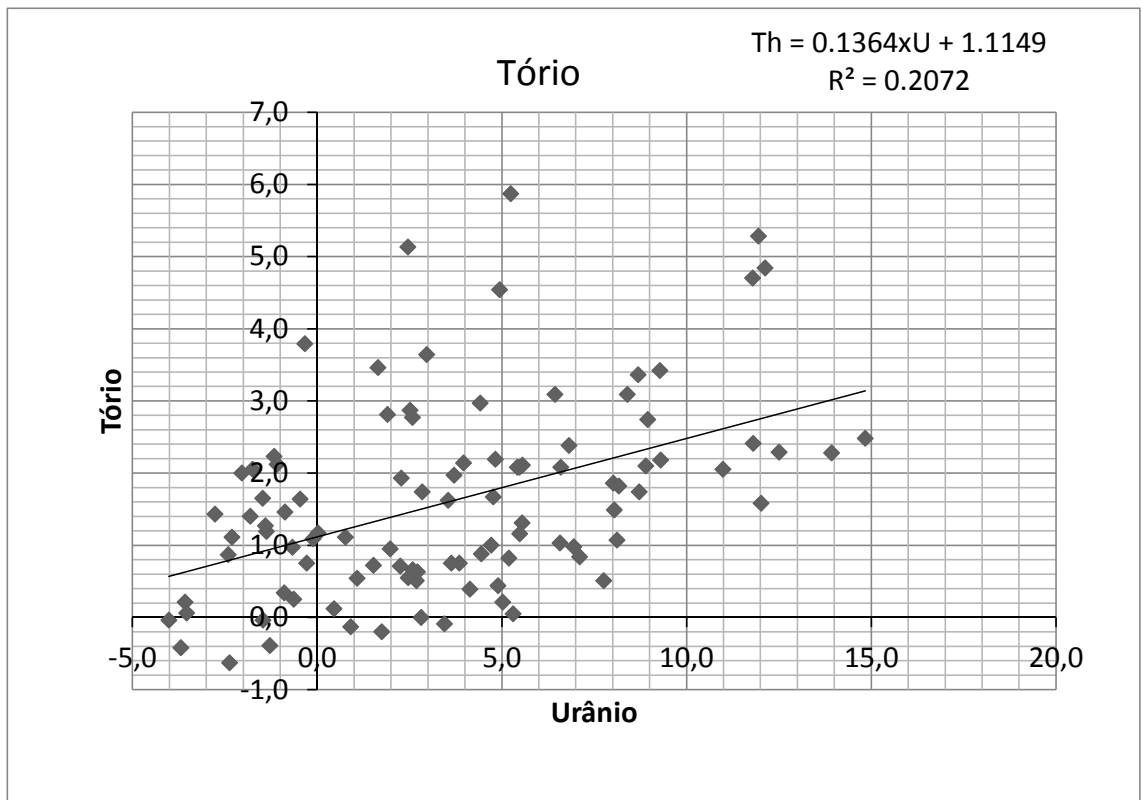
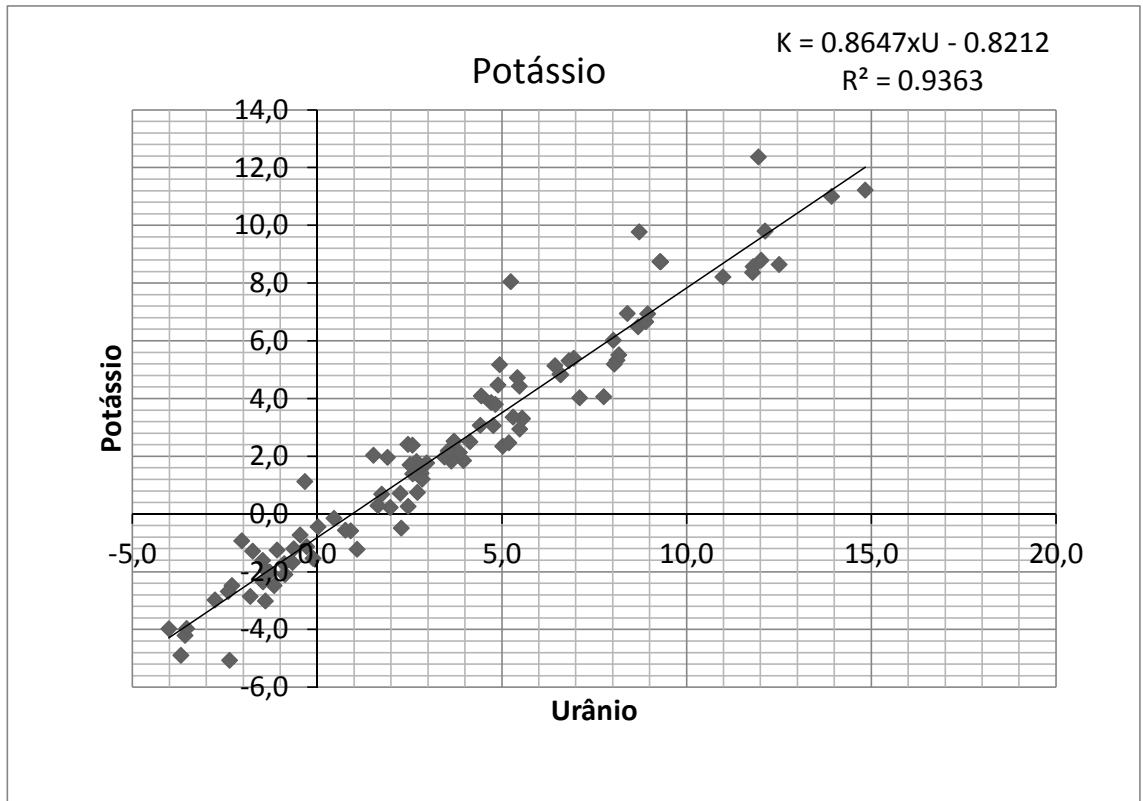
**ANEXO I-d - DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO  
RADÔNIO**

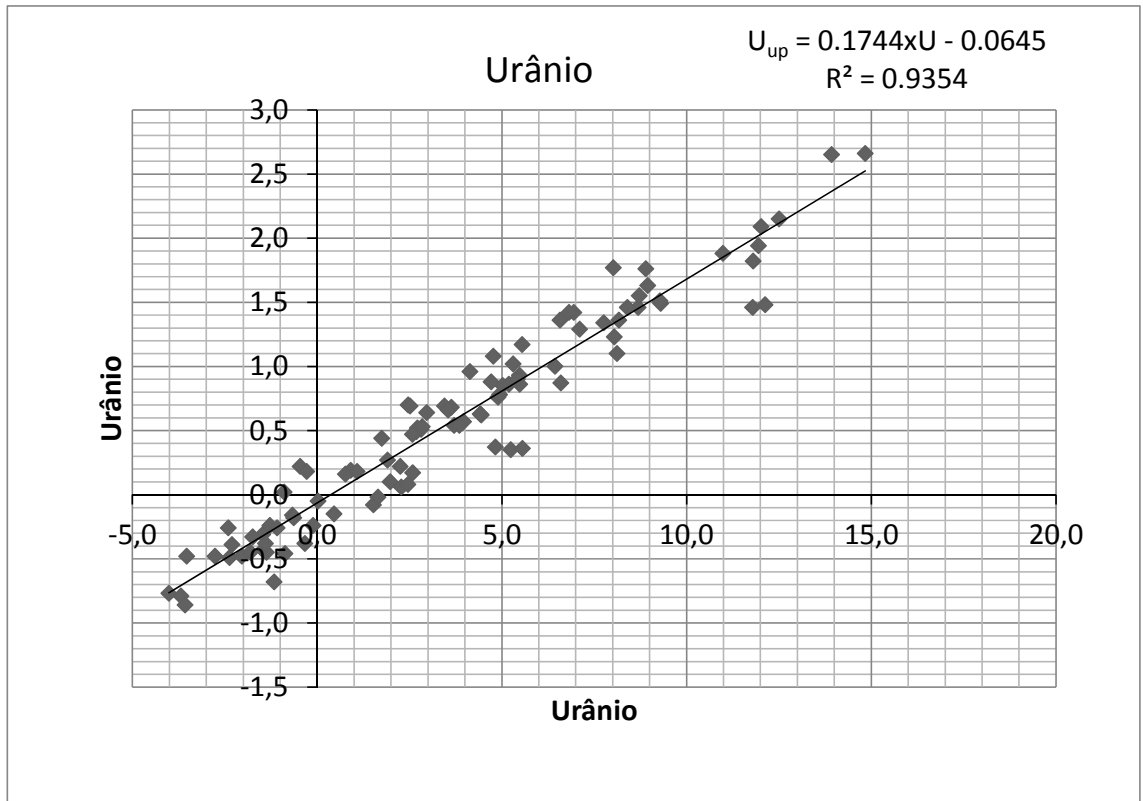
Aeronave PR-PEC - Médias por voo (cps)						
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
003	361,66	40,53	14,70	12,29	2,93	220,92
	315,17	36,12	11,35	11,73	2,27	221,05
004	298,96	37,30	9,78	12,44	1,98	222,46
	-	-	-	-	-	-
005	401,32	43,44	14,24	17,22	2,54	240,56
	326,46	38,61	11,26	13,28	2,31	217,86
006	303,87	36,61	10,25	12,30	1,99	227,15
	466,50	46,29	19,43	16,91	3,70	266,88
007	337,55	38,92	12,30	12,38	2,32	222,65
	393,53	41,97	16,35	12,95	3,24	219,53
008	299,29	37,05	10,11	12,56	1,88	221,11
	493,13	46,82	19,78	19,88	4,01	290,50
009	381,65	41,58	13,83	16,05	2,75	256,66
	364,60	40,83	13,59	15,20	2,55	249,58
010	343,66	40,74	11,99	14,78	2,32	228,76
	331,29	38,91	11,63	13,61	2,55	228,04
011	303,14	37,44	10,35	12,65	2,27	225,20
	498,61	46,65	20,78	20,25	3,79	327,46
012	398,05	42,29	15,69	13,04	2,97	224,53
	447,19	44,54	19,26	13,70	3,89	220,78
013	417,50	43,75	16,10	15,77	3,12	231,65
	475,94	46,66	20,84	15,06	3,70	232,50
014	374,04	40,82	13,57	14,32	3,00	227,32
	530,87	49,31	23,45	16,39	4,88	260,51
015	427,17	43,71	16,27	16,62	3,49	284,67
	516,68	48,87	23,30	16,86	4,36	241,01
016	426,40	43,92	17,51	13,62	3,43	243,59
	588,39	51,51	27,57	16,43	5,18	251,67
017	509,80	48,57	22,28	15,92	4,49	266,35
	570,58	52,26	27,65	14,73	5,37	221,01
018	414,15	43,01	15,73	16,66	3,15	281,45
	559,74	50,64	25,67	18,13	4,97	316,37
020	382,43	41,60	14,36	14,42	2,91	264,59
	505,51	47,97	22,89	14,82	4,07	245,68
021	425,74	43,15	16,40	15,97	3,32	265,41
	460,52	45,86	19,74	15,60	4,06	249,33
022	549,26	52,01	21,14	20,96	3,59	270,34
	522,40	49,34	23,86	15,96	4,74	247,55
023	617,07	53,38	28,44	17,36	5,40	282,68
	665,48	57,06	32,27	19,51	6,17	304,74
024	441,28	45,47	16,96	15,25	3,02	259,74
	541,17	51,25	23,94	15,79	4,40	242,46
025	458,35	45,45	18,28	15,35	3,64	264,30
	572,48	51,02	25,84	15,91	4,86	248,18
026	513,43	48,30	22,29	18,24	3,73	289,36
	576,18	52,72	24,31	23,08	4,65	401,09

Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio <i>Upward</i>	Cósmico
027	431,35	43,84	17,63	15,75	3,24	265,02
	483,21	46,65	20,25	17,98	4,29	312,70
028	560,58	50,08	24,57	17,51	4,65	281,57
	578,58	52,31	25,18	19,07	5,09	323,69
029	654,75	56,98	28,43	21,17	5,27	284,31
	613,05	56,30	26,60	19,33	5,15	315,09
031	471,20	46,66	18,55	19,86	3,98	349,38
	482,60	47,10	20,09	18,34	3,82	314,65
032	482,80	46,33	20,30	17,80	3,86	280,77
	520,26	50,32	22,21	18,36	4,21	312,46
033	509,12	47,42	21,80	16,88	4,12	280,61
	619,39	54,24	29,04	19,25	5,31	301,25
034	422,07	43,47	15,90	16,14	3,13	285,22
	547,77	49,83	23,71	18,91	4,64	334,12
035	432,80	43,81	16,93	17,61	3,17	295,57
	481,75	47,38	20,82	17,46	4,12	299,30
036	543,38	49,90	22,62	18,76	4,37	297,79
	517,52	48,87	22,38	16,62	4,43	296,62
037	437,96	45,46	17,63	16,86	3,34	299,09
	471,64	46,29	19,09	16,59	3,94	301,87
039	530,55	50,33	22,22	17,35	4,27	302,71
	511,87	49,34	21,86	17,70	4,31	298,82
040	520,97	49,38	21,99	18,88	3,81	298,78
	606,34	54,26	27,53	21,25	5,38	330,64
041	525,95	49,11	22,06	18,15	4,58	316,97
	512,92	48,80	22,83	18,17	4,45	310,76
042	498,67	47,69	21,03	17,45	4,01	299,11
	553,31	50,69	25,08	18,07	4,68	296,12
043	534,88	50,00	22,33	18,51	4,31	293,52
	555,50	50,81	25,29	18,80	4,96	320,93
044	494,38	47,75	20,78	16,85	4,19	302,87
	571,78	51,71	24,59	19,87	4,99	313,26
045	488,86	46,83	20,07	18,47	4,00	299,66
	1060,84	85,07	39,60	43,15	6,25	319,30
047	346,44	39,23	12,49	14,5	2,42	235,05
	423,23	42,73	17,03	15,71	3,38	271,11
048	334,75	39,16	11,73	14,72	2,42	237,98
	425,07	43,47	16,31	18,12	3,01	298,68
049	357,89	39,32	13,06	15,22	2,16	232,87
	497,45	47,54	20,07	21,75	3,70	326,56
050	380,43	41,56	14,42	14,36	2,82	236,19
	441,79	45,33	18,93	16,34	3,53	238,78
051	360,52	38,88	12,83	14,23	2,44	232,37
	428	43,83	16,92	16,15	3,58	237,02
052	487,29	47,05	20,68	16,07	3,82	232,83
	662,64	55,96	30,58	23,42	5,28	335,35
053	575,03	51,79	24,19	20,09	4,37	286,91
	632,13	55,58	29,47	21,72	4,99	302,74

Voo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
055	482,89	46,65	18,59	20,53	3,31	275,41
	527,19	49,79	22,07	21,07	4,29	290,05
056	376,01	41,29	13,69	15,79	2,69	245,33
	435,05	44,41	18,01	14,96	3,56	238,64
057	355,24	40,35	12,33	14,88	2,46	229,07
	415,25	43,85	16,59	15,45	3,25	227,18
058	506,43	48,90	22,68	16,27	4,31	235,74
	521,20	50,22	23,20	16,07	4,29	226,72





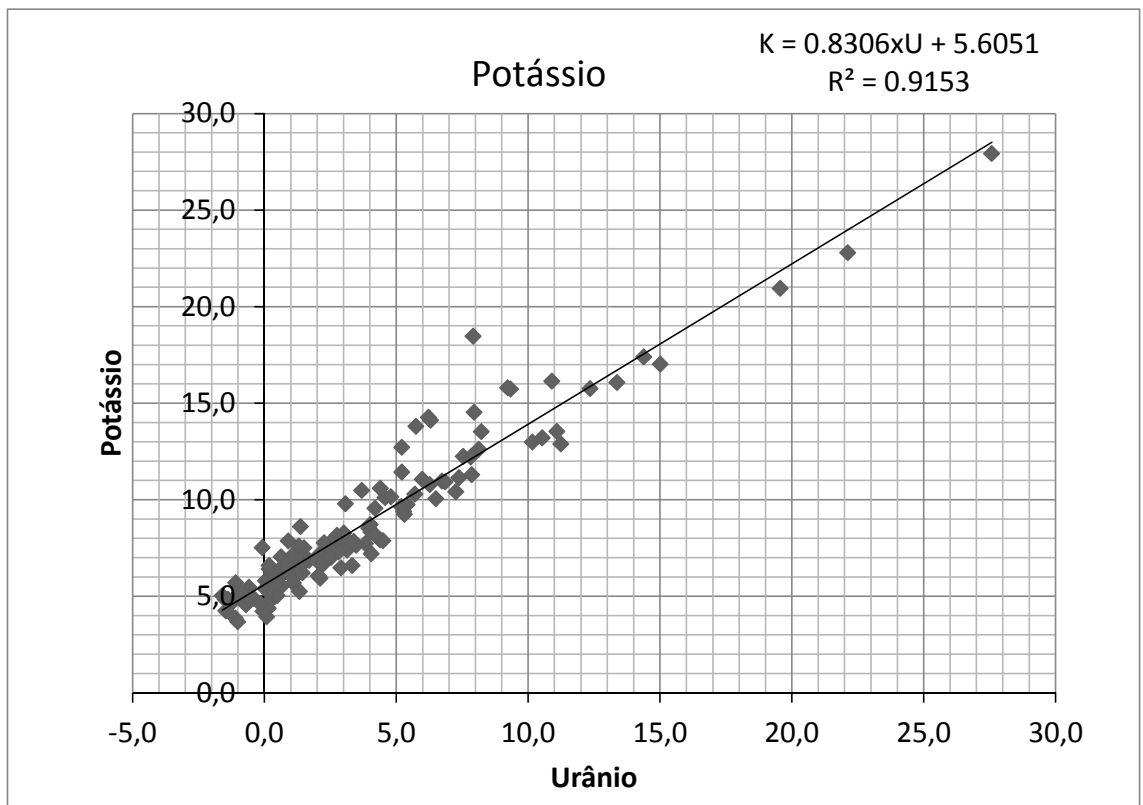
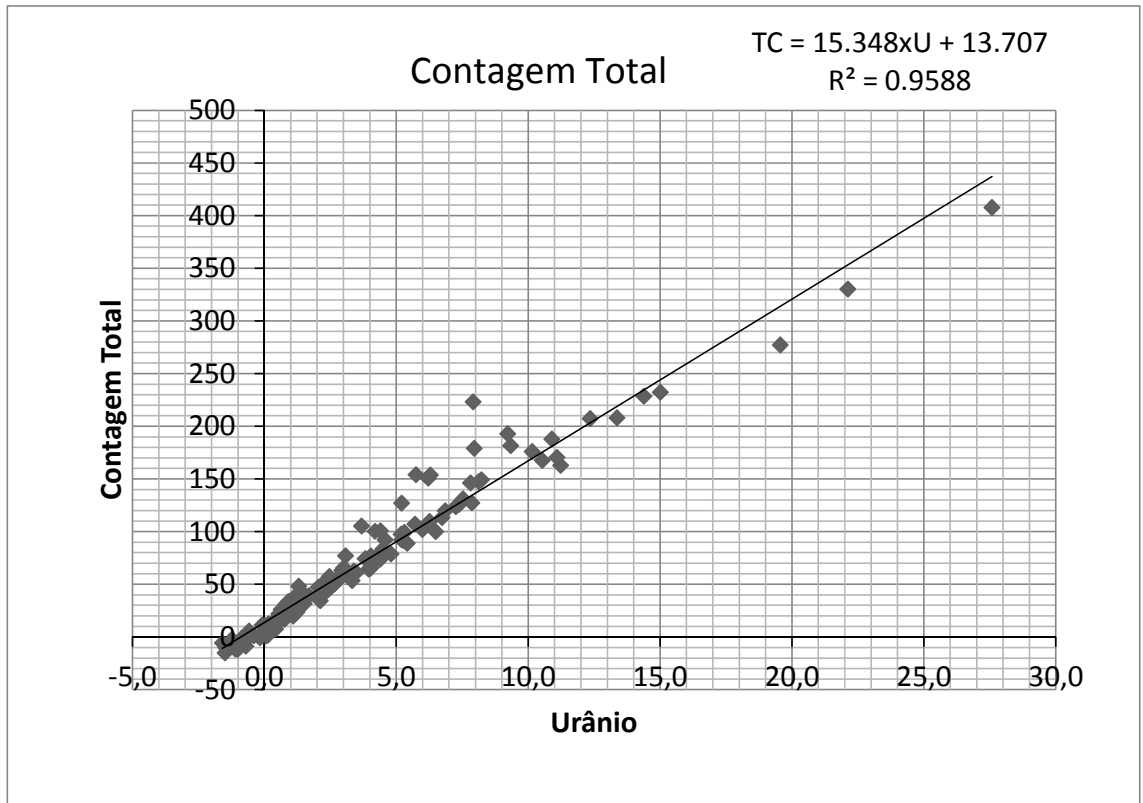


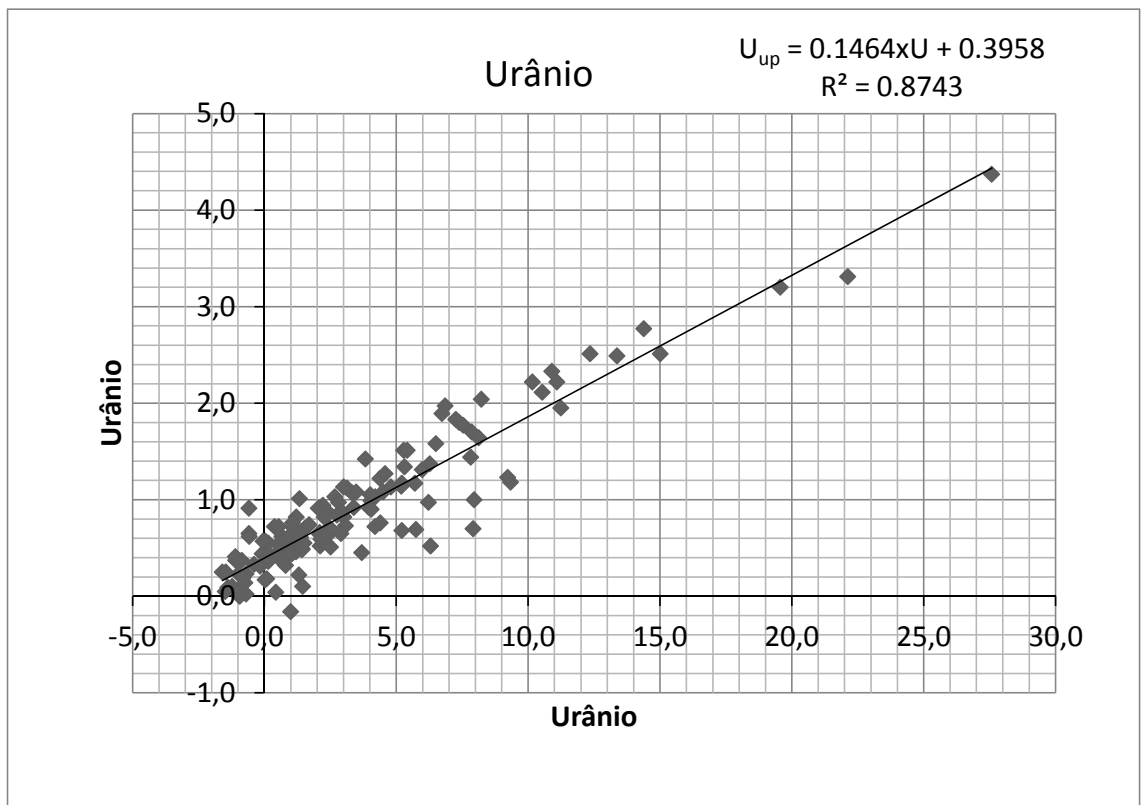
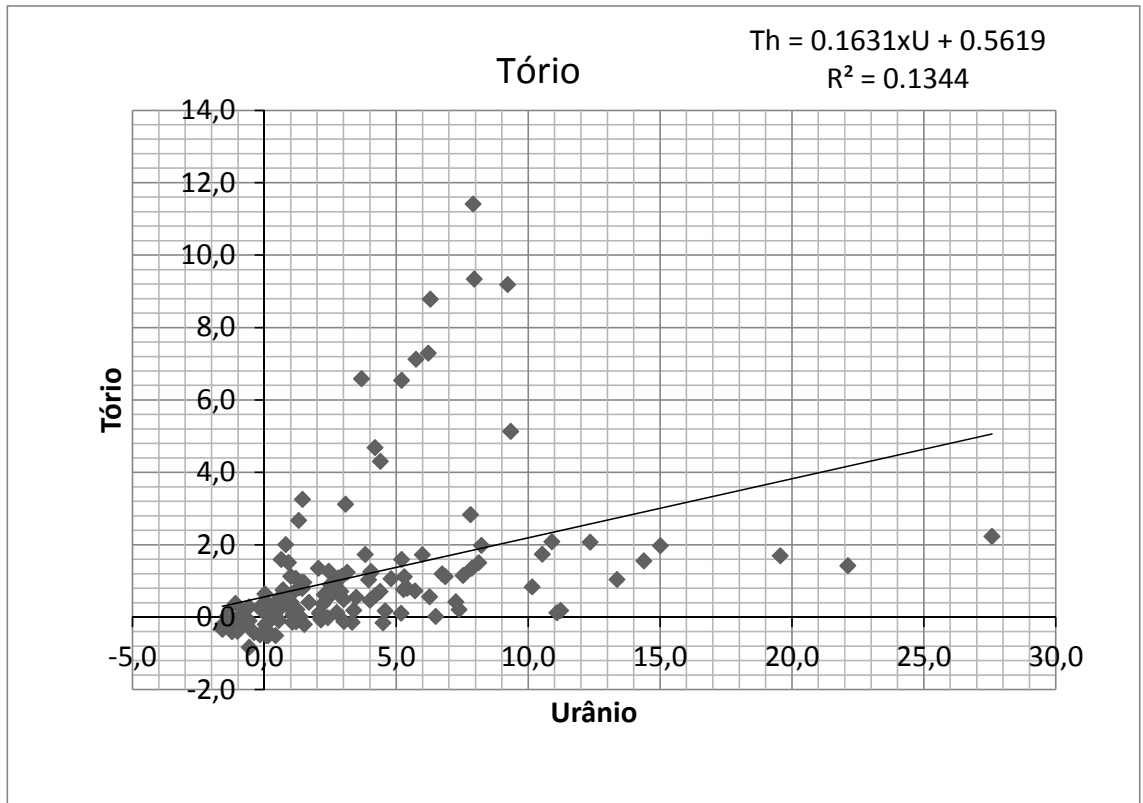
Aeronave PR-PRS - Médias por voo (cps)						
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
304	329,06	36,03	12,38	13,42	2,25	209,01
	294,32	34,69	10,64	12,20	2,24	208,90
305	324,33	34,78	12,90	11,96	2,60	210,41
	344,82	36,26	13,05	13,04	2,36	211,48
309	316,78	35,01	11,51	12,17	2,86	216,81
	344,82	35,43	14,18	12,22	2,47	216,12
310	343,90	36,56	13,66	12,13	2,65	217,86
	347,63	35,94	13,26	12,09	2,76	215,84
311	305,36	33,98	10,71	11,67	2,02	213,38
	349,83	36,57	14,09	12,27	2,57	214,51
313	487,55	42,54	22,26	13,11	4,17	217,02
	476,57	42,59	23,44	12,59	3,92	219,18
323	360,88	36,43	14,30	12,51	2,63	219,34
	397,16	38,27	17,02	13,64	3,27	228,50
324	356,97	36,75	14,03	13,39	2,68	234,95
	441,06	41,59	19,55	14,34	3,97	232,45
325	413,74	40,34	17,12	13,01	3,30	226,74
	418,44	39,96	18,04	13,86	3,58	231,52
326	344,06	36,50	13,45	13,15	2,59	228,70
	601,12	51,32	32,21	14,65	5,25	228,87
327	448,95	41,48	19,99	13,13	3,84	228,21
	442,04	41,19	19,43	13,99	4,01	227,38
328	329,69	35,98	12,55	12,60	2,59	226,04
	364,02	37,02	14,85	13,30	2,99	228,64
329	369,75	36,87	14,67	12,72	2,62	226,19
	417,41	40,42	18,26	13,99	3,60	233,11
332	293,33	34,19	10,50	11,99	1,97	214,26
	301,94	34,07	11,36	12,18	1,96	216,25
333	301,72	34,32	10,34	11,73	2,16	213,29
	319,64	36,87	11,90	12,32	2,36	214,21
334	307,99	34,63	11,37	12,14	2,09	217,22
	316,68	35,51	12,23	12,10	2,32	213,83
335	306,21	34,69	11,31	11,97	2,16	214,75
	325,94	36,10	12,36	12,72	2,36	218,90
336	339,91	36,34	13,36	12,37	2,74	220,99
	399,96	40,74	17,15	13,68	3,08	213,57
338	308,74	34,17	11,54	11,64	2,25	213,28
	327,73	36,14	12,86	12,65	2,51	216,71
339	303,67	34,60	11,06	11,93	2,17	215,73
	327,00	35,93	12,68	12,22	2,37	217,53
340	296,43	33,96	10,43	11,96	1,98	210,64
	318,05	34,67	11,96	12,70	2,08	213,11
341	303,54	34,33	11,11	12,05	2,11	212,98
	321,60	35,19	12,46	12,60	2,25	209,41

Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
346	408,44	39,17	17,28	12,37	3,09	216,68
	417,02	39,98	18,85	12,61	3,58	222,39
347	286,21	33,46	10,50	11,40	1,83	202,43
	312,68	35,63	11,95	11,44	2,31	209,60
348	296,60	33,46	10,43	11,83	2,15	212,30
	312,30	34,22	11,42	12,43	2,57	214,66
349	332,96	35,23	13,11	12,84	2,47	235,74
	355,52	36,50	14,51	13,50	2,80	216,04
350	368,55	37,84	14,94	12,53	2,80	219,02
	380,48	37,38	15,53	13,88	3,13	223,38
351	334,85	35,17	12,90	12,99	2,75	226,32
	336,78	35,46	13,01	12,88	2,62	222,26
352	302,90	33,60	11,12	12,34	2,38	219,57
	329,62	35,47	12,63	12,78	2,49	217,08
353	316,56	33,76	12,37	11,99	2,16	220,85
	363,57	37,28	14,84	13,30	2,99	218,53
354	340,34	36,03	13,13	12,72	2,53	217,27
	367,49	36,96	14,99	13,45	2,94	218,66
355	490,11	43,63	23,55	12,85	4,24	224,95
	-	-	-	-	-	-
356	422,22	40,08	17,98	13,20	3,14	220,57
	538,12	46,82	26,41	13,73	4,71	215,22
357	399,36	37,71	16,79	12,35	3,06	221,10
	439,02	40,87	19,99	13,65	3,65	217,32
358	367,16	36,28	15,52	12,25	3,04	219,02
	410,84	38,81	17,42	13,41	3,29	217,20
359	442,09	40,42	19,66	13,07	3,83	223,57
	520,96	45,44	24,54	14,46	4,48	219,03
360 / 361	301,03	33,32	11,16	11,96	2,00	218,31
	340,86	34,78	13,42	13,08	2,96	216,77
362 / 363	323,28	34,23	12,26	12,14	2,50	217,05
	386,60	37,78	16,07	13,41	2,93	215,45
365 / 366	365,30	37,41	14,66	12,44	2,60	220,16
	483,90	43,77	20,18	19,29	4,18	310,24
367 / 369	373,38	37,35	15,47	12,44	2,86	216,53
	400,01	39,19	15,78	15,85	2,87	266,18
371 / 372	307,81	34,60	11,15	12,23	2,30	214,91
	332,69	35,54	12,63	12,74	2,66	216,56
373 / 374	324,55	34,38	12,46	13,14	2,60	225,86
	467,81	42,82	18,72	19,98	3,13	270,30
375	328,53	35,54	12,85	13,10	1,74	211,47
	337,75	35,95	12,93	12,97	2,44	221,35
376	317,35	34,92	11,79	11,77	2,62	222,66
	339,68	35,99	13,55	12,76	2,58	221,62
377	357,48	36,87	14,09	13,06	2,74	223,60
	530,62	47,77	23,07	19,44	3,44	252,85
378	402,26	39,46	16,24	14,91	3,05	243,38
	466,56	43,47	20,59	14,59	4,04	222,70



Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
379	395,61	39,50	15,48	15,66	2,80	259,83
	455,28	43,32	19,49	17,58	3,53	292,42
380	367,60	37,52	14,73	13,32	2,48	219,46
	416,75	40,82	18,23	14,18	3,29	220,22
381	374,33	37,40	14,81	13,15	2,71	222,35
	352,57	37,13	13,65	13,30	2,51	218,07
382	350,69	37,22	13,53	13,40	2,46	225,28
	358,89	37,63	14,57	13,16	2,80	221,43
383	377,90	38,18	15,36	12,45	2,81	222,06
	391,68	39,79	16,96	13,42	3,09	218,38
384	449,49	42,26	19,94	13,81	3,77	223,73
	690,41	56,26	33,44	22,13	5,66	356,16
386	514,89	45,86	22,64	16,78	4,05	270,05
	698,16	56,07	36,66	16,73	5,72	270,55
387	506,58	45,00	22,04	17,75	3,79	263,48
	526,98	46,12	25,80	13,73	4,50	224,21
388	425,13	40,61	18,56	13,07	3,35	221,00
	519,58	45,42	24,39	16,19	4,39	255,41
389	363,09	38,60	13,79	14,76	2,70	234,06
	343,38	36,30	13,36	13,30	2,44	224,64
390	486,79	44,76	18,78	20,55	2,82	237,36
	436,67	40,78	17,53	17,83	3,50	291,15
391	346,71	38,09	13,43	12,23	2,55	215,98
	476,40	44,37	19,27	20,03	3,24	277,88
392	410,11	40,78	16,12	16,57	2,86	237,63
	388,50	39,07	16,64	13,40	3,10	228,44
394	458,37	43,56	18,15	19,37	2,89	213,36
	504,84	46,07	23,24	14,66	4,33	222,39
395	367,06	36,66	14,69	13,06	2,65	218,42
	380,04	37,69	15,91	13,23	3,09	224,17
396	321,64	35,31	12,65	11,92	2,01	219,59
	463,89	43,58	18,35	21,00	2,46	215,88
397	355,45	36,35	13,65	15,65	2,07	219,11
	526,61	47,49	19,68	23,27	2,58	209,52
398	388,82	37,88	16,41	12,99	3,00	219,03
	381,73	37,05	16,35	13,78	2,88	221,24
399	437,26	42,18	17,26	18,76	2,61	215,77
	485,83	43,77	19,86	21,38	2,92	212,69
400	380,56	37,89	15,27	12,97	3,10	220,39
	496,57	44,83	21,00	21,05	3,11	209,67
401	330,64	34,72	12,68	12,39	2,42	219,14
	316,98	34,59	12,22	12,14	2,31	223,02
402	367,53	37,68	13,76	15,38	2,23	224,57
	413,99	39,83	15,67	18,72	2,38	214,34
403	346,88	36,51	13,12	14,53	2,30	221,43
	370,62	36,21	15,13	13,15	2,62	219,77





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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO

CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PRS

RIO DE JANEIRO - RJ  
23 DE MAIO DE 2009

## 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 a 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 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 23 de maio de 2009 a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda efetuou os testes 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 à Tálcio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662KeV), como mostra a Figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotada pelo operador em planilha apropriada.



Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Foram registradas 87 estações, sendo 79 sobre a pista de calibração e 8 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. 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.

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(*) (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	13,97	2,03	2,93	31,38	3330,67	669,03	238,15	245,42
DESVIO PADRÃO	5,62	0,66	0,81	8,89	1165,69	166,12	84,43	68,91
ERRO NA MÉDIA (1)	0,63	0,07	0,09	1,00	131,15	18,69	9,50	7,75
INCERTEZA (%) (2)	0,05	0,04	0,03	0,03				

- (\*) Valor obtido através da expressão:  

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$$
 E = Taxa de Exposição (μR/h)
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)<sup>1/2</sup>
- (2) Incerteza = Erro na Média/Média
- cpm = contagem por minuto
- 79 estações utilizadas no cálculo estatístico



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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	-0.17*	-0.10*	-0.03*	-0.01*	-414.13*	-21.00*	-0.63*	-0.13*
DESVIO PADRÃO	0,07	0,00	0,15	0,33	10,06	2,39	2,50	2,23
ERRO NA MÉDIA	0,04	0,00	0,07	0,17	5,03	1,20	1,25	1,12
INCERTEZA (%)	0,00	0,00	0,00	0,00				

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

### 3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PR-PRS equipada com gamaespectrômetro *Radiation Solutions* RS-500, com cristais detectores de NaI com 2560 pol<sup>3</sup> down e 512 pol<sup>3</sup> up. Foram realizadas 9 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 200, 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-PRS 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 (100m) e situada no trecho de interesse das estações utilizadas,

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

Foram utilizados os dados aéreos relativos à primeira passagem na altura de 100m sobre a pista de calibração, correspondente ao intervalo de 50 metros entre as estações terrestres consideradas para efeito de 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):

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

$E$  é o símbolo para *Exposure rate*,  $K\%$ ,  $eU$  e  $eTh$  correspondem às concentrações médias destes elementos determinados em terra na pista de calibração dinâmica.

Os dados estatísticos e os resultados de calibração dinâmica são resumidos nos Quadros 3, 4 e 5, a seguir:

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

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
MÉDIA	3361,66	162,86	34,88	141,53
DESVIO PADRÃO	39,56	3,10	2,61	3,01
ERRO NA MÉDIA	22,84	1,79	1,51	1,74
INCERTEZA (%)	0,01	0,01	0,04	0,01

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

Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração, após a correção do *background*.

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu R/h$ )	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	13,97	2,03	2,93	31,38	3330,67	669,03	238,15	245,42
DESVIO PADRÃO	9,05	0,88	1,16	12,45	1554,67	255,44	106,22	96,95
ERRO NA MÉDIA	0,97	0,09	0,12	1,33	166,68	27,39	11,39	10,39
INCERTEZA (%)	0,07	0,05	0,04	0,04				

cpm = contagens por minuto

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade

	CT (cps/ $\mu R/h$ )	K (cps/%)	U (cps/ppm)	Th (cps/ppm)
SENSIBILIDADE (S)	240,55	80,23	11,90	4,51

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

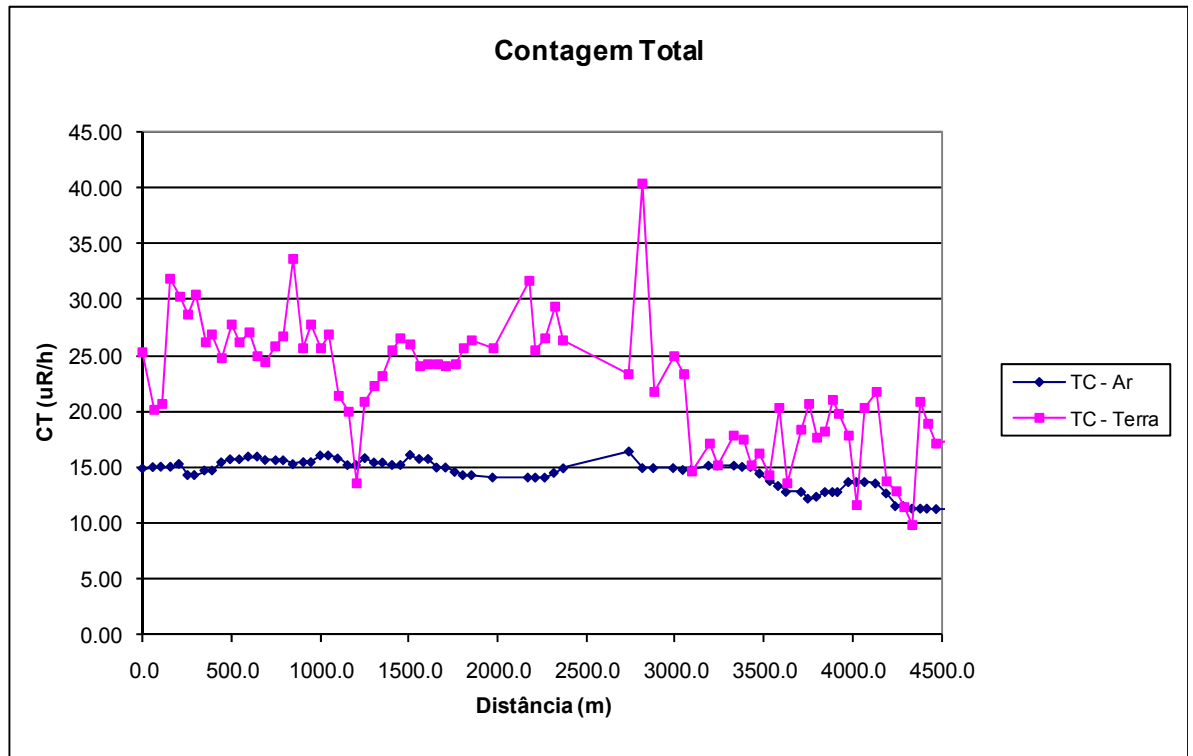


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

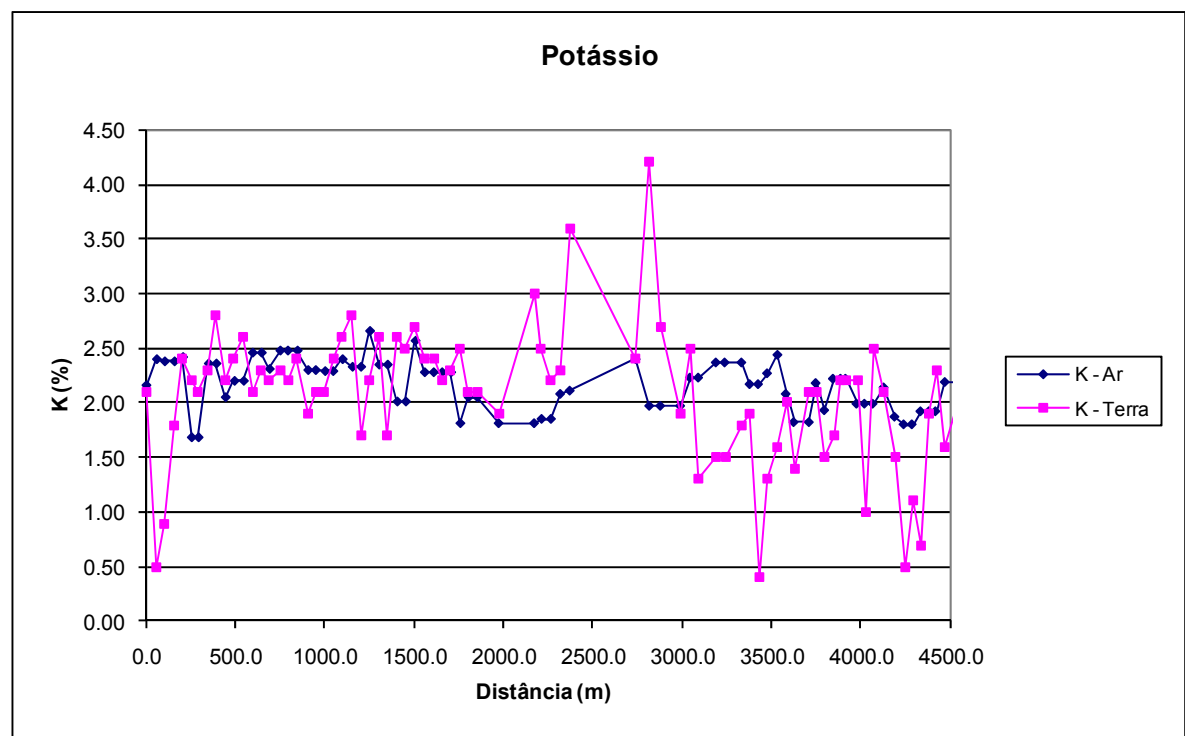


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Potássio.

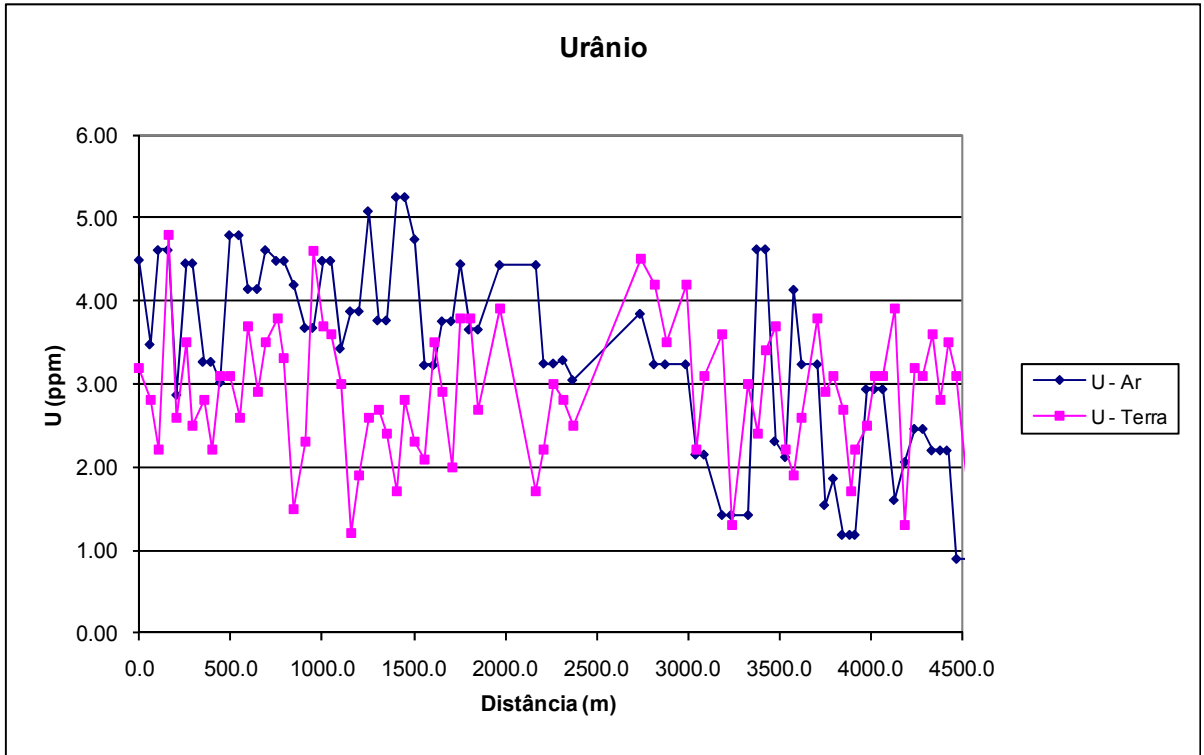


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

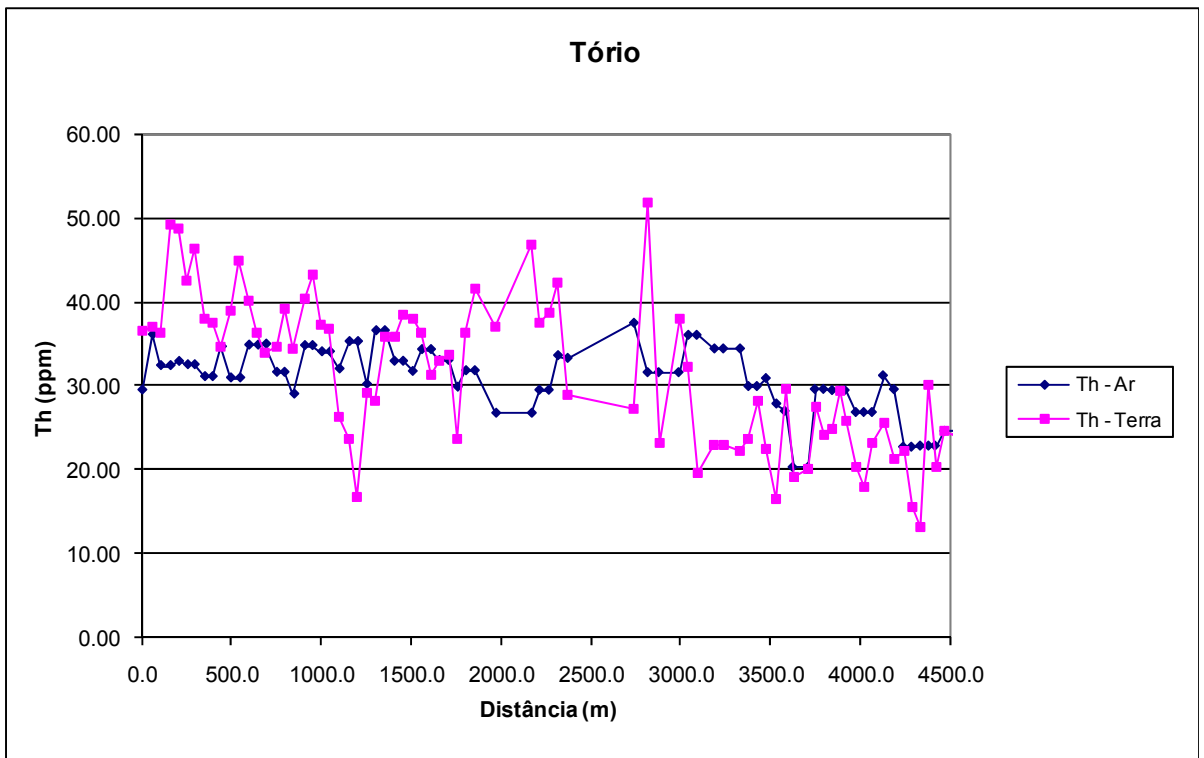


Figura 6 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE. PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA - 23/05/2009. DADOS BRUTOS.

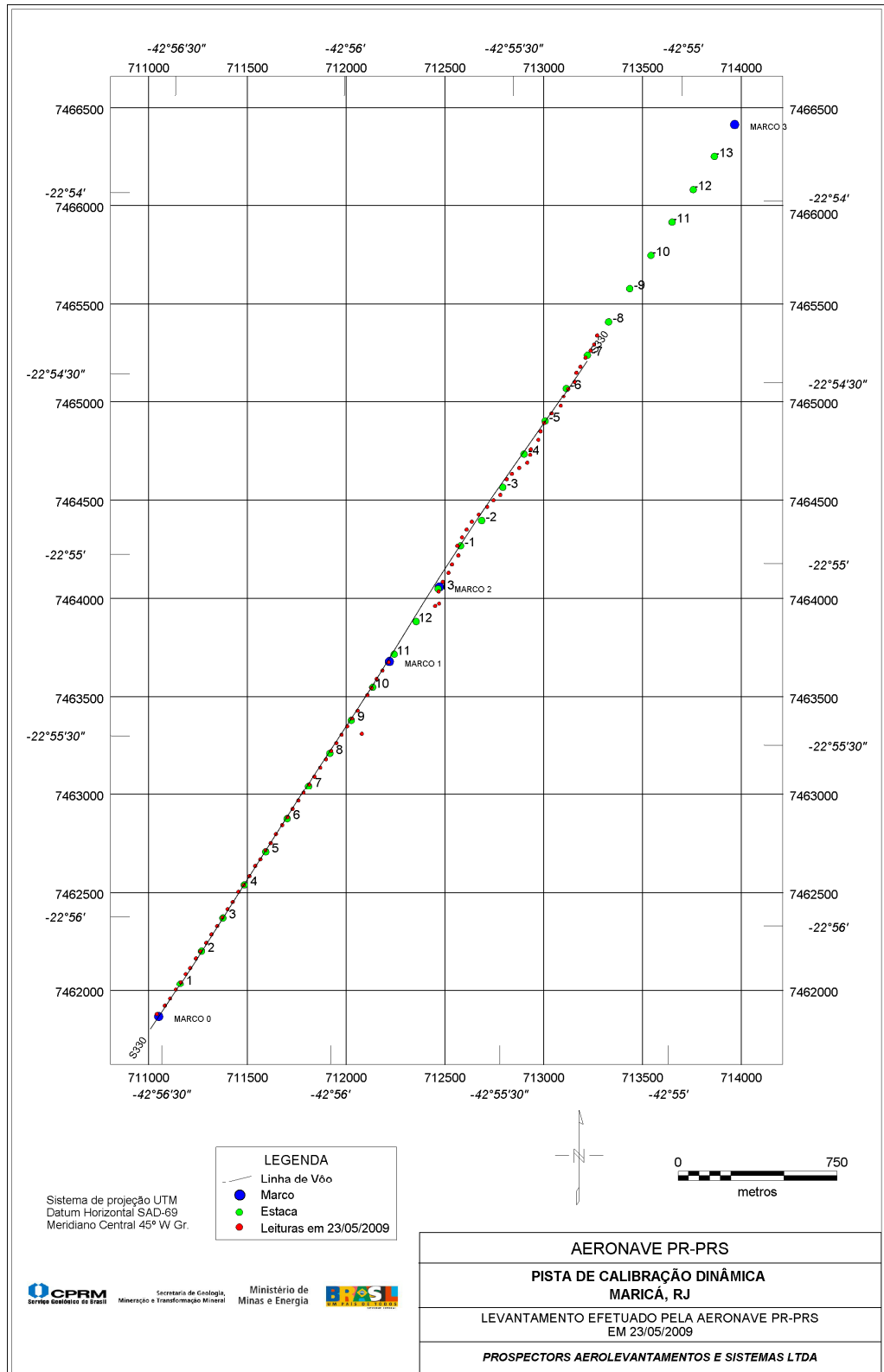
Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
Marco 0	711041,76	7461878,72	25,30	2,10	3,20	36,50	3815,00	725,00	265,00	285,00
	711082,25	7461921,23	20,20	0,50	2,80	37,00	3045,00	370,00	257,00	289,00
	711108,41	7461957,79	20,60	0,90	2,20	36,20	3111,00	428,00	242,00	257,00
	711137,55	7462003,53	31,80	1,80	4,80	49,30	4795,00	744,00	367,00	386,00
Estaca 1S	711163,76	7462043,17	30,20	2,40	2,60	48,70	4554,00	824,00	316,00	380,00
	711187,16	7462085,92	28,70	2,20	3,50	42,40	1337,00	768,00	302,00	331,00
	711210,38	7462116,36	30,40	2,10	2,50	46,30	4597,00	758,00	301,00	361,00
	711239,57	7462165,18	26,10	2,30	2,80	38,00	345,00	758,00	265,00	296,00
Estaca 2S	711262,88	7462201,78	26,90	2,80	2,20	37,40	4067,00	847,00	249,00	291,00
	711291,98	7462244,45	24,70	2,20	3,10	34,60	3726,00	730,00	252,00	270,00
	711318,22	7462287,16	27,80	2,40	3,10	38,90	4198,00	794,00	275,00	305,00
	711347,32	7462329,83	26,10	2,60	2,60	45,00	4394,00	850,00	296,00	350,00
Estaca 3S	711373,57	7462372,54	27,00	2,10	3,70	40,10	4082,00	753,00	294,00	313,00
	711399,82	7462415,25	25,00	2,30	2,90	36,40	3768,00	747,00	257,00	284,00
	711425,98	7462451,81	24,40	2,20	3,50	33,90	3678,00	725,00	257,00	264,00
	711455,21	7462503,70	25,90	2,30	3,80	34,70	3916,00	767,00	268,00	271,00
Estaca 4S	711481,33	7462537,18	26,70	2,20	3,30	39,10	4039,00	756,00	287,00	305,00
	711510,47	7462582,93	33,60	2,40	1,50	34,40	3559,00	732,00	217,00	268,00
	711539,70	7462634,83	25,70	1,90	2,30	40,30	3880,00	673,00	265,00	314,00
	711565,82	7462668,31	27,80	2,10	4,60	43,20	4194,00	773,00	829,00	338,00
Estaca 5S	711592,11	7462714,09	25,60	2,10	3,70	37,30	3871,00	726,00	279,00	292,00
	711618,28	7462750,65	26,90	2,40	3,60	36,70	4058,00	798,00	274,00	286,00
	711644,57	7462796,44	21,40	2,60	3,00	26,40	3231,00	767,00	207,00	205,00
	711676,56	7462842,14	20,00	2,80	1,20	23,70	3025,00	752,00	154,00	184,00
Estaca 6S	711702,77	7462881,77	13,60	1,70	1,90	16,80	2049,00	496,00	132,00	130,00
	711729,02	7462924,48	20,90	2,20	2,60	29,20	3162,00	692,00	217,00	233,00
	711758,12	7462967,15	22,30	2,60	2,70	28,20	3362,00	769,00	210,00	219,00
	711784,33	7463006,79	23,10	1,70	2,40	35,80	3494,00	715,00	243,00	279,00
Estaca 7S	711813,47	7463052,53	25,40	2,60	1,70	35,90	3834,00	750,00	229,00	279,00
	711839,68	7463092,16	26,60	2,50	2,80	38,50	4018,00	800,00	266,00	300,00
	711868,82	7463137,91	26,00	2,70	2,30	38,10	3922,00	838,00	255,00	297,00
	711897,92	7463180,58	24,00	2,40	2,10	36,40	3626,00	747,00	240,00	284,00
Estaca 8	711924,18	7463223,29	24,20	2,40	3,50	31,20	3660,00	798,00	243,00	243,00
	711950,38	7463262,92	24,20	2,20	2,90	33,00	3653,00	705,00	239,00	257,00
	711976,64	7463305,63	24,00	2,30	2,00	33,80	3620,00	710,00	229,00	263,00
	712005,74	7463348,30	24,30	2,50	3,80	23,70	3670,00	783,00	257,00	255,00
Estaca 9S	712029,10	7463387,97	25,70	2,10	3,80	36,20	3885,00	736,00	275,00	283,00
	712058,16	7463427,56	26,30	2,10	2,70	41,50	3970,00	731,00	250,00	324,00
	712079,31	7463310,34	25,60	1,90	3,90	37,10	3861,00	702,00	283,00	290,00
	712107,72	7463506,87	31,60	3,00	1,70	46,80	9767,00	938,00	288,00	364,00
Estaca 10S	712128,19	7463543,50	25,40	2,50	2,20	37,50	3893,00	781,00	248,00	292,00
	712154,49	7463589,29	26,50	2,20	3,00	38,80	4006,00	744,00	272,00	303,00
	712183,59	7463631,95	29,40	2,30	2,80	42,30	4440,00	781,00	286,00	330,00
	712215,54	7463674,58	26,40	3,60	2,50	28,90	3989,00	982,00	210,00	224,00
	712450,44	7463960,51	23,30	2,40	4,50	27,20	2417,00	767,00	243,00	212,00
Marco 2	712468,58	7464034,10	40,40	4,20	4,20	51,80	6099,00	1270,00	369,00	403,00
	712470,56	7463972,54	21,80	2,70	3,50	23,10	3297,00	782,00	200,00	180,00
	712489,22	7464083,05	25,00	1,90	4,20	37,90	3780,00	696,00	293,00	297,00
	712518,37	7464128,79	23,30	2,50	2,20	32,20	3525,00	757,00	221,00	251,00
Estaca 1N	712536,07	7464171,62	14,70	1,30	3,10	19,70	2221,00	454,00	172,00	154,00
	712563,06	7464266,62	17,10	1,50	3,60	22,90	2578,00	530,00	200,00	179,00
	712568,07	7464217,32	15,10	1,50	1,30	23,00	2279,00	481,00	152,00	179,00

Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (µR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	712586,47	7464309,37	17,90	1,80	3,00	22,20	2700,00	561,00	184,00	173,00
Estaca 2N	712609,83	7464349,04	17,40	1,90	2,40	23,60	2625,00	583,00	178,00	184,00
	712636,04	7464388,68	15,20	0,40	3,40	28,20	2288,00	305,00	224,00	221,00
	712670,76	7464425,11	16,30	1,30	3,70	22,50	2461,00	487,00	199,00	176,00
	712714,07	7464464,50	14,30	1,60	2,20	16,60	2158,00	475,00	137,00	129,00
Estaca 3N	712745,90	7464497,90	20,40	2,00	1,90	29,70	3079,00	623,00	200,00	231,00
	712780,49	7464525,10	13,50	1,40	2,60	19,10	2033,00	453,00	158,00	149,00
	712812,96	7464604,65	18,40	2,10	3,80	20,10	2774,00	645,00	189,00	157,00
	712839,00	7464631,97	20,70	2,10	2,90	27,60	3122,00	662,00	210,00	215,00
Estaca 4N	712876,48	7464662,22	17,60	1,50	3,10	24,10	2658,00	521,00	195,00	188,00
	712916,77	7464689,34	18,20	1,70	2,70	24,90	2753,00	561,00	192,00	194,00
	712931,59	7464729,13	21,10	2,20	1,70	29,30	3180,00	674,00	194,00	228,00
	712934,83	7464756,78	19,80	2,20	2,20	25,80	2992,00	666,00	185,00	201,00
Estaca 5N	712972,57	7464805,48	17,90	2,20	2,50	20,40	2705,00	635,00	169,00	159,00
	712984,58	7464848,39	11,70	1,00	3,10	18,00	1771,00	367,00	163,00	141,00
	713002,28	7464891,21	20,30	2,50	3,10	23,30	3058,00	727,00	192,00	181,00
	713040,03	7464939,91	21,80	2,10	3,90	25,60	3289,00	668,00	221,00	200,00
	713086,19	7464979,26	13,80	1,50	1,30	21,20	2084,00	494,00	141,00	165,00
	713101,14	7465028,28	12,90	0,50	3,20	22,20	1944,00	297,00	187,00	179,00
	713124,50	7465067,95	11,50	1,10	3,10	15,50	1730,00	388,00	149,00	121,00
Estaca 6N	713156,37	7465104,43	9,90	0,70	3,60	13,10	1493,00	286,00	147,00	103,00
	713165,57	7465150,45	20,90	1,90	2,80	30,10	3151,00	626,00	221,00	234,00
	713185,96	7465180,94	18,90	2,30	3,50	20,40	2852,00	672,00	184,00	159,00
	713212,26	7465226,72	17,10	1,60	3,10	24,60	2582,00	538,00	198,00	192,00
	713238,43	7465263,27	17,30	1,90	1,90	24,10	2607,00	569,00	181,00	187,00
	713255,97	7465293,80	17,30	1,20	4,30	25,40	2613,00	494,00	228,00	199,00
Estaca 7N	713270,87	7465339,74	20,30	0,40	4,30	37,30	3059,00	376,00	291,00	293,00
*	723374,00	7461316,00	-2,70	-0,10	0,00	0,20	-413,00	-20,00	-1,00	-1,00
*	723413,00	7460673,00	-2,80	-0,10	-0,20	0,30	-427,00	-21,00	-2,00	2,00
*	723424,00	7460669,00	-2,70	-0,10	-0,20	-0,20	-408,00	-23,00	-4,00	-1,00
*	723429,00	7460805,00	-2,70	-0,10	0,10	0,10	-410,00	-20,00	2,00	1,00
*	723435,00	7460854,00	-2,70	-0,10	-0,10	-0,30	-415,00	-22,00	-4,00	-2,00
*	723434,00	7460940,00	-2,80	-0,10	-0,10	0,50	-415,00	-17,00	1,00	4,00
*	723443,00	7461186,00	-2,80	-0,10	0,10	-0,40	-428,00	-25,00	1,00	-2,00
*	723230,00	7461426,00	-2,60	-0,10	0,20	-0,30	-397,00	-20,00	2,00	-2,00

\* *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

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO

CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PEC

RIO DE JANEIRO - RJ  
20 DE FEVEREIRO DE 2009



## 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 a 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 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 20 de fevereiro de 2009 a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda efetuou os testes 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 à Tálcio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662KeV), como mostra a Figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotada pelo operador em planilha apropriada.



Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Foram registradas 78 estações, sendo 74 sobre a pista de calibração e 4 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. 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

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(*) ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	15,22	2,24	2,88	34,74	6898,18	1260,15	418,81	452,14
<b>DESVIO PADRÃO</b>	5,31	0,51	0,79	9,37	1242,49	212,93	88,47	118,21
<b>ERRO NA MÉDIA (1)</b>	0,62	0,06	0,09	1,09	144,44	24,75	10,28	13,74
<b>INCERTEZA (%) (2)</b>	0,04	0,03	0,03	0,03				

- (\*) Valor obtido através da expressão:  

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

$$E = \text{Taxa de Exposição } (\mu\text{R/h})$$
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)<sup>1/2</sup>
- (2) Incerteza = Erro na Média/Média
- cpm = contagem por minuto
- 74 estações utilizadas no cálculo estatístico

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT (μR/h)	K (%)*	eU (ppm)*	eTh (ppm)				
MÉDIA	0,00	-0,1	-0,05	0,63	250	39,25	17,5	11,75
DESVIO PADRÃO	0,08	0,00	0,21	1,19	14,90	4,50	5,32	2,75
ERRO NA MÉDIA	0,04	0,00	0,10	0,59	7,45	2,25	2,66	1,38
INCERTEZA (%)	-10,81	0,00	-2,08	0,94				

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

### 3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PR-PEC equipada com gamaespectrômetro Radiation Solutions RS-500, com cristais detectores de NaI com 2560 pol<sup>3</sup> down e 512 pol<sup>3</sup> up. Foram realizadas 9 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 300, 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-PEC 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 (100m) 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 100m sobre a pista de calibração, correspondente ao intervalo de 50 metros entre as estações terrestres consideradas para efeito de 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 determinados em terra na pista de calibração dinâmica.

Os dados estatísticos e os resultados de calibração dinâmica são resumidos nos Quadros 3, 4 e 5, a seguir:

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

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
MÉDIA	2908,32	139,91	29,28	125,97
DESVIO PADRÃO	5,93	3,88	0,64	0,58
ERRO NA MÉDIA	3,43	2,24	0,37	0,33
INCERTEZA (%)	0,00	0,02	0,01	0,00

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

Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração, após a correção do *background*.

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	15,22	2,24	2,88	34,11	6648,18	1260,15	418,81	440,39
DESVIO PADRÃO	5,08	0,44	0,81	8,84	1186,58	194,69	83,67	111,29
ERRO NA MÉDIA	0,58	0,05	0,09	1,00	134,35	22,04	9,47	12,60
INCERTEZA (%)	0,04	0,02	0,03	0,03				

cpm = contagens por minuto

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade.

	CT (cps/ $\mu$ R/h)	K (cps/%)	U (cps/ppm)	Th (cps/ppm)
SENSIBILIDADE (S)	191,09	62,46	10,17	3,69

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

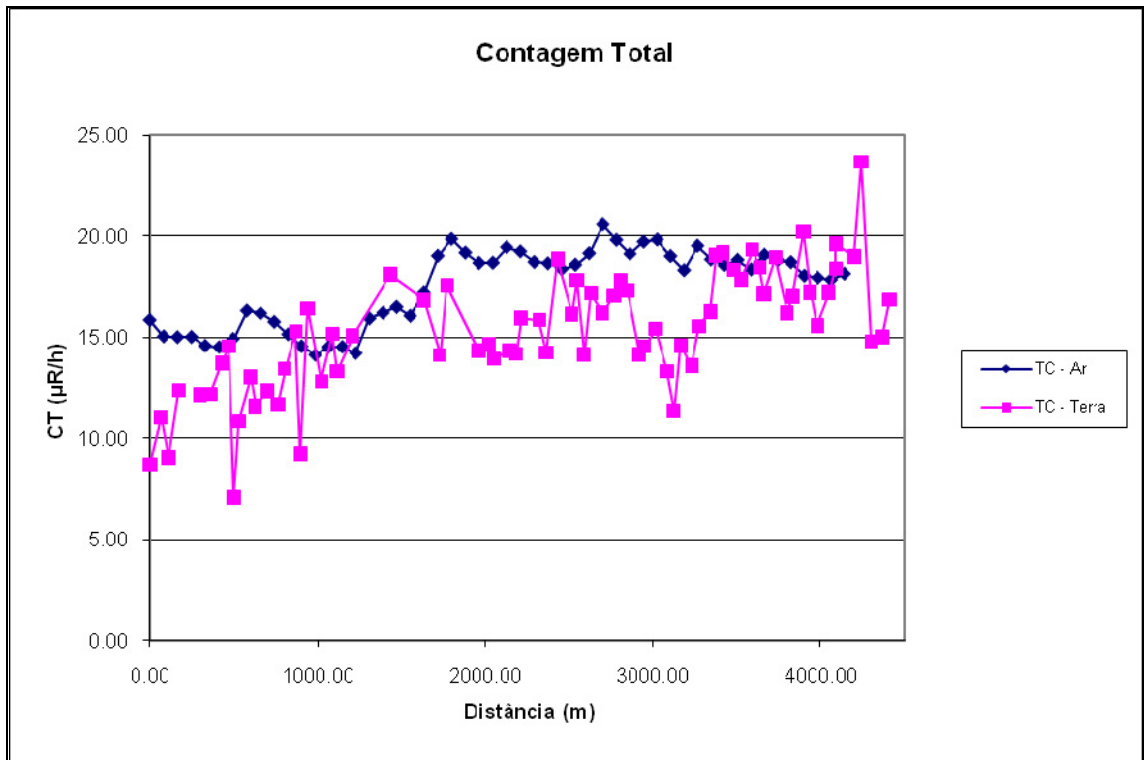


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

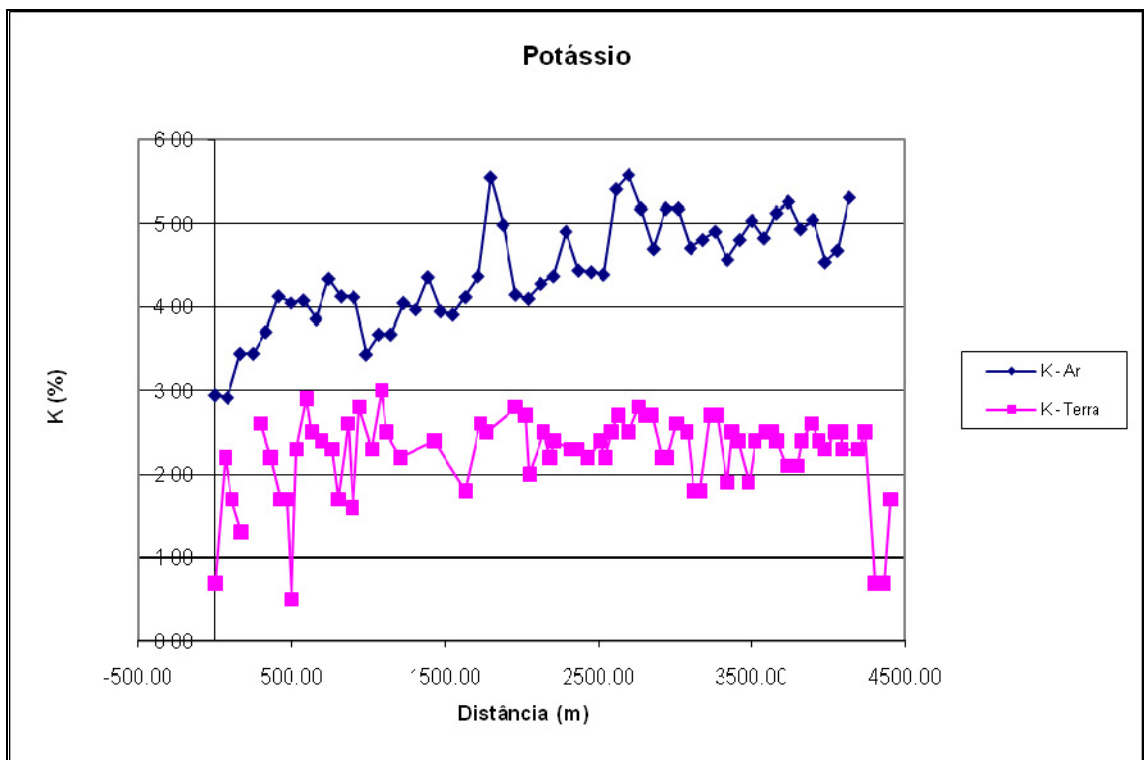


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Potássio.



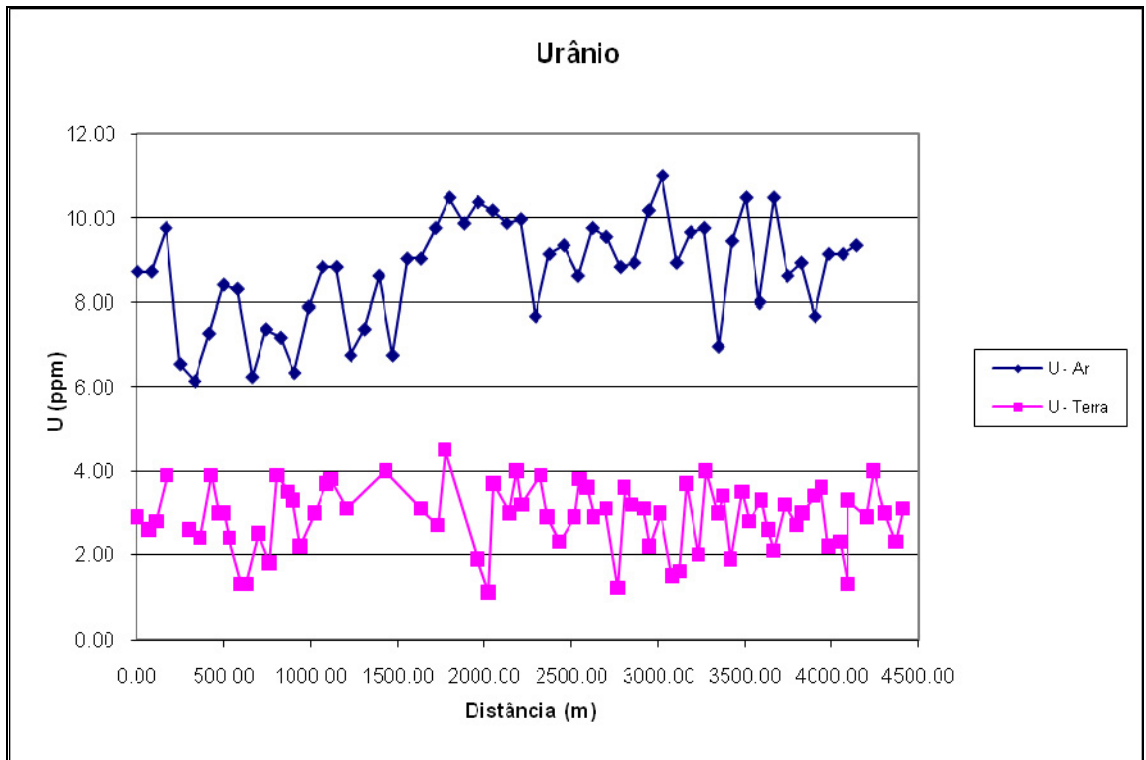


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

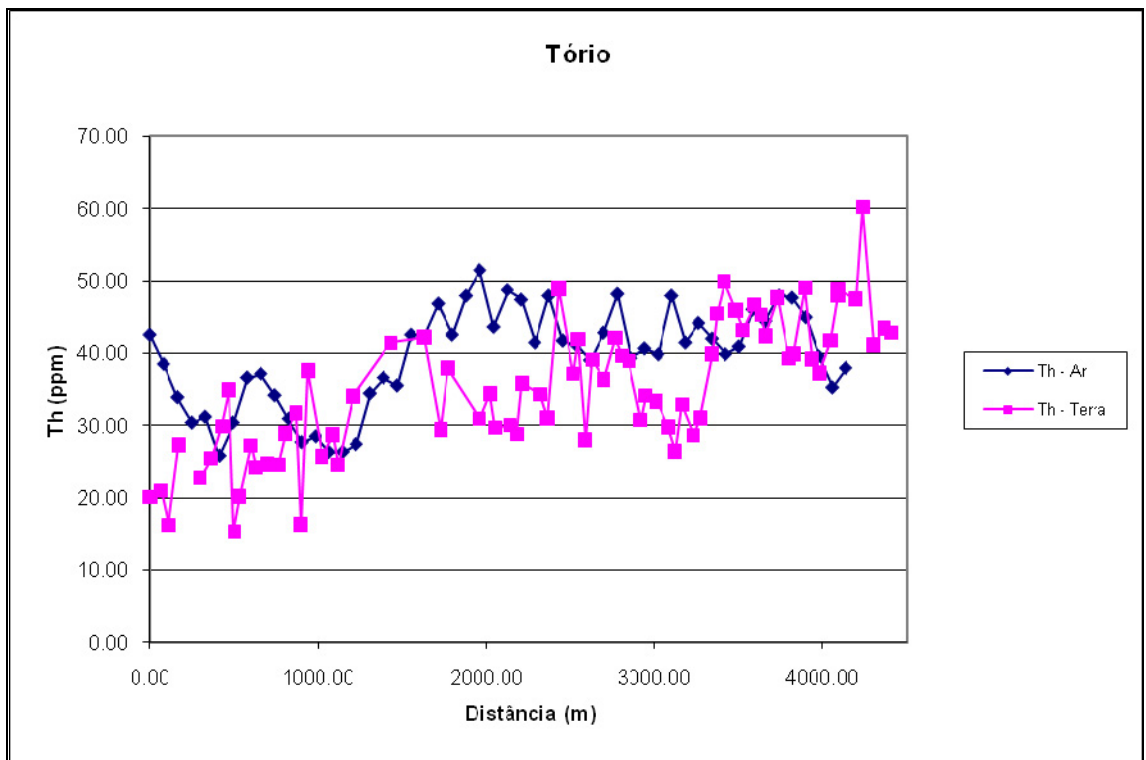


Figura 6 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE. PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA - 20/02/2009. DADOS BRUTOS.

Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (µR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
Estaca 7N	713227,07	7465266,51	12,80	0,70	2,90	20,10	4064,00	581,00	296,00	268,00
	713197,71	7465205,39	16,50	2,20	2,60	21,00	4972,00	1117,00	295,00	278,00
	713168,77	7465175,02	14,40	1,70	2,80	16,20	4460,00	902,00	259,00	217,00
	713167,90	7465113,50	18,60	1,30	3,90	27,30	5509,00	897,00	396,00	361,00
Estaca 6N	713138,10	7465021,61	18,00	2,60	1,60	20,80	5358,00	1211,00	257,00	274,00
	713137,66	7464990,84	20,40	2,60	2,60	22,70	5949,00	1264,00	311,00	299,00
	713080,23	7464960,88	20,10	2,20	2,40	25,40	5865,00	1148,00	325,00	334,00
	713022,80	7464930,93	21,10	1,70	3,90	29,90	6104,00	1057,00	418,00	393,00
Estaca 5N	712993,87	7464900,56	20,70	1,70	3,00	34,90	6001,00	881,00	430,00	457,00
	712993,43	7464869,80	8,80	0,50	3,00	15,30	3071,00	484,00	258,00	208,00
	712993,00	7464839,04	16,70	2,30	2,40	20,20	5020,00	1160,00	281,00	267,00
	712963,63	7464777,91	21,90	2,90	1,30	27,20	6208,00	1383,00	304,00	355,00
	712963,20	7464747,15	18,60	2,50	1,30	24,20	5493,00	1211,00	276,00	317,00
Estaca 4N	712933,83	7464686,02	18,80	2,40	2,50	24,60	5552,00	1207,00	323,00	324,00
	712876,40	7464656,06	19,40	2,30	1,80	24,50	5701,00	1166,00	299,00	322,00
	712847,46	7464625,70	20,70	1,70	3,90	28,90	6019,00	1045,00	409,00	380,00
	712790,03	7464595,74	25,10	2,60	3,50	31,70	7089,00	1375,00	421,00	414,00
	712761,53	7464596,14	14,90	1,60	3,30	16,30	4573,00	904,00	279,00	219,00
Estaca 3N	712732,60	7464565,78	27,50	2,80	2,20	37,60	7686,00	1457,00	427,00	488,00
	712674,74	7464505,06	19,80	2,30	3,00	25,70	5800,00	1207,00	350,00	338,00
	712617,31	7464475,10	25,20	3,00	3,70	28,70	7121,00	1498,00	400,00	375,00
	712588,81	7464475,50	21,90	2,50	3,80	24,50	6308,00	1312,00	368,00	323,00
Estaca 2N	712502,88	7464445,94	23,60	2,20	3,10	34,00	6728,00	1261,00	424,00	444,00
Estaca 1N	712556,84	7464229,79	28,10	2,40	4,00	41,40	7821,00	1433,00	520,00	538,00
Estaca 13S	712468,75	7464046,41	25,10	1,80	3,10	42,20	7087,00	1193,00	496,00	548,00
Estaca 12S	712438,95	7463954,52	23,10	2,60	2,70	29,40	6591,00	1336,00	373,00	384,00
	712467,02	7463923,36	27,90	2,50	4,50	37,90	7768,00	1423,00	507,00	494,00
Estaca 11S	712435,92	7463739,17	24,40	2,80	1,90	30,90	6921,00	1384,00	358,00	402,00
	712378,49	7463709,21	24,00	2,70	1,10	34,40	6826,00	1365,00	361,00	447,00
	712350,00	7463709,61	22,10	2,00	3,70	29,70	6354,00	1179,00	410,00	389,00
	712264,07	7463680,05	22,70	2,50	3,00	30,00	6505,00	1315,00	386,00	392,00
	712235,14	7463649,69	23,50	2,20	4,00	28,80	6696,00	1256,00	413,00	378,00
	712206,65	7463650,09	27,10	2,40	3,20	35,80	7584,00	1327,00	443,00	466,00
Estaca 10S	712148,35	7463558,60	25,90	2,30	3,90	34,30	7288,00	1315,00	455,00	448,00
	712119,43	7463528,24	23,50	2,30	2,90	31,00	6711,00	1259,00	394,00	405,00
	712090,06	7463467,11	30,70	2,20	2,30	48,90	8474,00	1350,00	527,00	633,00
	712032,21	7463406,39	25,30	2,40	2,90	37,10	7135,00	1343,00	445,00	482,00
Estaca 9S	712031,77	7463375,62	28,40	2,20	3,80	41,90	7901,00	1362,00	518,00	545,00
	712002,84	7463345,26	23,00	2,50	3,60	28,00	6574,00	1314,00	390,00	367,00
	711973,92	7463314,90	27,20	2,70	2,90	39,10	7604,00	1467,00	463,00	508,00
	711944,56	7463253,77	25,40	2,50	3,10	36,30	7172,00	1387,00	445,00	472,00
Estaca 8S	711915,19	7463192,64	27,70	2,80	1,20	42,10	7722,00	1463,00	430,00	545,00
	711886,27	7463162,28	29,10	2,70	3,60	39,60	8086,00	1512,00	493,00	514,00
	711857,34	7463131,92	28,20	2,70	3,20	38,90	7841,00	1467,00	470,00	505,00
	711827,98	7463070,79	22,40	2,20	3,10	30,70	6441,00	1211,00	396,00	402,00
Estaca 7S	711827,55	7463040,03	23,30	2,20	2,20	34,10	6648,00	1233,00	394,00	444,00
	711770,12	7463010,06	26,50	2,60	3,00	33,30	7429,00	1396,00	415,00	434,00
	711740,76	7462948,93	21,90	2,50	1,50	29,80	6310,00	1251,00	332,00	389,00

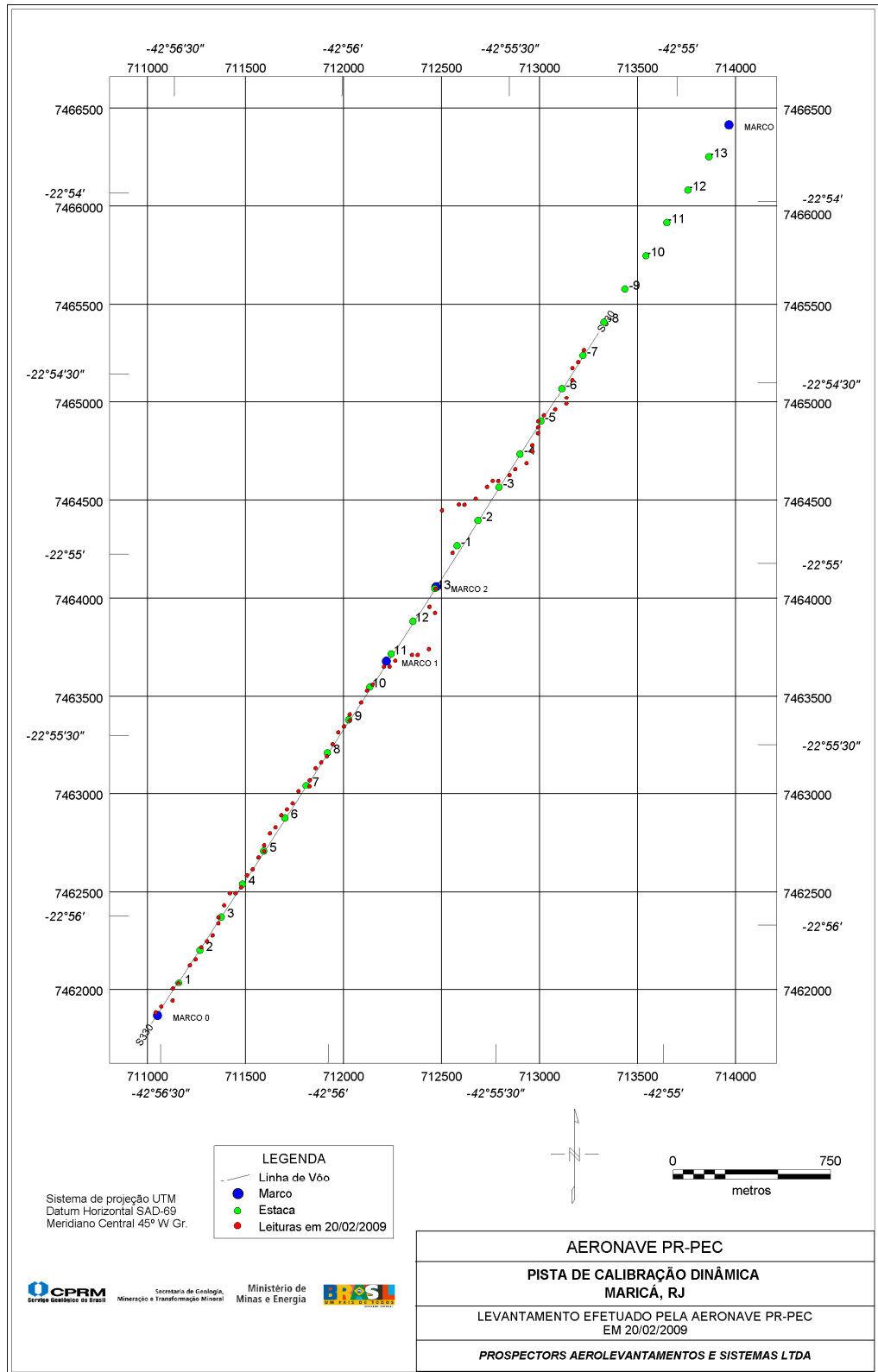


Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	711711,84	7462918,57	17,90	1,80	1,60	26,40	5329,00	1014,00	307,00	346,00
Estaca 6S	711682,91	7462888,21	22,40	1,80	3,70	32,90	6422,00	1107,00	436,00	431,00
	711653,55	7462827,08	27,70	2,70	2,00	28,60	6264,00	1342,00	341,00	374,00
	711624,62	7462796,72	25,00	2,70	4,00	31,00	7069,00	1429,00	431,00	406,00
Estaca 5S	711595,27	7462735,59	25,20	1,90	3,00	39,90	7114,00	1191,00	474,00	519,00
	711594,83	7462704,83	31,00	2,50	3,40	45,50	8531,00	1454,00	535,00	589,00
	711565,91	7462674,46	29,00	2,40	1,90	49,90	8052,00	1364,00	477,00	581,00
	711536,55	7462613,33	38,50	1,90	3,50	45,90	7923,00	1276,00	541,00	596,00
	711507,62	7462582,97	28,00	2,40	2,80	43,20	7797,00	1402,00	494,00	560,00
Estaca 4S	711478,27	7462521,84	31,20	2,50	3,30	46,70	8593,00	1469,00	541,00	605,00
	711449,34	7462491,48	29,60	2,50	2,60	45,30	8206,00	1430,00	505,00	586,00
	711420,84	7462491,88	27,40	2,40	2,10	42,40	7646,00	1368,00	463,00	550,00
	711391,49	7462430,75	31,10	2,10	3,20	47,70	8571,00	1351,00	556,00	630,00
Estaca 3S	711362,13	7462369,62	25,80	2,10	2,70	39,30	7269,00	1241,00	458,00	511,00
	711361,70	7462338,86	26,90	2,40	3,00	39,90	7529,00	1357,00	473,00	518,00
	711332,34	7462277,73	32,60	2,60	3,40	49,00	8940,00	1530,00	565,00	634,00
	711303,42	7462247,37	28,10	2,40	3,60	39,20	7830,00	1386,00	489,00	510,00
Estaca 2S	711274,49	7462217,00	24,80	2,30	2,20	37,20	7024,00	1297,00	423,00	484,00
	711245,14	7462155,87	28,20	2,50	2,30	41,70	7858,00	1388,00	464,00	540,00
	711216,21	7462125,51	30,40	2,50	1,30	48,00	8386,00	1430,00	485,00	620,00
	711216,21	7462125,51	32,60	2,30	3,30	48,80	8947,00	1428,00	560,00	632,00
Estaca 1S	711157,93	7462034,02	30,70	2,30	2,90	47,50	8465,00	1403,00	534,00	615,00
	711129,01	7462003,65	38,00	2,50	4,00	60,20	10249,00	1613,00	683,00	776,00
	711128,14	7461942,13	23,00	0,70	3,00	41,10	6587,00	799,00	511,00	537,00
	711070,73	7461912,16	22,60	0,70	2,30	43,40	6474,00	766,00	476,00	565,00
Marco 0	711041,80	7461881,80	27,70	1,70	3,10	42,80	7250,00	1147,00	500,00	557,00
*	723004,67	7461401,78	-2,6	-0,1	-0,1	2,4	247,00	37,00	18,00	15,00
*	722975,72	7461371,44	-2,7	-0,1	0,00	-0,1	232,00	34,00	17,00	9,00
*	723004,21	7461371,02	-2,5	-0,1	0,2	0,00	268,00	43,00	24,00	10,00
*	722976,17	7461402,20	-2,60	-0,10	-0,30	0,2	253,00	43,00	11,00	13,00

\* *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-f - ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA - RESULTADOS DOS TESTES**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO

CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADO DOS TESTES

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PRS

RIO DE JANEIRO - RJ  
23 DE MAIO DE 2009

## SUMÁRIO

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

### **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 - Coeficientes de Atenuação

- a) Contagem Total
- b) Potássio
- c) Urânio
- d) Tório

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

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range - DCR*) realizados em 23/05/2009 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 200 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 fórmula (IAEA, 1991):

$$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (1)$$
, 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 200, 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), obtêm-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 do vôo (100m);
- $H$  é a altura medida.

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

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

<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	3889,58	319,76	101,96	164,80
331	3994,52	327,18	106,72	165,76
332	3942,26	325,82	102,92	164,10
400	3432,76	280,84	93,69	142,47
500	2935,98	230,16	82,02	119,90
600	2544,75	204,02	70,44	102,31
700	2207,08	172,58	64,65	91,37
800	1950,69	153,89	57,22	79,93
<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	402,84	45,47	15,56	11,52
331	399,38	45,71	15,12	11,22
332	393,46	45,86	15,54	10,84
400	408,70	47,11	16,49	11,67
500	413,96	45,54	17,07	11,14
600	419,80	45,69	16,51	11,44
700	420,38	44,73	17,53	11,46
800	414,27	44,09	16,56	11,54
<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	3486,74	274,29	86,40	153,28
331	3595,14	281,47	91,60	154,54
332	3548,80	279,96	87,38	153,26
400	3024,06	233,73	77,20	130,80
500	2522,02	184,62	64,95	108,76
600	2124,95	158,33	53,93	90,87
700	1786,70	127,85	47,12	79,91
800	1536,42	109,80	40,66	68,39

\* valores corrigidos do tempo morto

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

- Tempo morto
- *Background*
- Espalhamento *Compton*

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

LINHA	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	96,42	3484,64	171,68	32,85	148,46
331	90,54	3591,38	174,37	38,09	149,57
332	90,37	3548,82	176,87	34,36	148,53
400	114,19	3016,76	142,14	30,29	126,45
500	139,39	2515,91	106,78	24,61	105,20
600	168,62	2122,58	92,74	18,97	88,10
700	190,74	1780,68	69,82	15,41	77,31
800	212,29	1532,66	59,39	12,83	66,27

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

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
330	96,42	8,16	5,15	3,49	5,00
331	90,54	8,19	5,16	3,64	5,01
332	90,37	8,17	5,18	3,54	5,00
400	114,19	8,01	4,96	3,41	4,84
500	139,39	7,83	4,67	3,20	4,66
600	168,62	7,66	4,53	2,94	4,48
700	190,74	7,48	4,25	2,74	4,35
800	212,29	7,33	4,08	2,55	4,19

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:

Quadro 1 – Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0,0069
Potássio	-0,009
Urânio	-0,0084
Tório	-0,0067



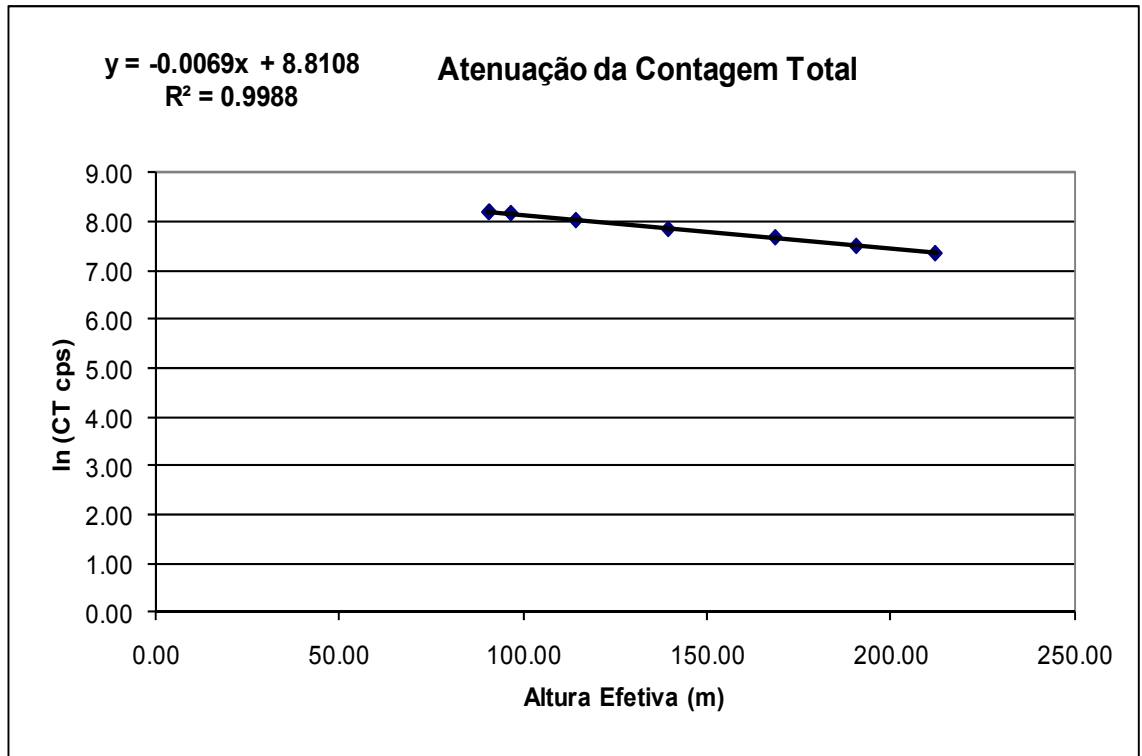


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

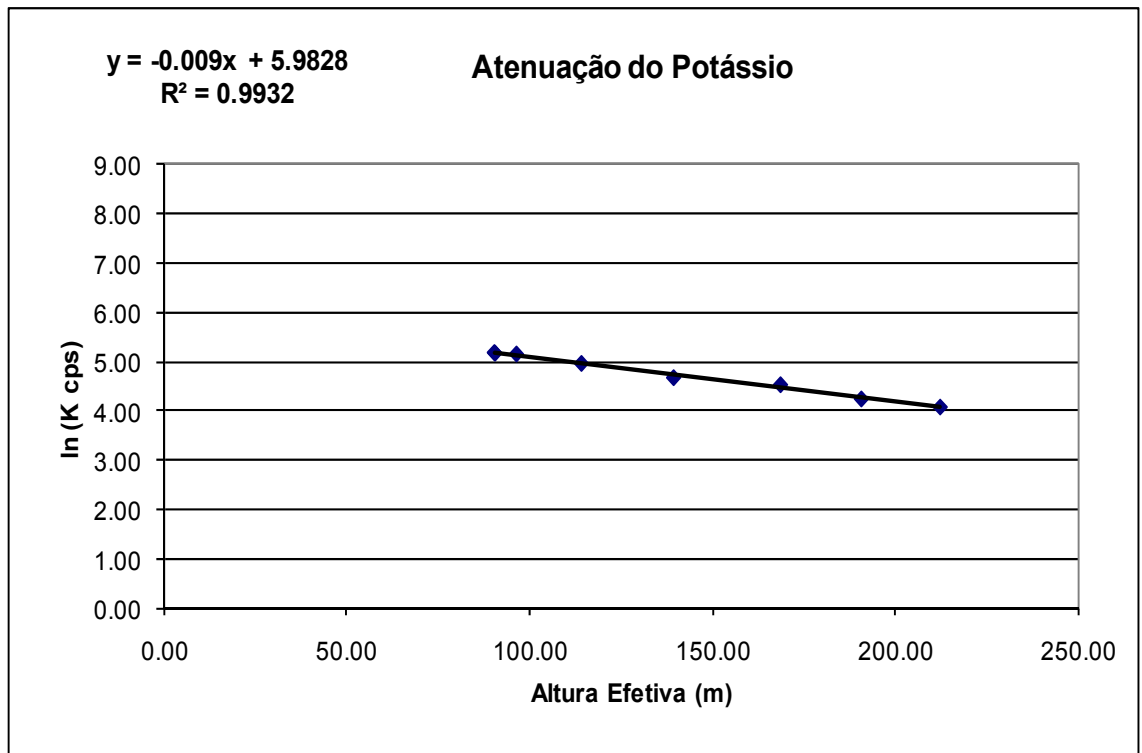


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação – Potássio.

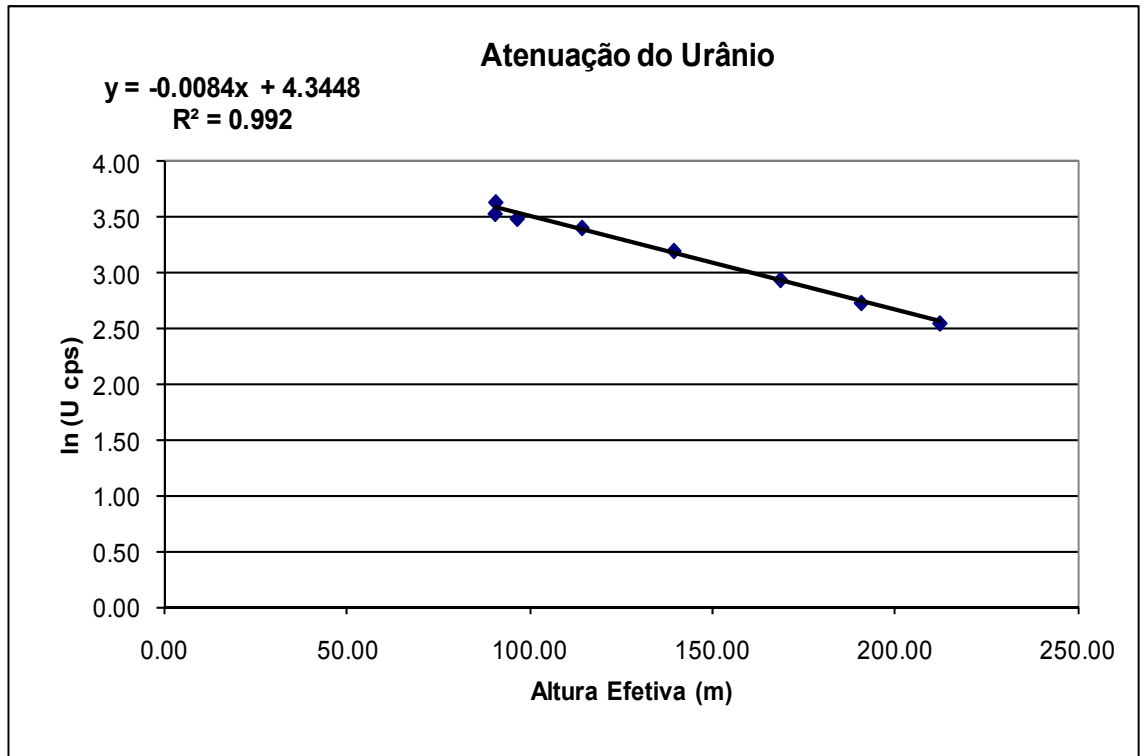


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

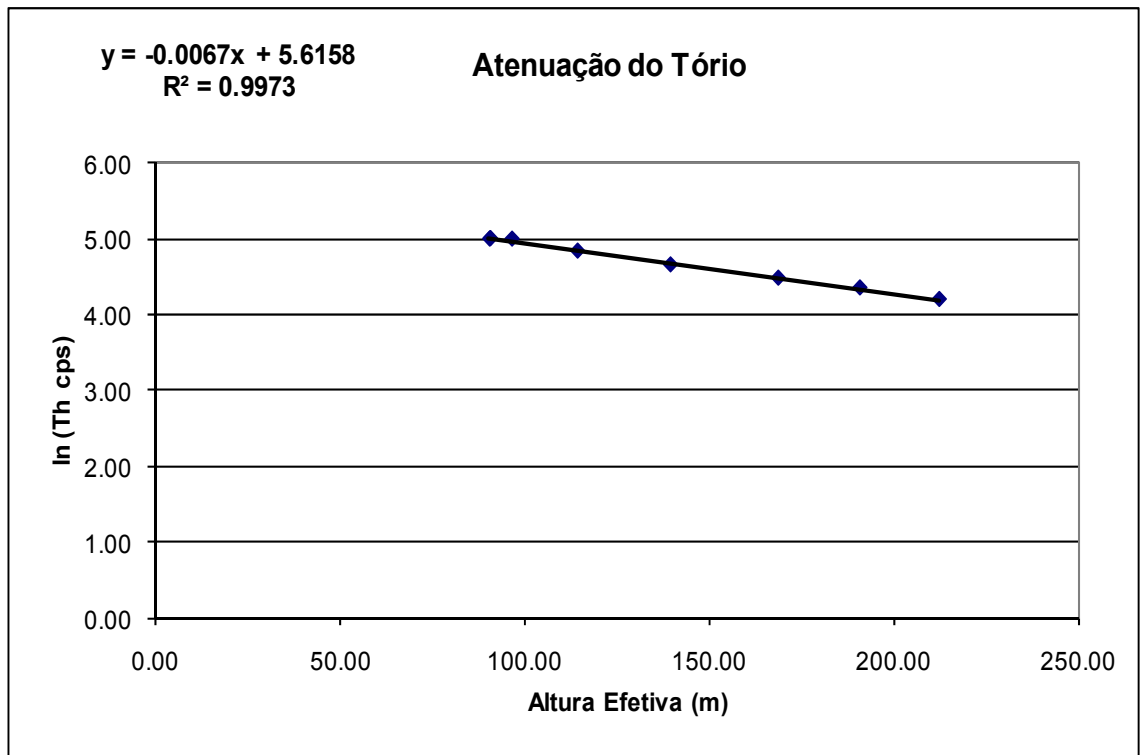


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO ESPÍRITO SANTO

CPRM CONTRATO N.º 045/PR/09

ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADO DOS TESTES

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PEC

RIO DE JANEIRO - RJ  
20 DE FEVEREIRO DE 2009

## SUMÁRIO

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

### 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 - Coeficientes de Atenuação

- a) Contagem Total
- b) Potássio
- c) Urânio
- d) Tório

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

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range - DCR*) realizados em 20/02/2009 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 300 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 fórmula (IAEA, 1991):

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

$N_H$  é a radiação à distância H da fonte,  
 $N_0$  é a radiação na superfície do terreno (H=0),  
 $\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica.

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

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

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos  $\ln(N_H)$  em relação às alturas de vôo (de 300, 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), obtêm-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 do vôo (100m);
- $H$  é a altura medida.

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

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

<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>
300	3550,52	295,94	89,16	156,88
330	3346,96	274,21	84,12	145,46
331	3117,57	259,98	78,25	135,84
332	3253,51	272,82	82,38	142,36
400	2891,78	242,51	73,20	122,80
500	2576,38	213,79	66,70	112,92
600	2231,08	181,71	60,53	97,71
700	1950,44	159,85	54,51	82,69
800	1677,91	138,30	45,76	71,11
<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>
300	273,52	38,19	7,48	9,85
330	276,60	38,59	7,79	9,05
331	279,89	39,20	8,24	9,52
332	275,23	38,12	8,23	8,95
400	278,84	38,79	8,49	8,96
500	281,06	37,63	9,13	9,48
600	279,34	37,81	8,58	9,20
700	287,91	38,17	9,25	9,64
800	289,80	37,12	9,44	10,25
<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>
300	3277,00	257,75	81,68	147,03
330	3070,36	235,62	76,33	136,41
331	2837,68	220,78	70,01	126,32
332	2978,28	234,70	74,15	133,41
400	2612,94	203,72	64,71	113,84
500	2295,32	176,16	57,57	103,44
600	1951,74	143,90	51,95	88,51
700	1662,53	121,68	45,26	73,05
800	1388,11	101,18	36,32	60,86

\* valores corrigidos do tempo morto

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

- Tempo morto
- *Background*
- Espalhamento *Compton*

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

LINHA	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
300	82,07	3272,55	161,40	34,13	142,61
330	91,76	3068,49	145,26	31,64	132,46
331	104,18	2834,56	137,08	27,80	122,62
332	96,55	2974,12	146,50	30,05	129,43
400	116,83	2611,30	126,35	26,02	110,59
500	136,22	2293,19	106,21	21,39	100,50
600	161,81	1949,18	80,82	19,90	86,00
700	185,76	1658,44	66,80	17,94	70,91
800	209,30	1389,05	56,26	12,93	59,34

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

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
300	82,07	8,09	5,08	3,53	4,96
330	91,76	8,03	4,98	3,45	4,89
331	104,18	7,95	4,92	3,33	4,81
332	96,55	8,00	4,99	3,40	4,86
400	116,83	7,87	4,84	3,26	4,71
500	136,22	7,74	4,67	3,06	4,61
600	161,81	7,58	4,39	2,99	4,45
700	185,76	7,41	4,20	2,89	4,26
800	209,30	7,24	4,03	2,56	4,08

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:

Quadro 1 – Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0,0067
Potássio	-0,0085
Urânio	-0,0069
Tório	-0,0067

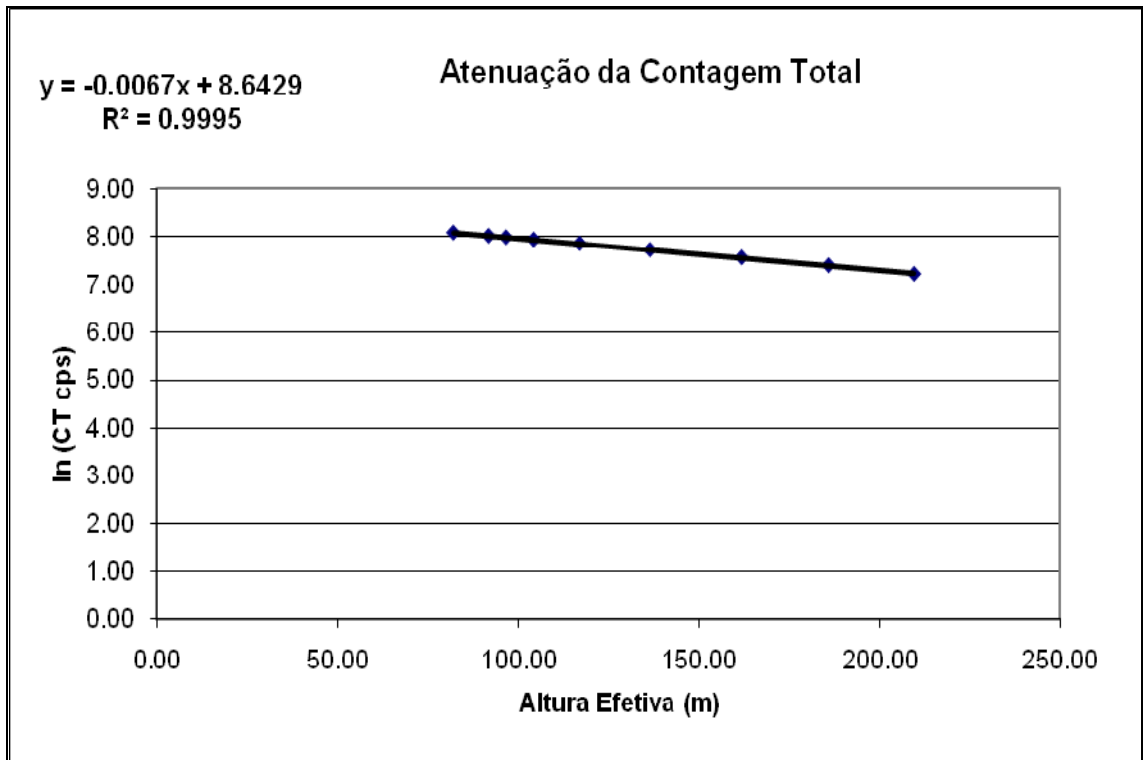


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

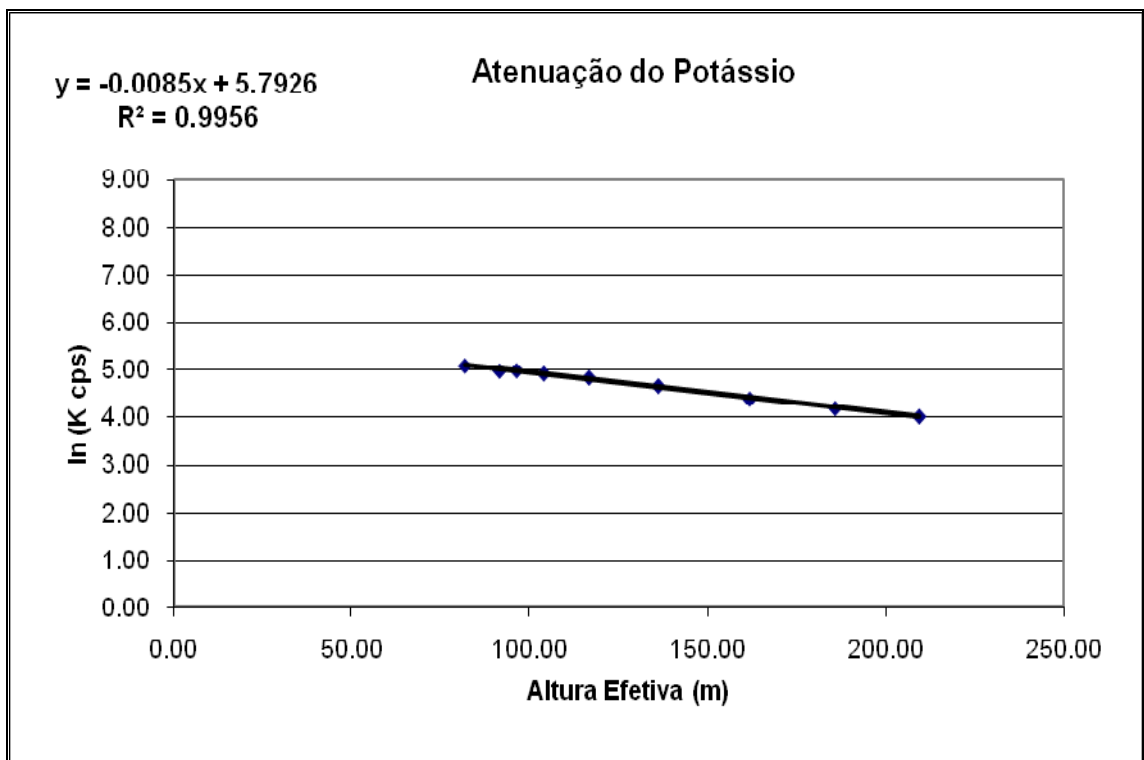


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação - Potássio.



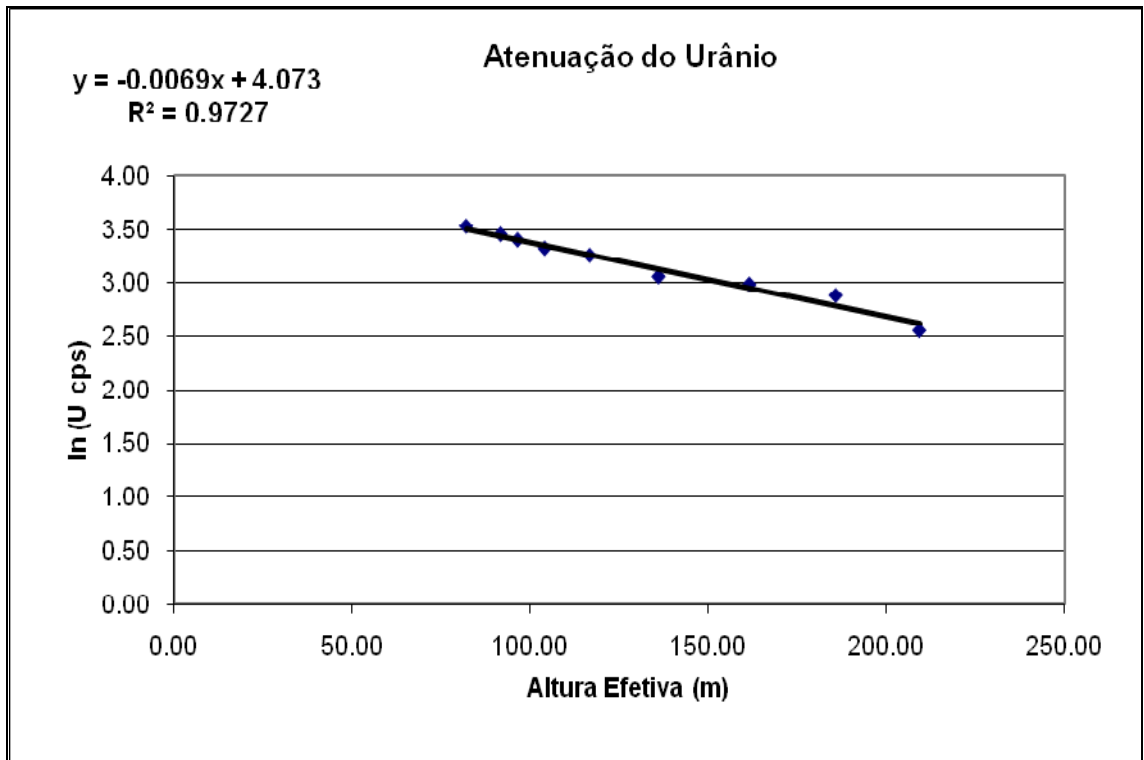


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

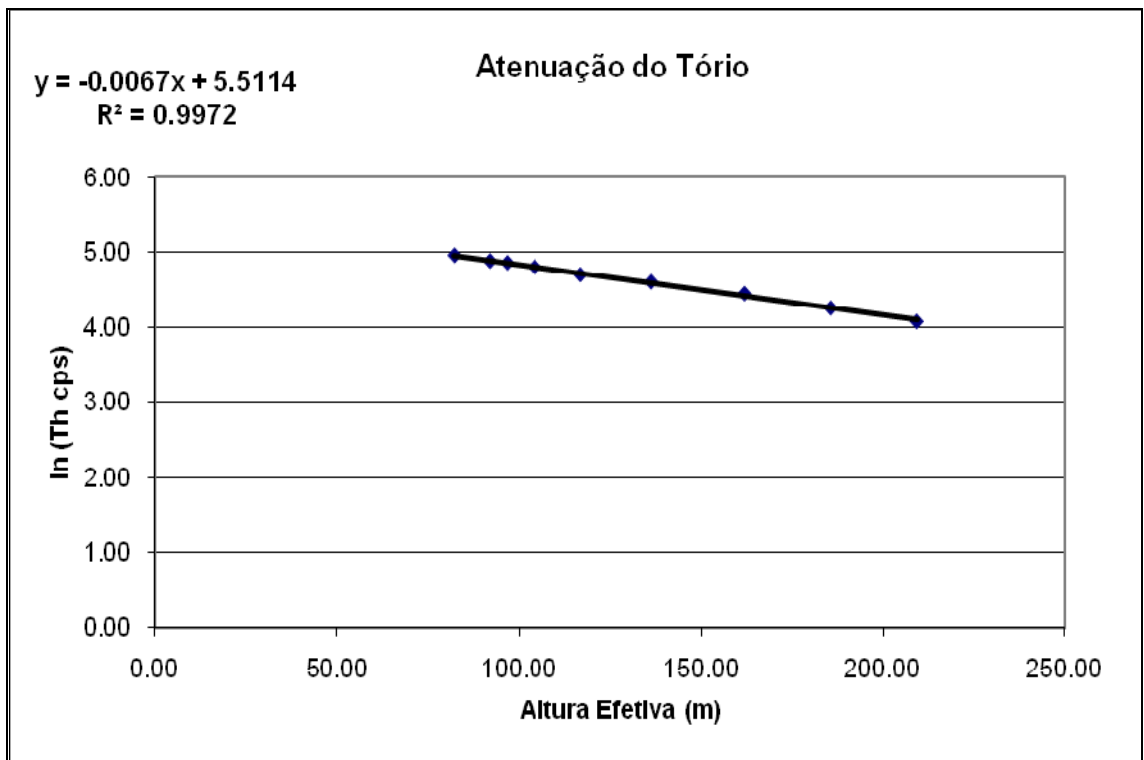


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

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

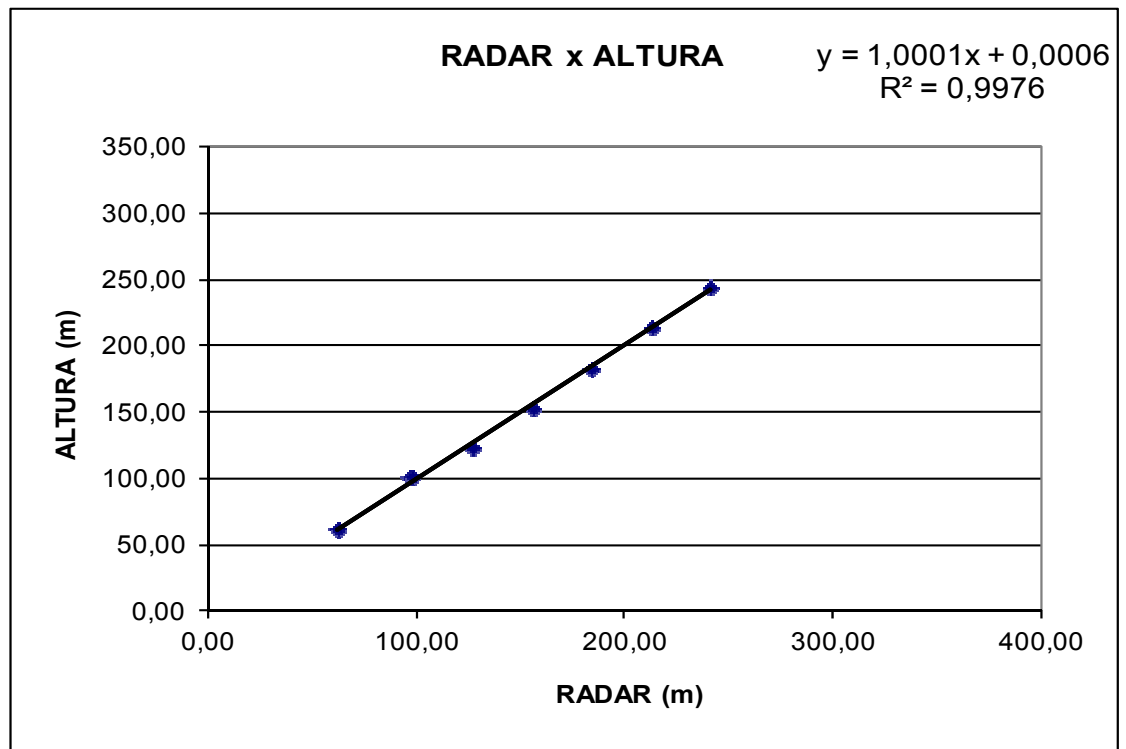
Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari - ES
Aeronave	PR-PEC
Data	29/08/09
Nº Voo	002

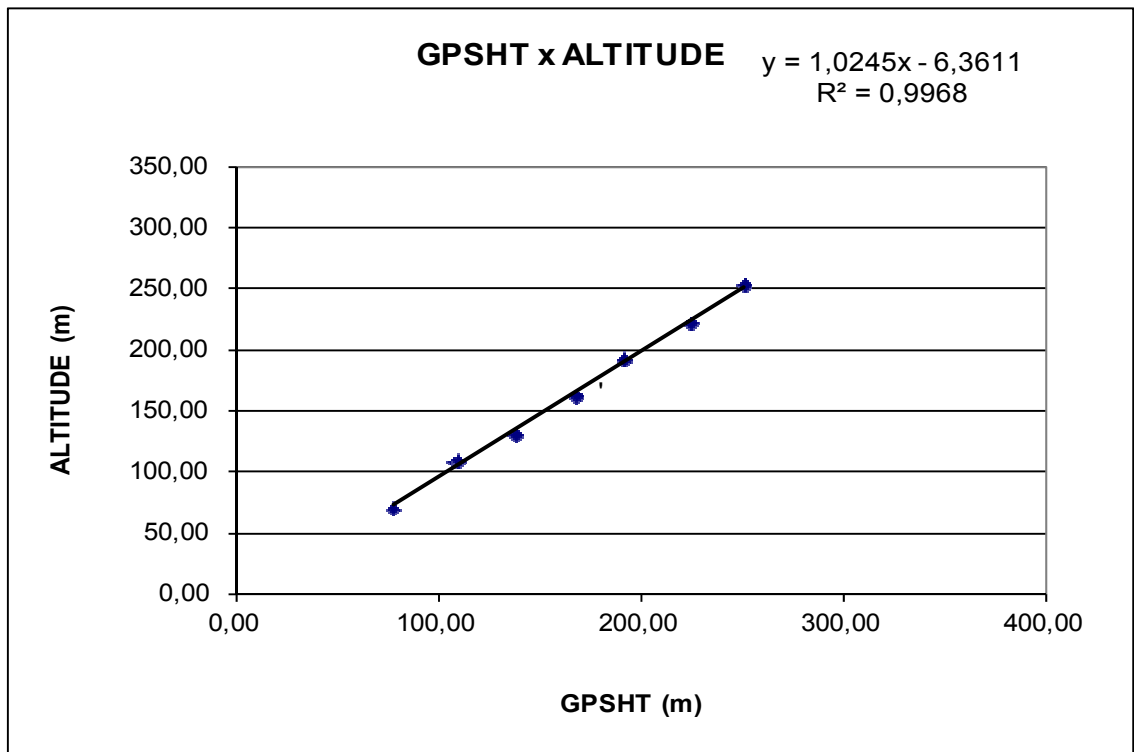
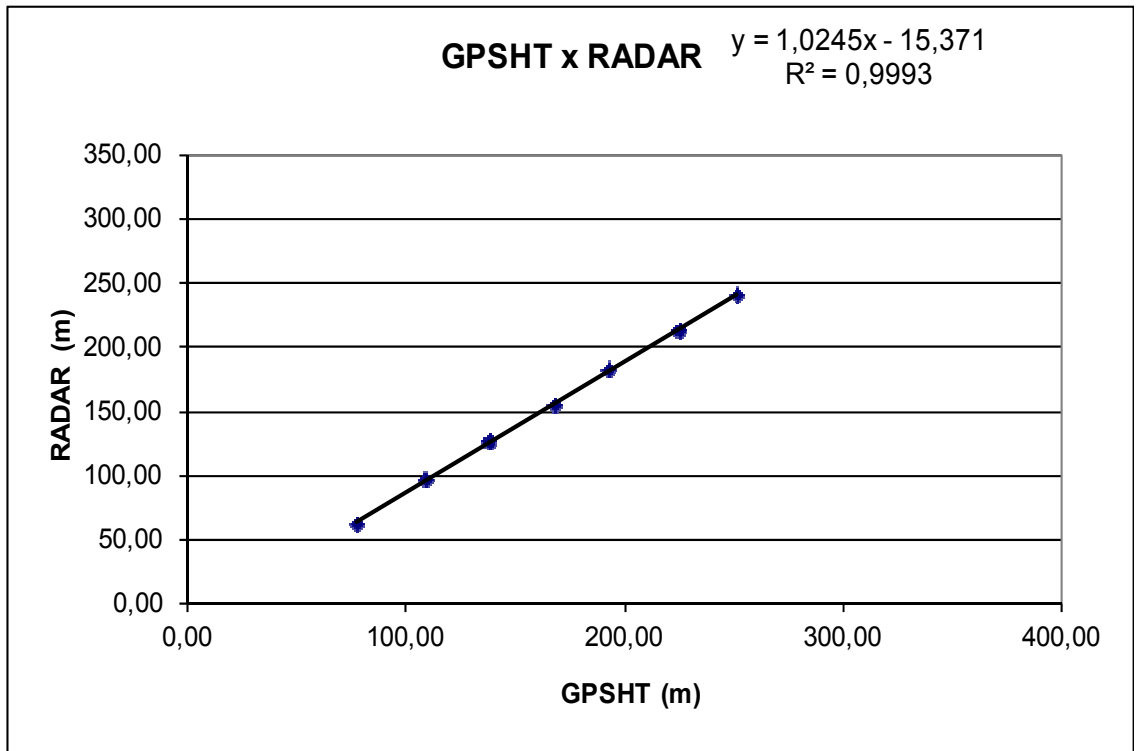
Altitude da Pista: 9m

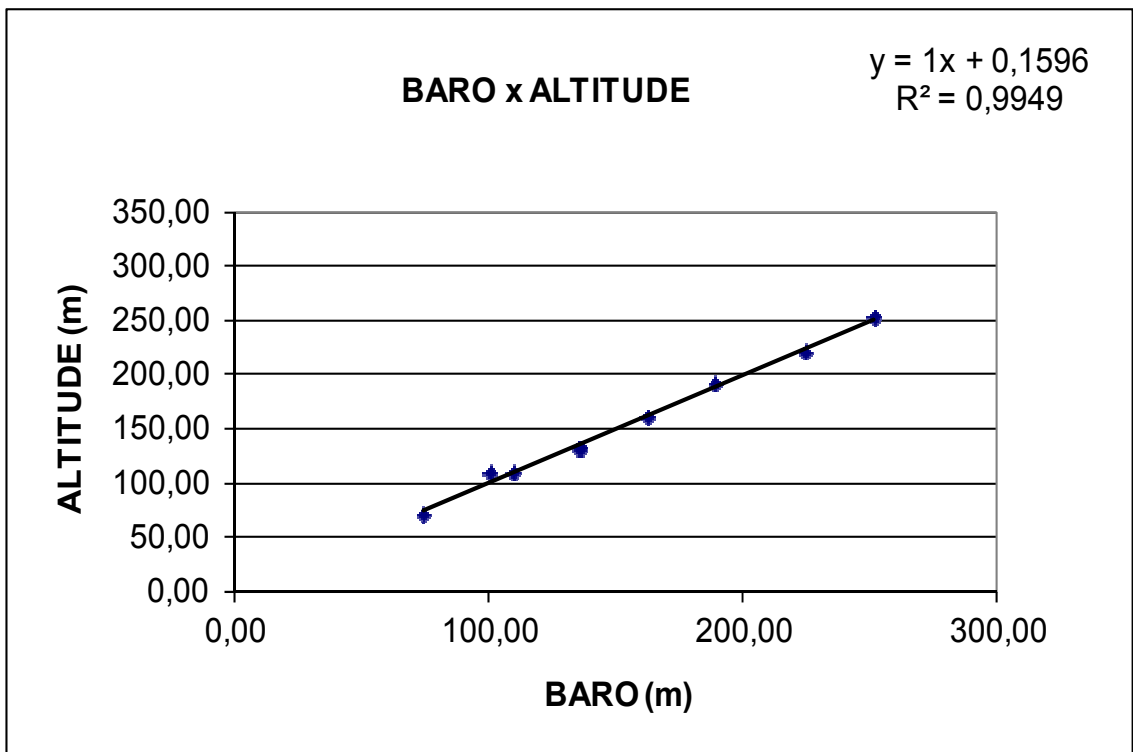
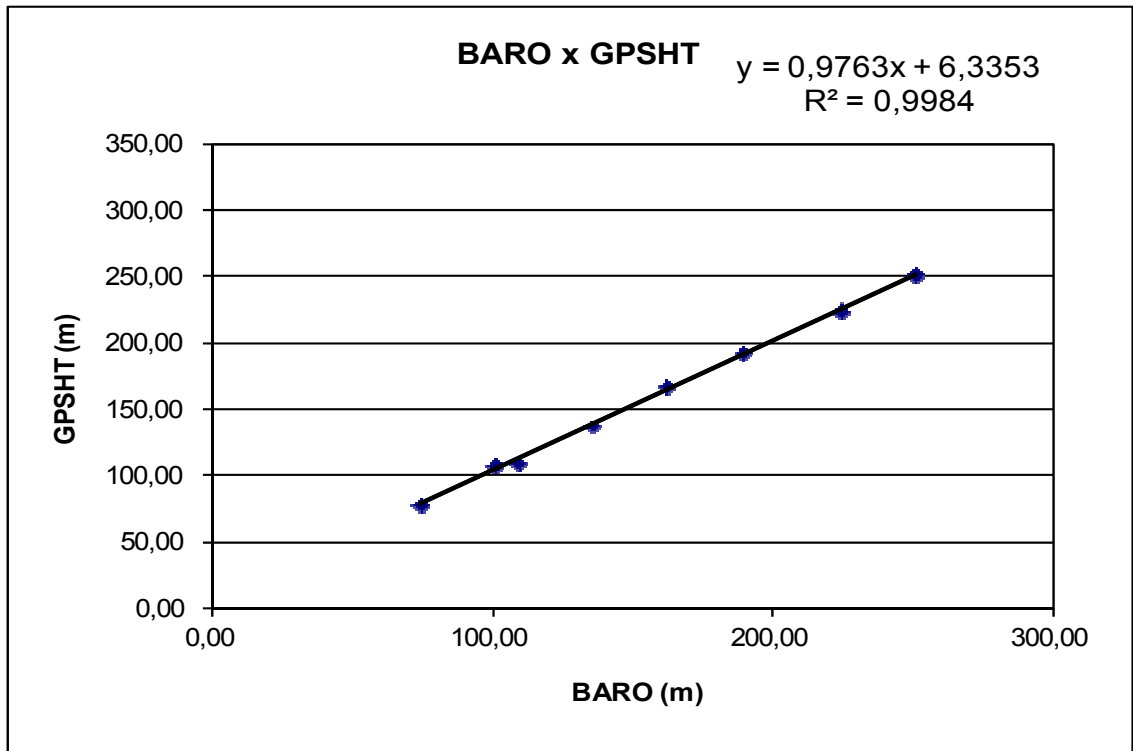
Altura: Altura teórica

Altitude: Altura teórica corrigida com a pista

LINHA	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	86,50	77,50	61,64	73,92
330	100,58	117,30	108,30	97,01	100,51
330	100,58	118,50	109,50	97,22	109,37
400	121,92	146,60	137,60	126,74	135,96
500	152,40	176,70	167,70	155,60	162,55
600	182,88	201,10	192,10	183,70	189,14
700	213,36	233,60	224,60	213,09	224,59
800	243,84	260,00	251,00	241,37	251,18







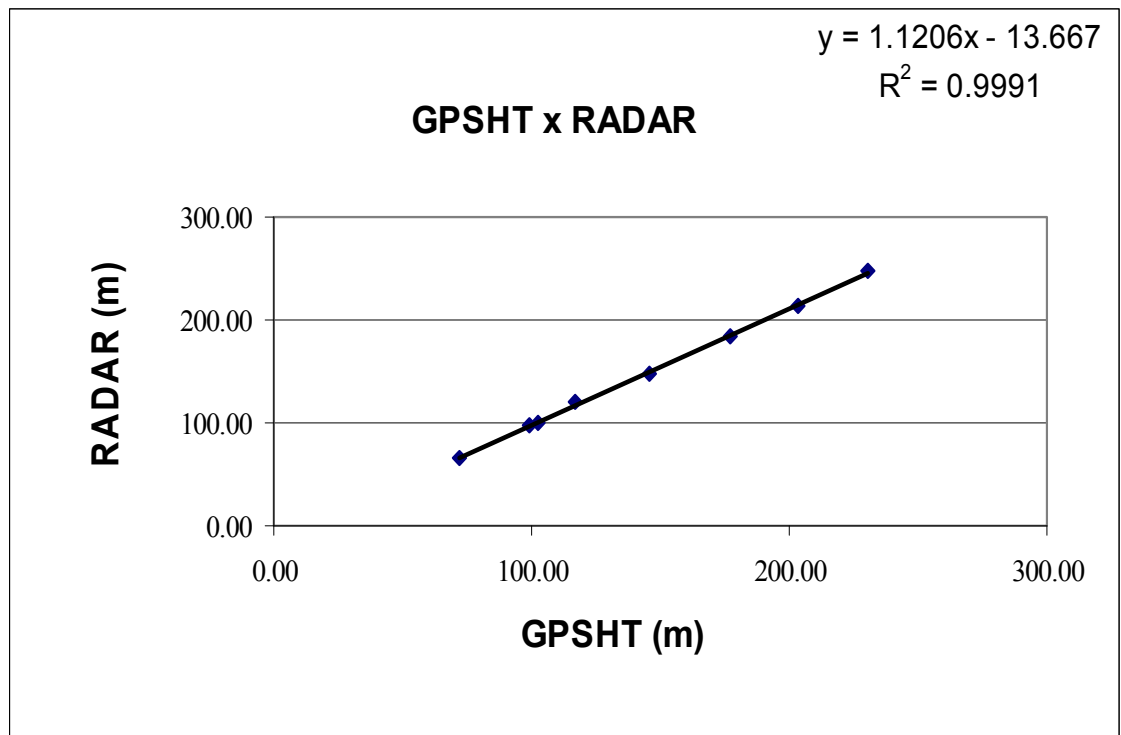
Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari - ES
Aeronave	PR-PRS
Data	11/09/09
Nº Vôo	302

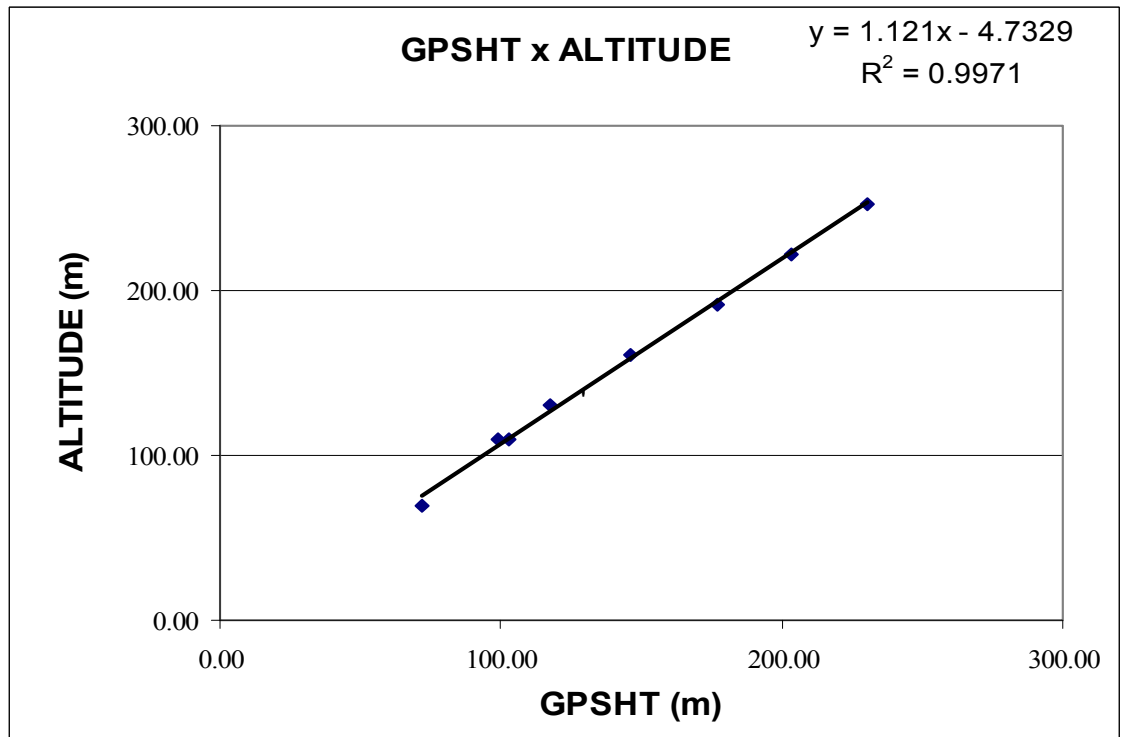
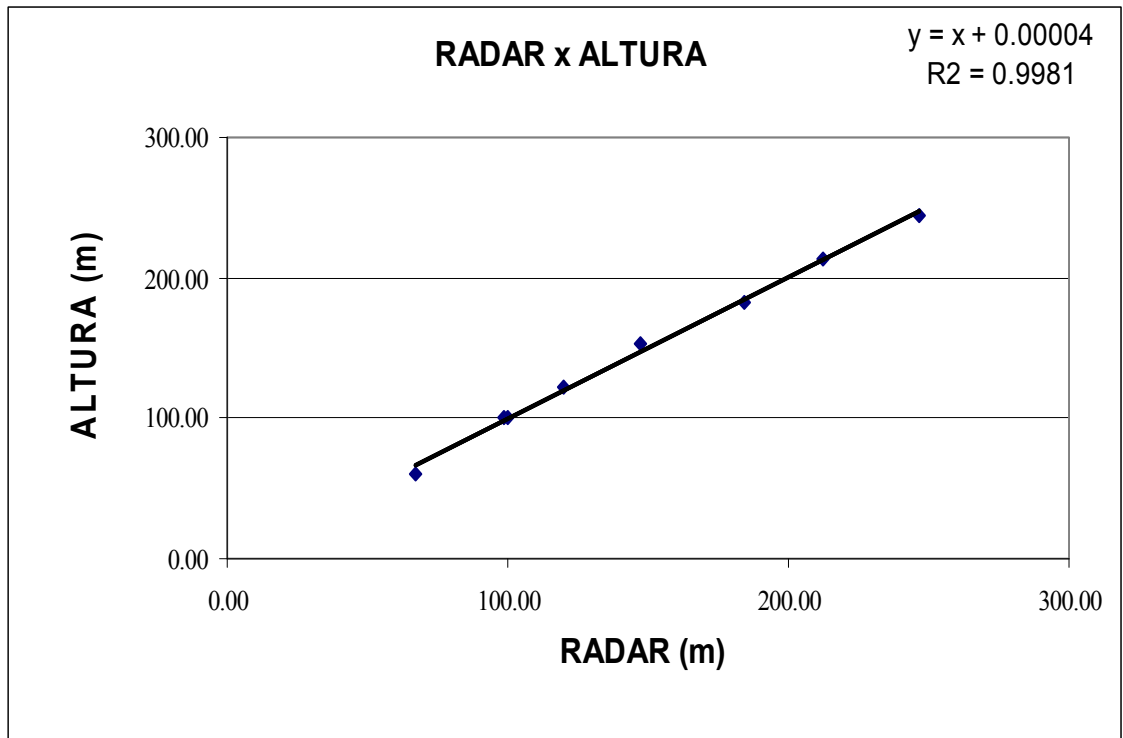
Altitude da Pista: 9m

Altura: Altura teórica

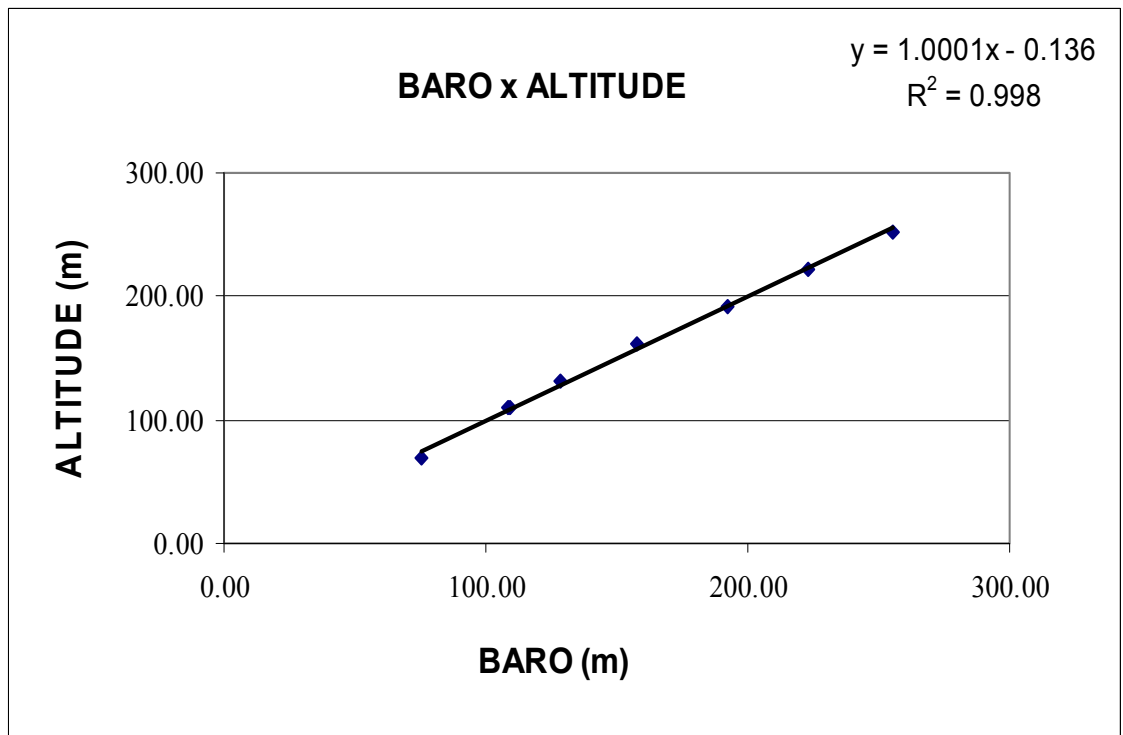
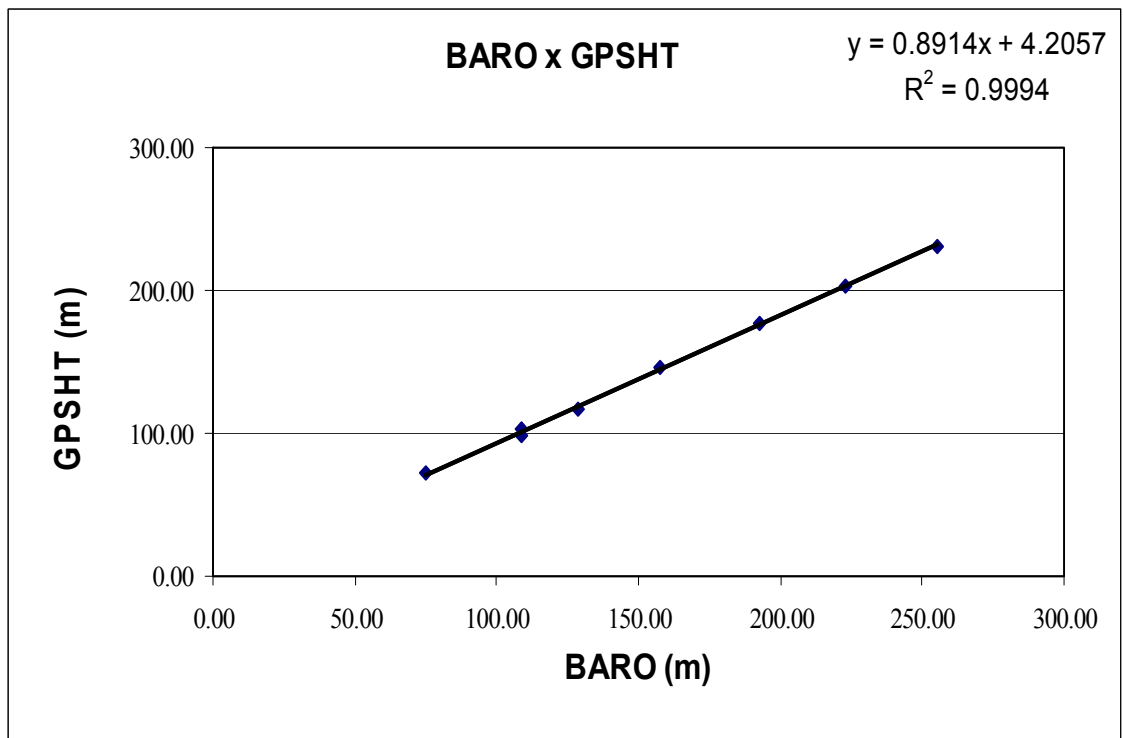
Altitude: Altura teórica corrigida com a pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	69,96	72,02	66,87	75,25
330	100,58	109,58	98,94	98,46	108,67
330	100,58	109,58	102,52	100,21	108,96
400	121,92	130,92	117,14	119,93	128,40
500	152,40	161,40	145,76	147,45	157,60
600	182,88	191,88	177,05	184,04	192,66
700	213,36	222,36	203,71	212,63	222,83
800	243,84	252,84	230,36	246,91	255,15









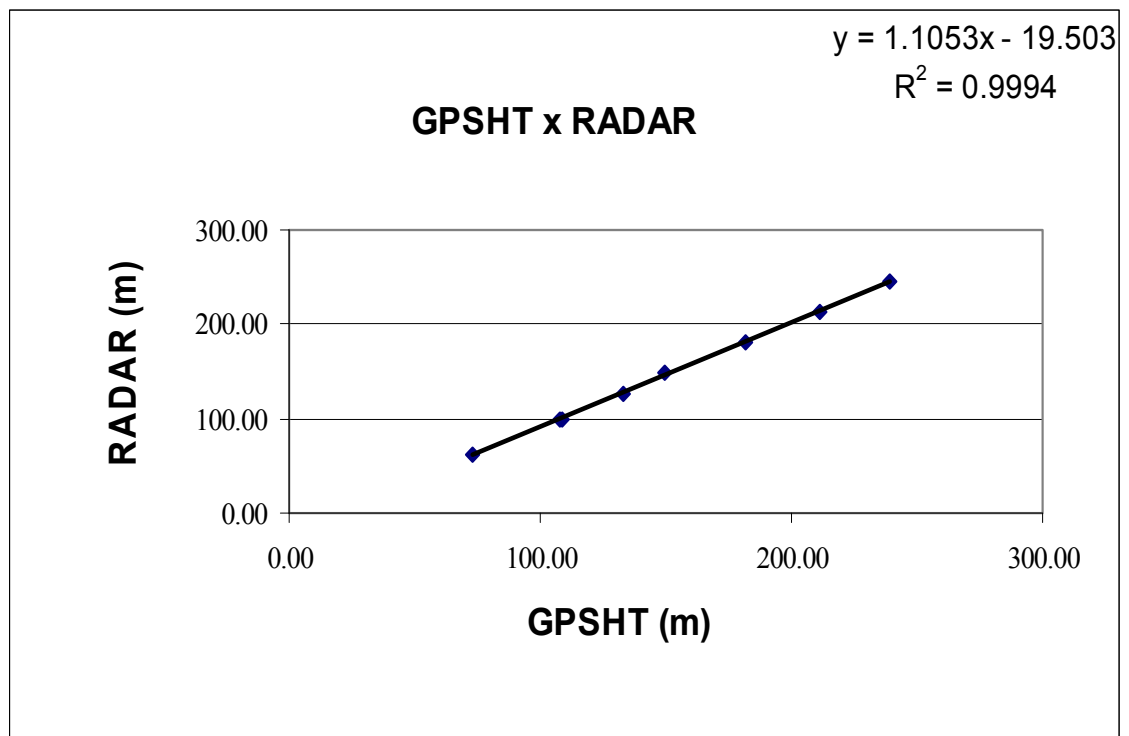
Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari - ES
Aeronave	PR-PRS
Data	17/09/09
Nº Voo	320

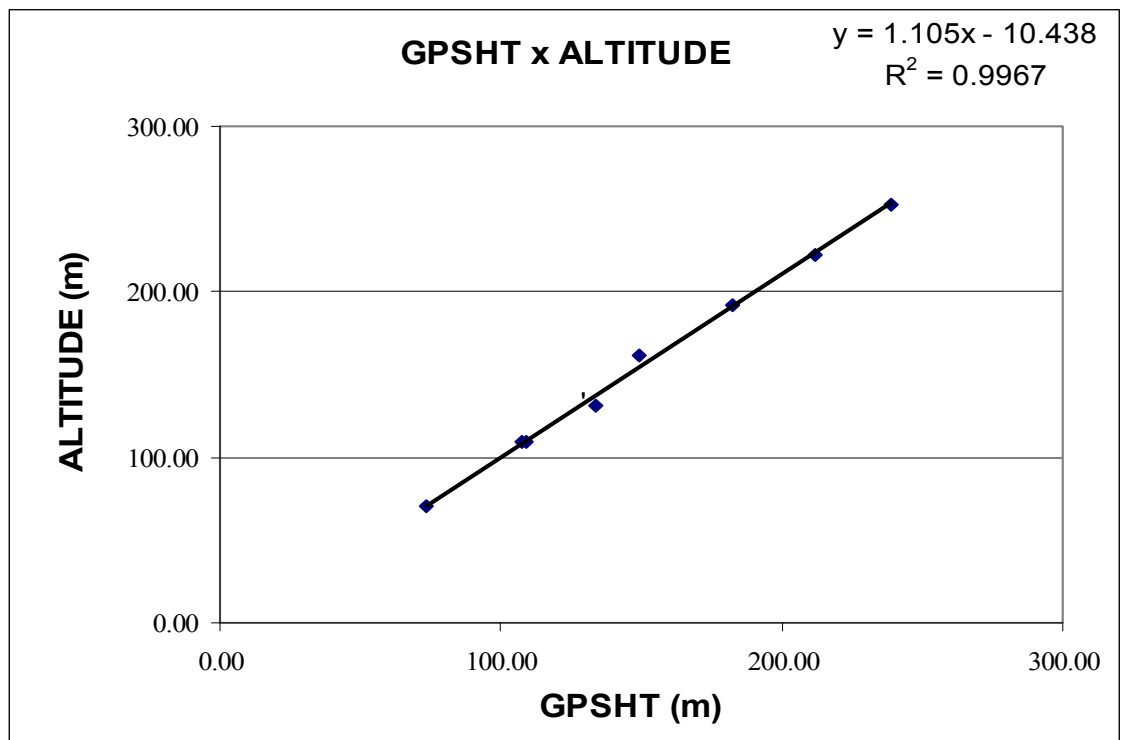
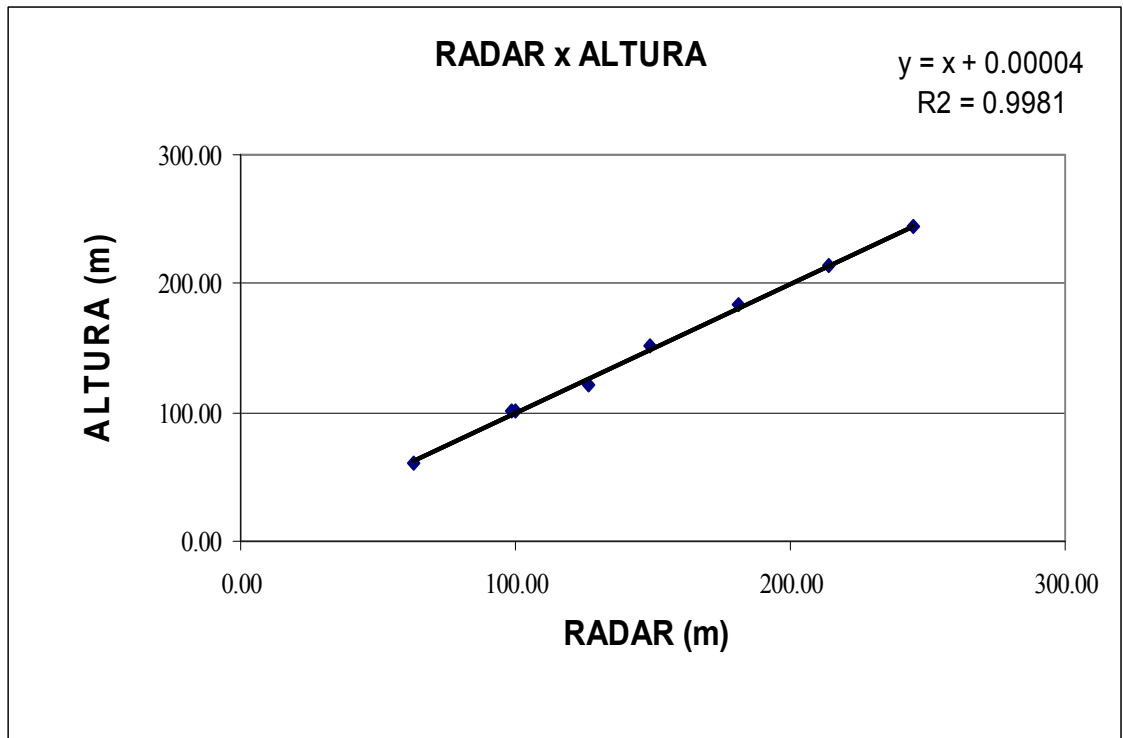
Altitude da Pista: 9m

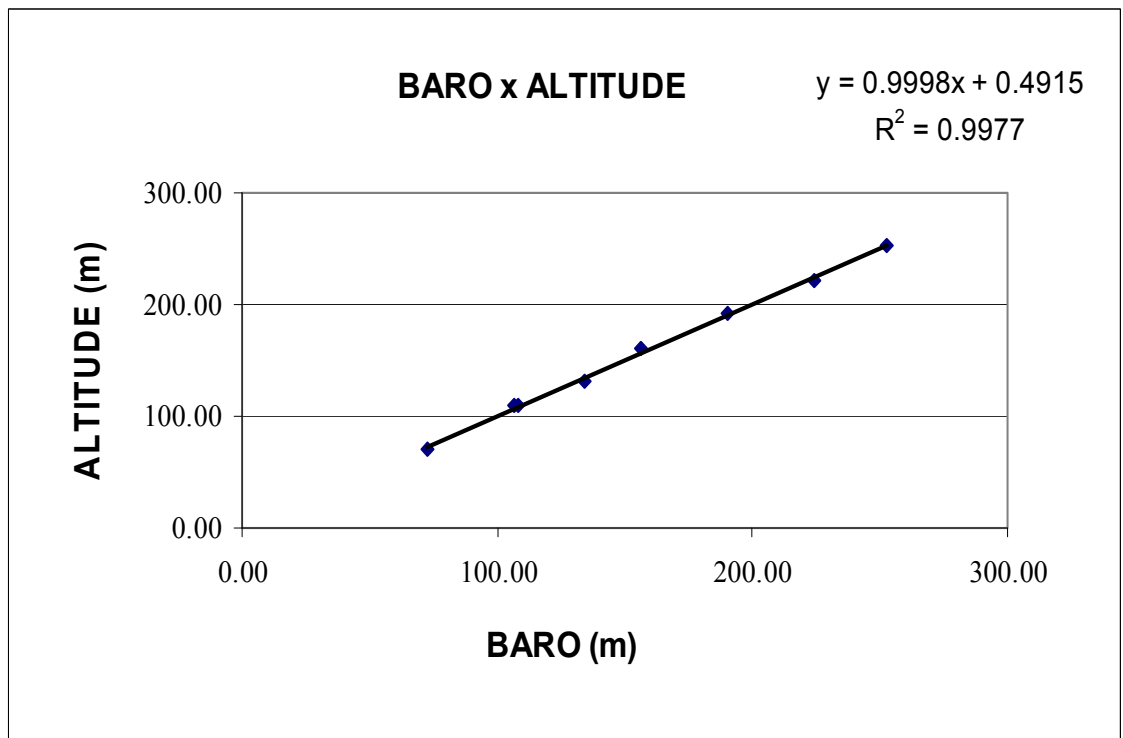
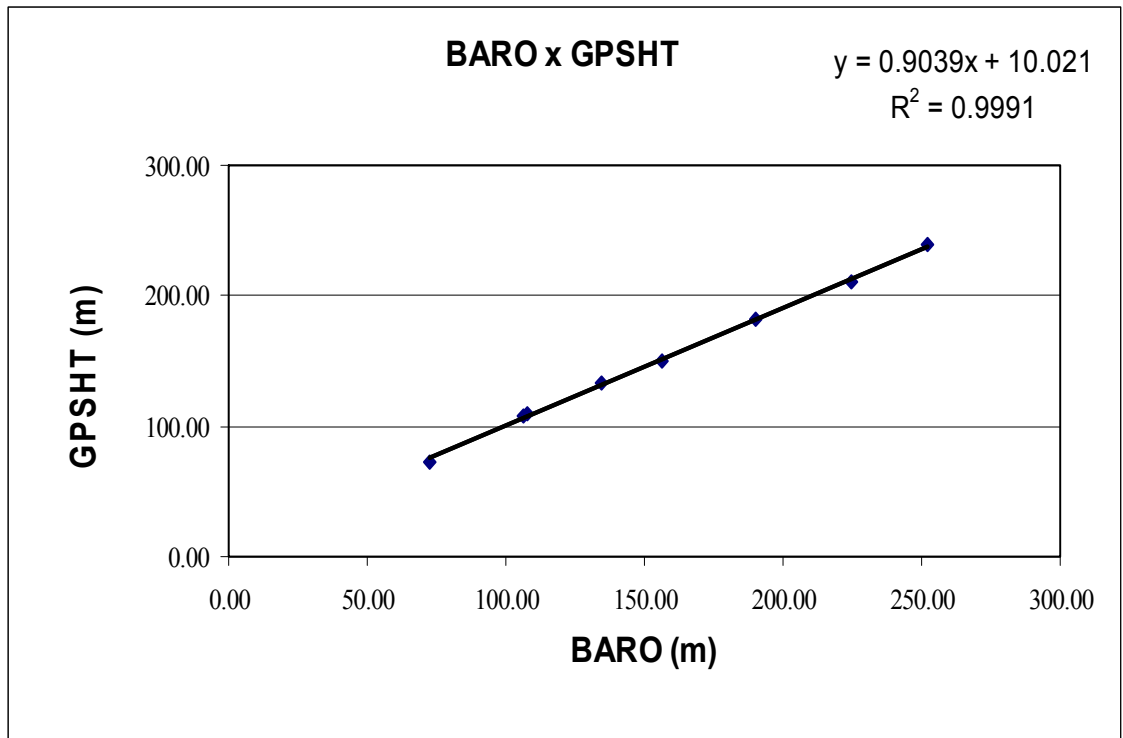
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	69,96	73,18	62,60	72,26
330	100,58	109,58	107,65	98,43	106,54
330	100,58	109,58	109,12	99,75	107,92
400	121,92	130,92	133,45	126,82	134,60
500	152,40	161,40	149,26	148,72	156,31
600	182,88	191,88	182,16	181,12	190,36
700	213,36	222,36	211,48	213,94	224,53
800	243,84	252,84	239,15	245,05	252,37







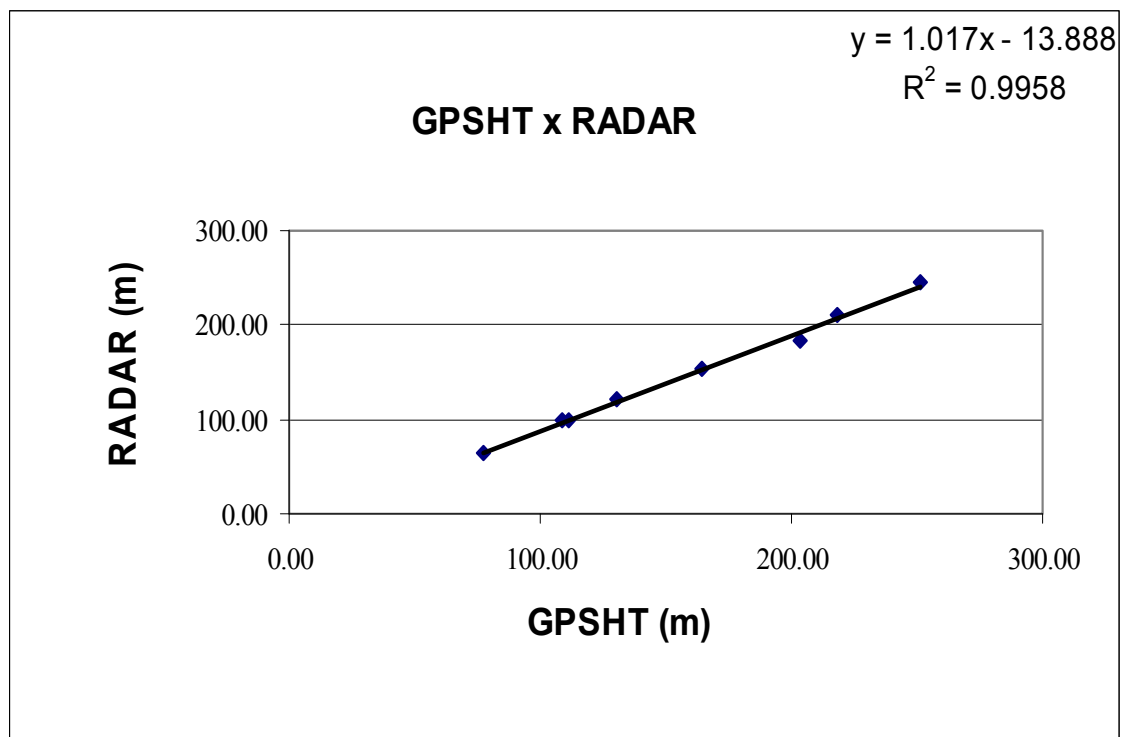
Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari - ES
Aeronave	PR-PRS
Data	10/12/09
Nº Vôo	370

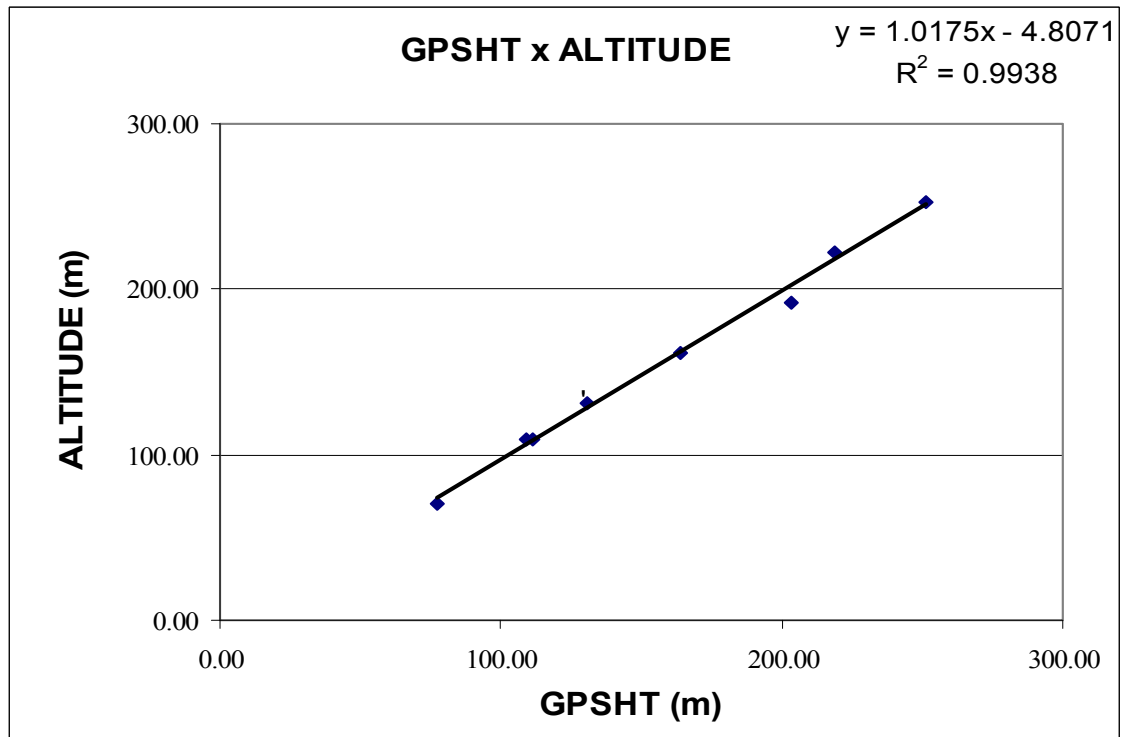
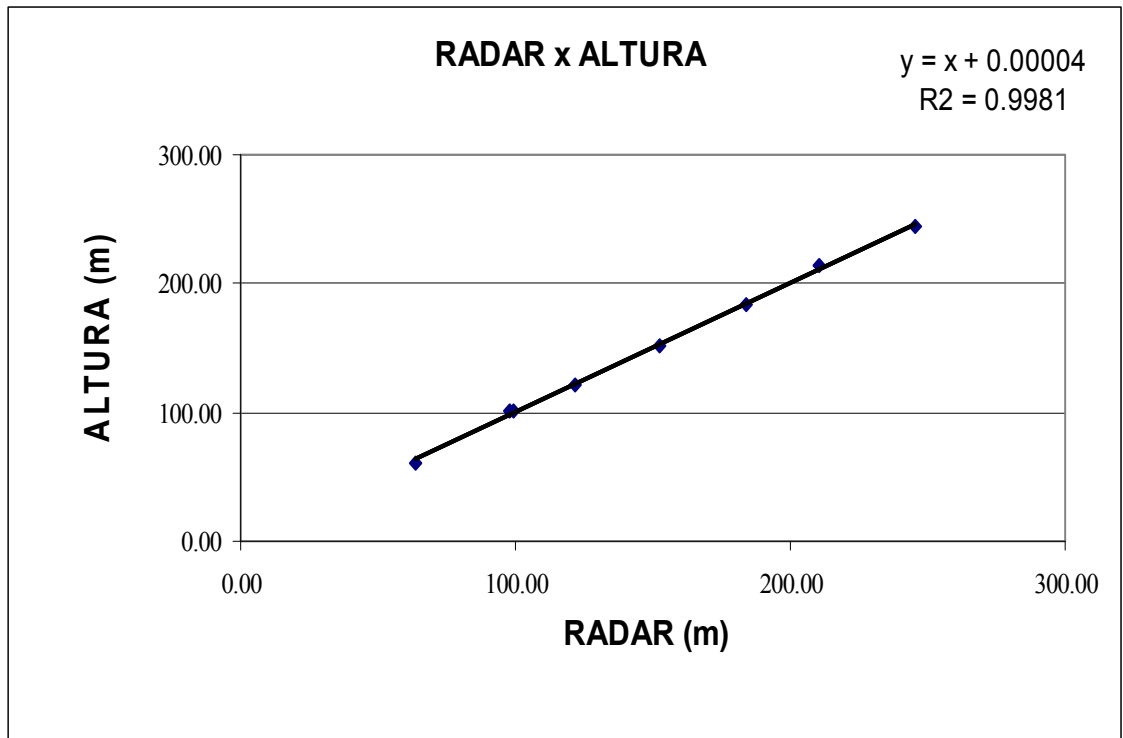
Altitude da Pista: 9m

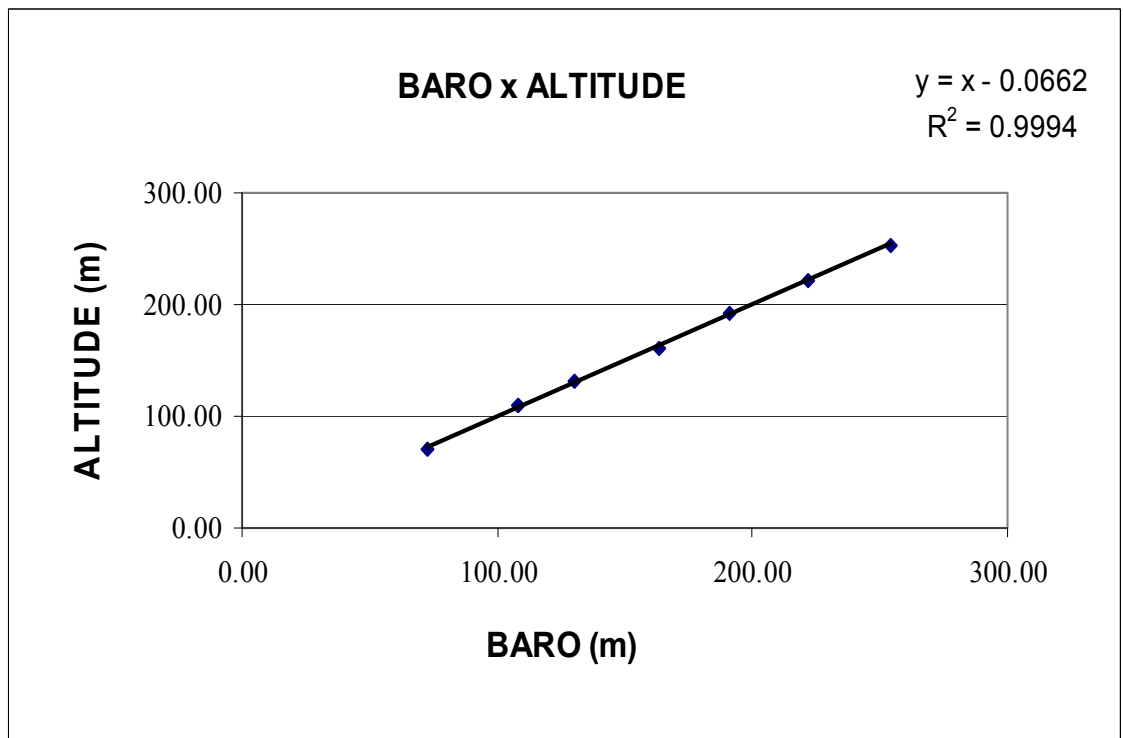
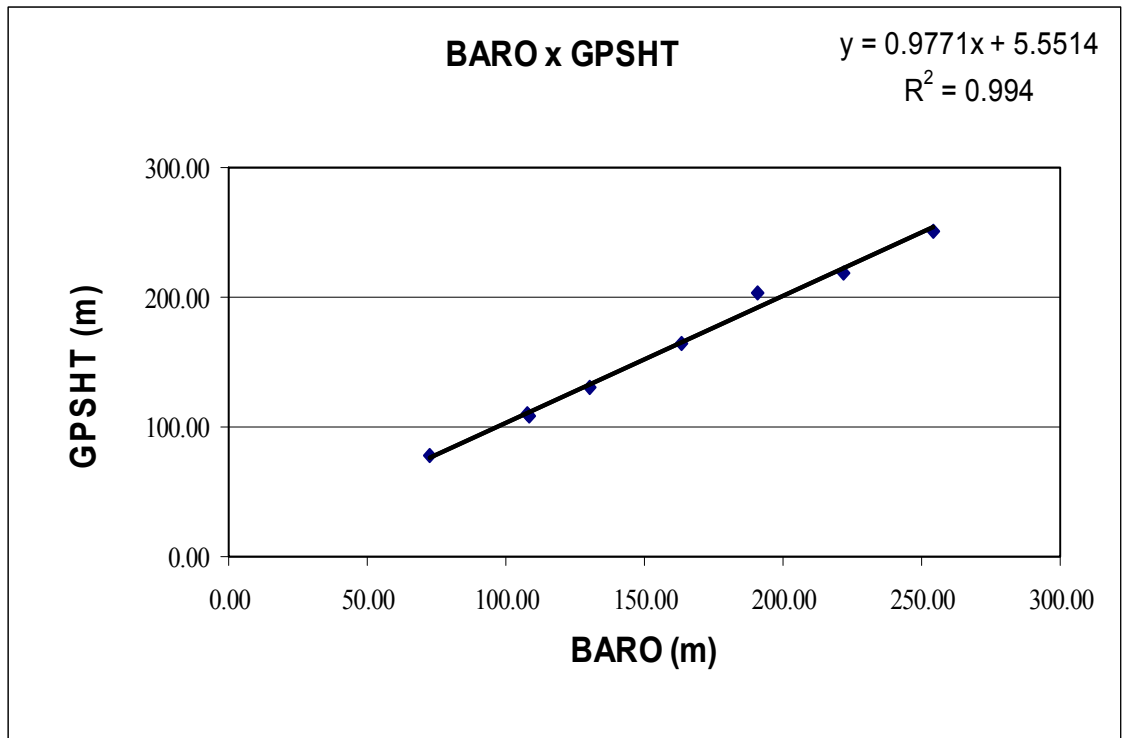
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	69,96	77,31	63,52	72,40
330	100,58	109,58	108,69	98,00	108,22
330	100,58	109,58	111,01	99,60	108,09
400	121,92	130,92	130,81	121,80	130,49
500	152,40	161,40	163,92	152,56	163,11
600	182,88	191,88	203,35	183,70	191,01
700	213,36	222,36	218,55	210,83	221,58
800	243,84	252,84	251,23	245,25	254,11





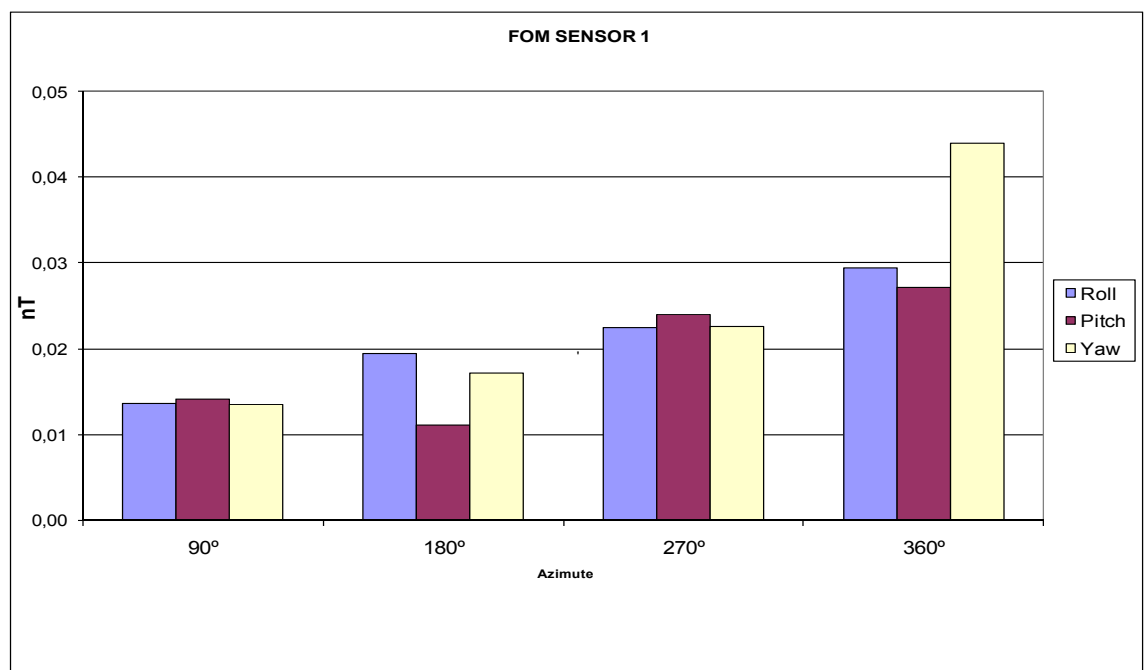


## **Anexo II-b – Compensação Magnética**

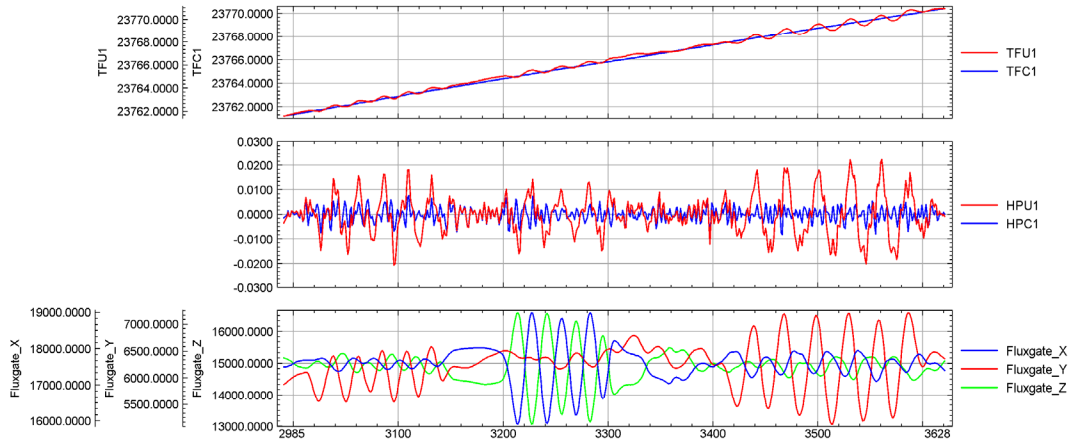


Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari – ES
Aeronave	PR-PEC
Data	29/08/2009
Nº Voo	002

<b>SENSOR 1</b>					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
90	90°	0,01	0,01	0,01	0,03
180	180°	0,02	0,01	0,02	0,05
270	270°	0,02	0,02	0,02	0,06
360	360°	0,03	0,03	0,04	0,10
<b>TOTAL</b>					<b>0,24</b>



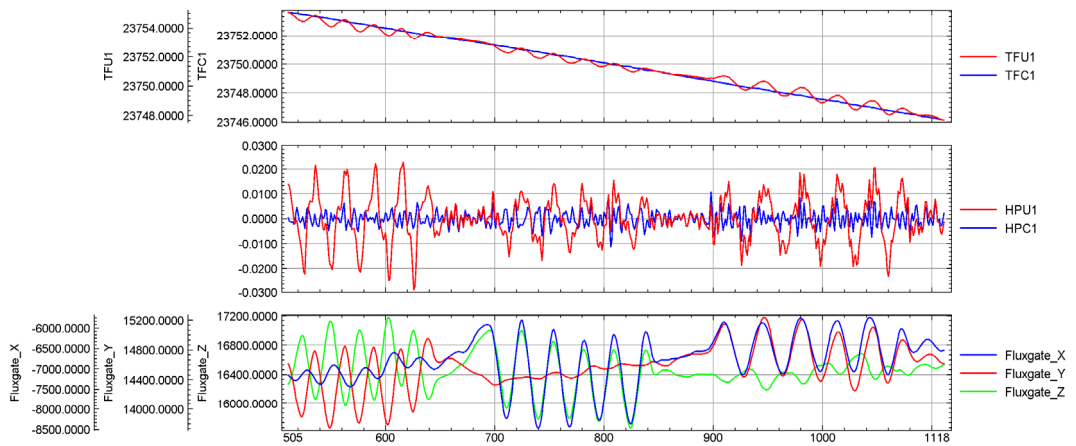
### FOM PR-PEC - VÔO 002 - AZIMUTE 90°



database: c:\agfv42-2009\l\_testes\form\_20090829\002\gsf\_V002\_MAG.gdb line/group: L90

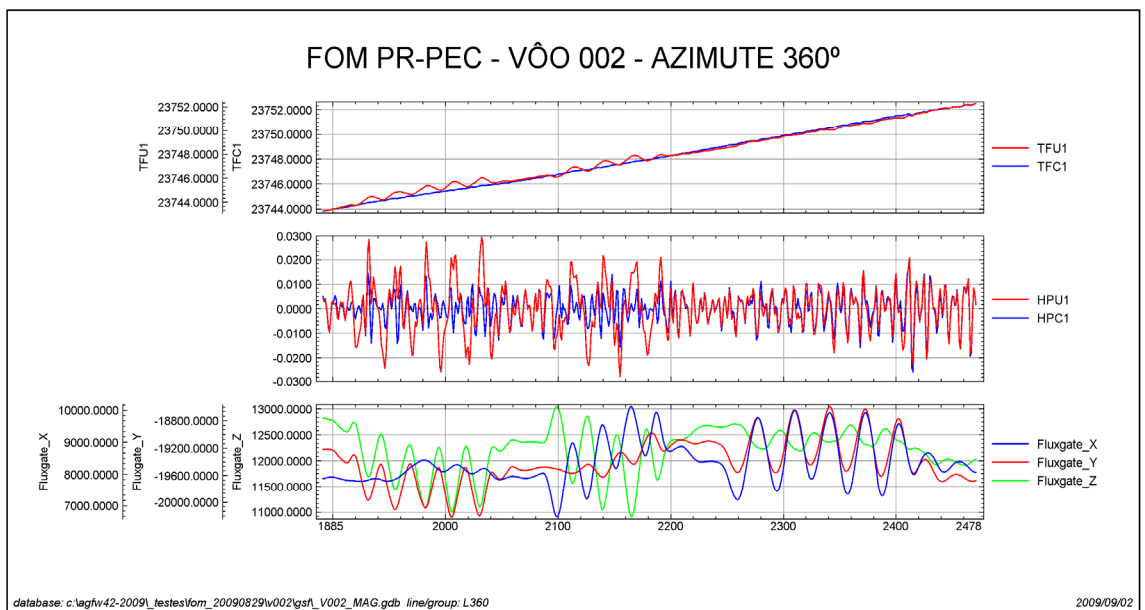
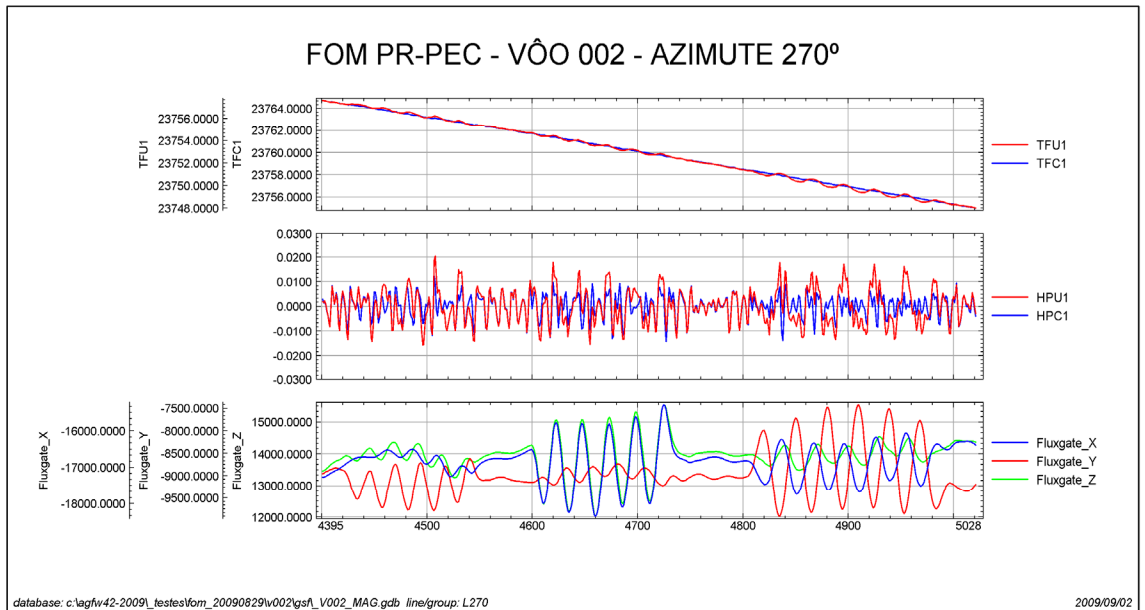
2009/09/02

### FOM PR-PEC - VÔO 002 - AZIMUTE 180°



database: c:\agfv42-2009\l\_testes\form\_20090829\002\gsf\_V002\_MAG.gdb line/group: L180

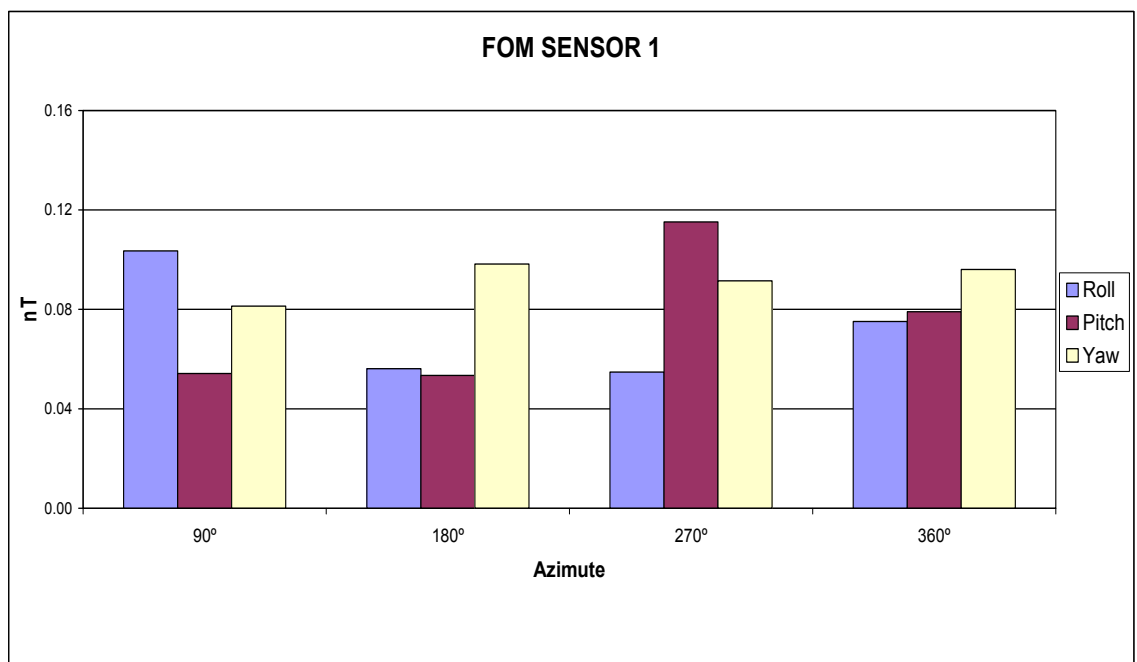
2009/09/02



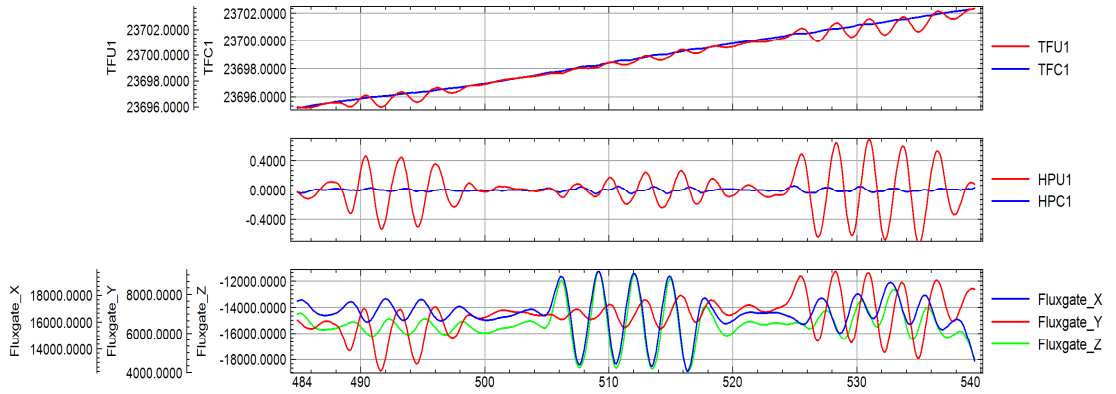
TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.  
TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.  
HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.  
HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.  
FluxgateX – Componente X da Fluxgate.  
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.  
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari – ES
Aeronave	PR-PRS
Data	11/09/2009
Nº Vôo	302

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
90	90°	0,10	0,05	0,08	0,23
180	180°	0,06	0,05	0,10	0,21
270	270°	0,05	0,12	0,09	0,26
360	360°	0,08	0,08	0,10	0,26
<b>TOTAL</b>					<b>0,96</b>



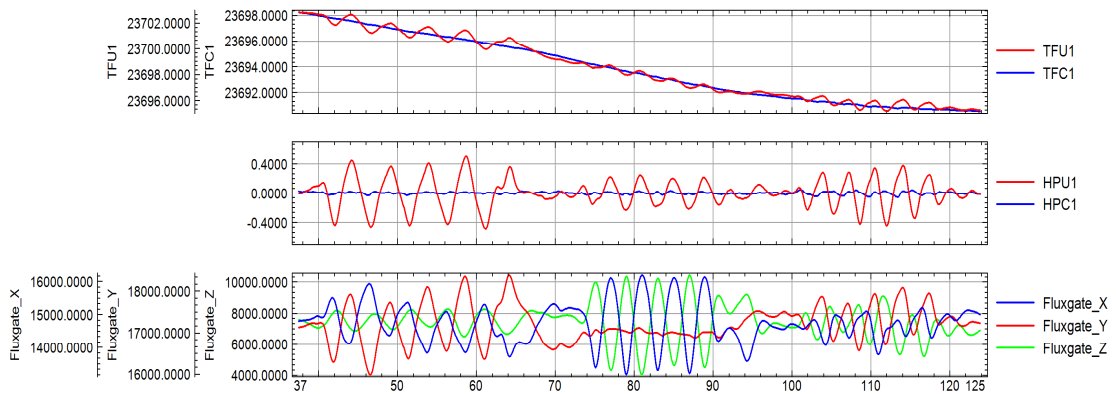
### FOM PR-PRS - VÔO 302 - AZIMUTE 90°



database: d:\\_agfw42-2009\testes\form\_20090911\gsf\FOM1\_Master.gdb line/group: L90

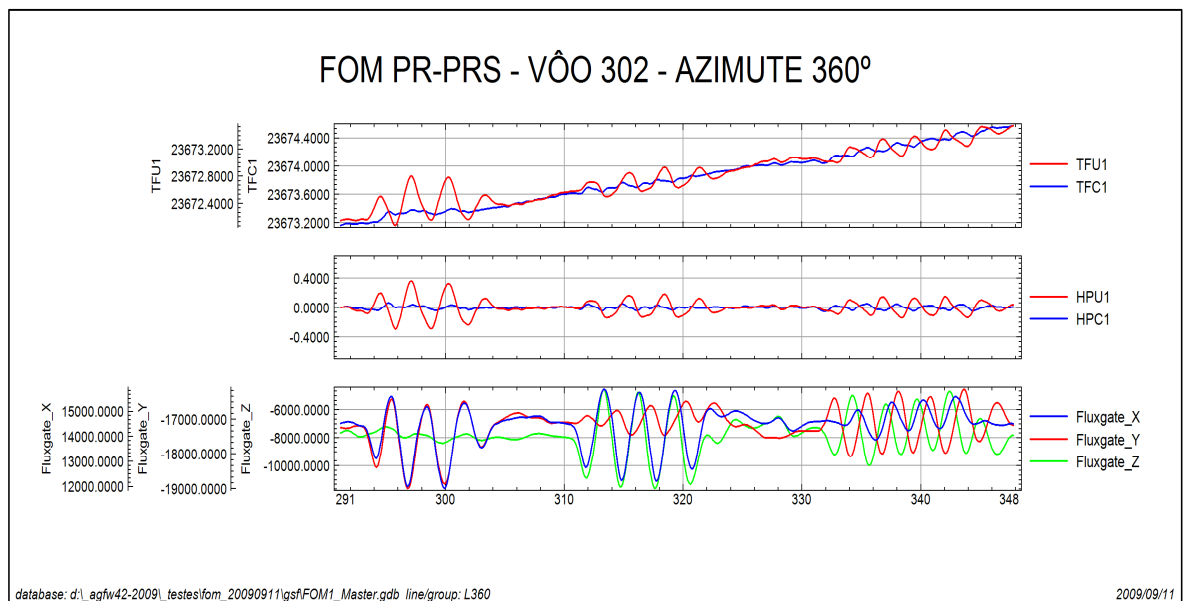
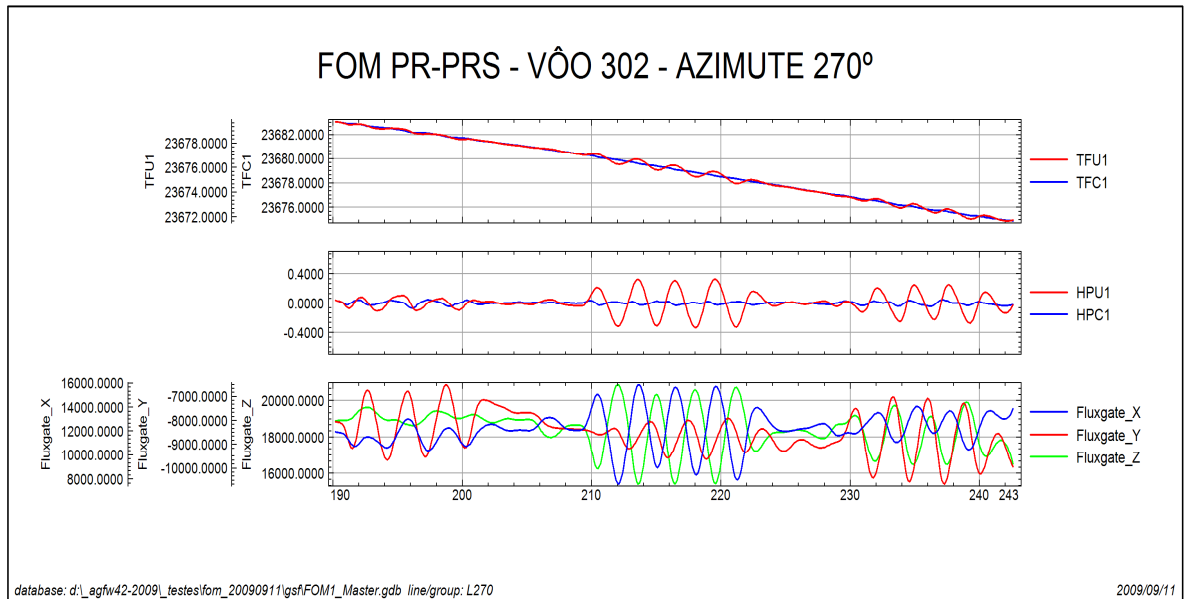
2009/09/11

### FOM PR-PRS - VÔO 302 - AZIMUTE 180°



database: d:\\_agfw42-2009\testes\form\_20090911\gsf\FOM1\_Master.gdb line/group: L180

2009/09/11

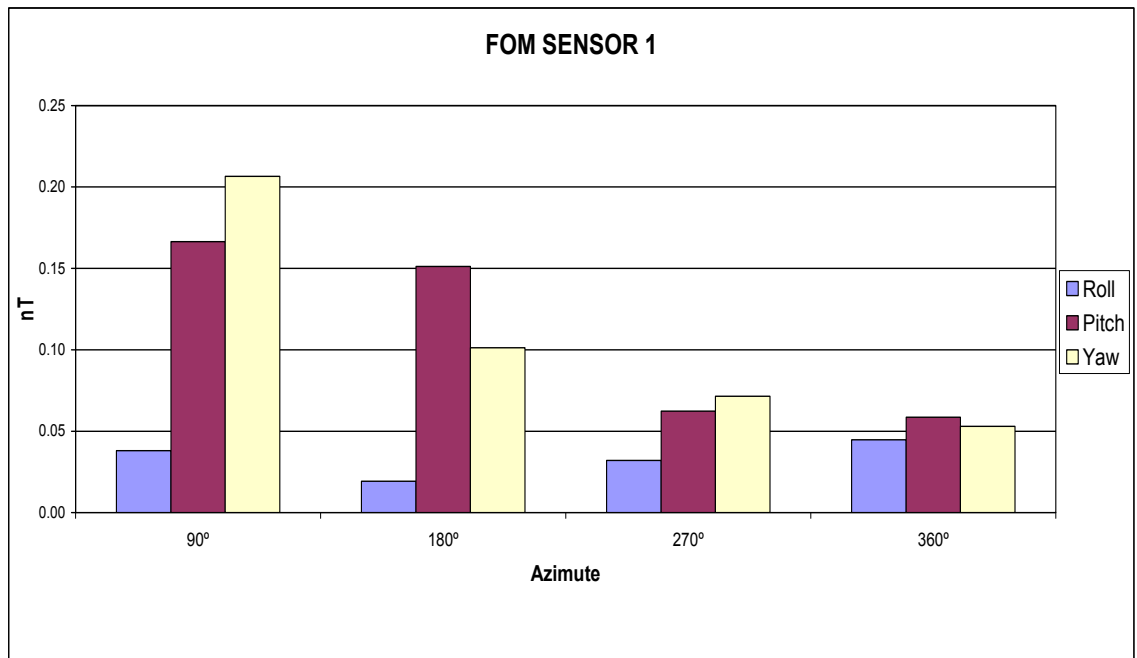


TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.  
TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.  
HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.  
HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.  
FluxgateX – Componente X da Fluxgate.  
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.  
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

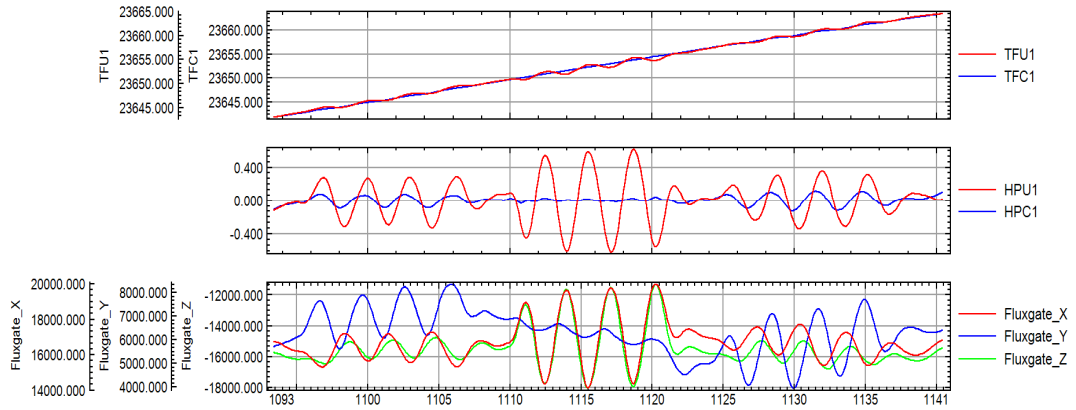
Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari – ES
Aeronave	PR-PRS
Data	17/10/2009
Nº Voo	322

**SENSOR 1**

Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
90	90°	0,04	0,17	0,21	0,42
180	180°	0,02	0,15	0,10	0,27
270	270°	0,03	0,06	0,07	0,16
360	360°	0,04	0,06	0,05	0,15
<b>TOTAL</b>					<b>1,00</b>



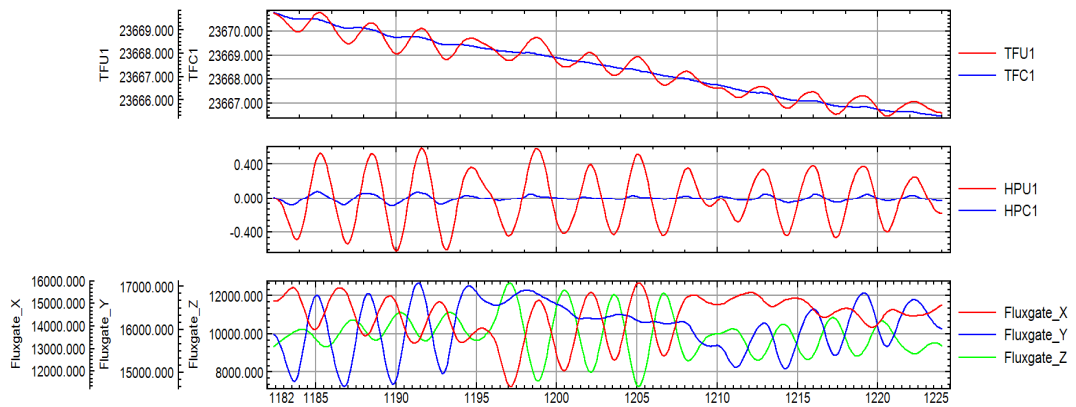
### FOM PR-PRS - VÔO 322 - AZIMUTE 90°



database: d:\agfw42-2009\i322\gsf\i322\_Master.gdb line/group: L90

2009/10/23

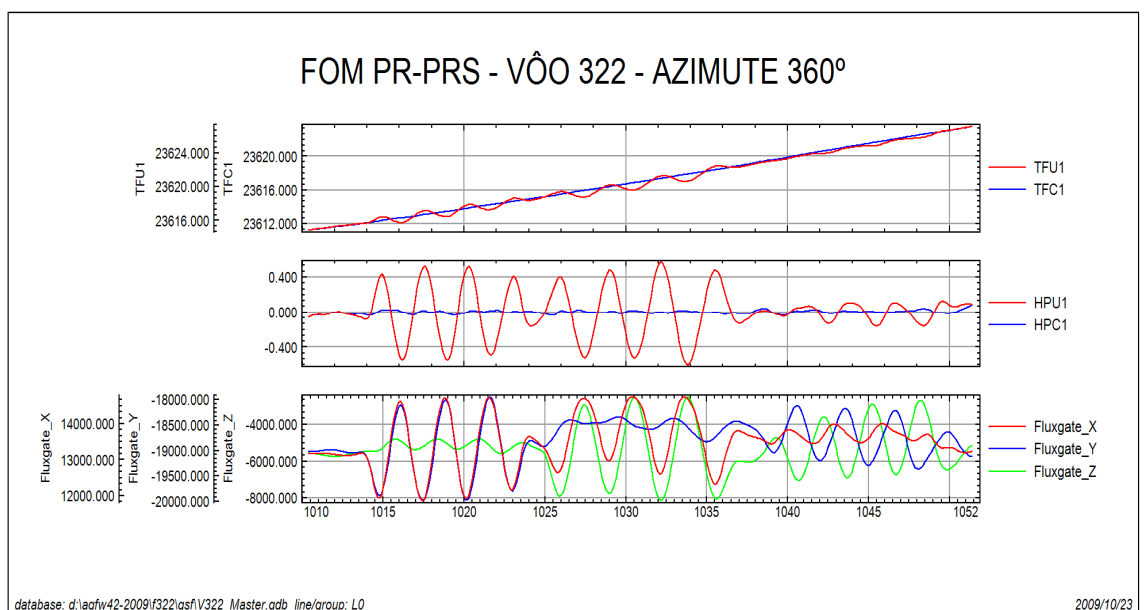
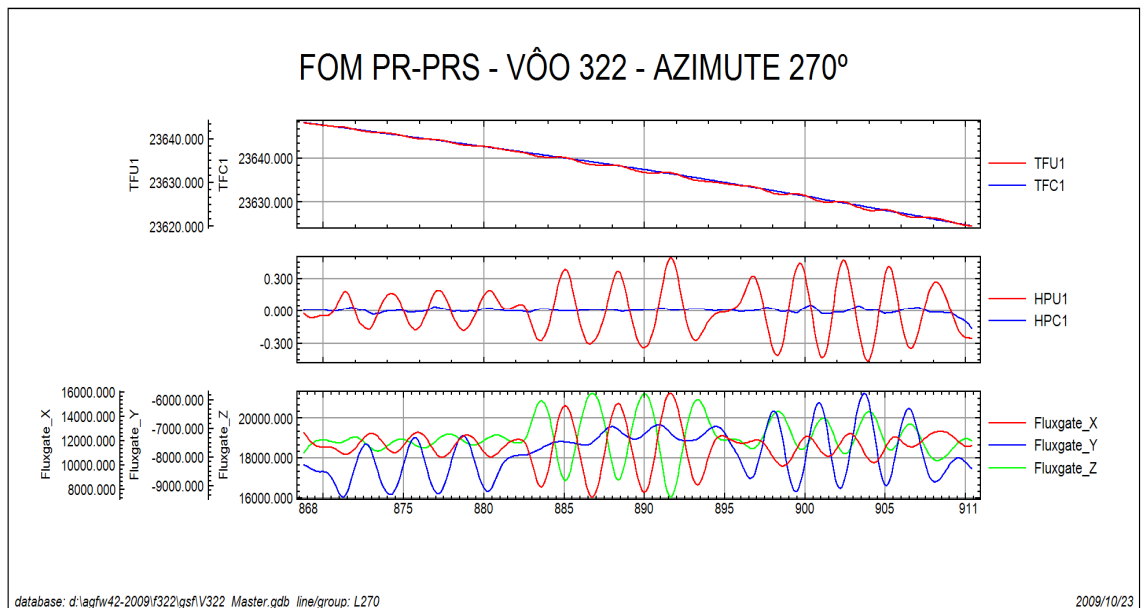
### FOM PR-PRS - VÔO 322 - AZIMUTE 180°



database: d:\agfw42-2009\i322\gsf\i322\_Master.gdb line/group: L180

2009/10/23

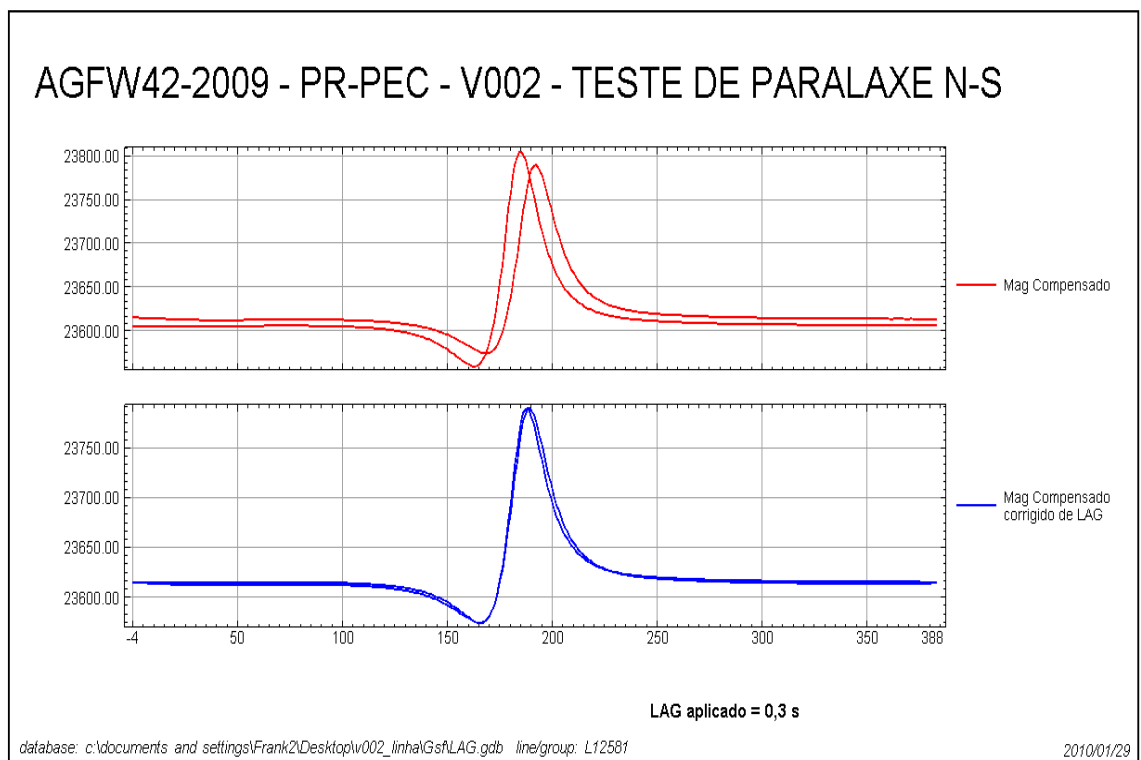




- TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.
- TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.
- HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.
- HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.
- FluxgateX – Componente X da Fluxgate.
- FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.
- FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

## **Anexo II-c – Teste de Paralaxe**

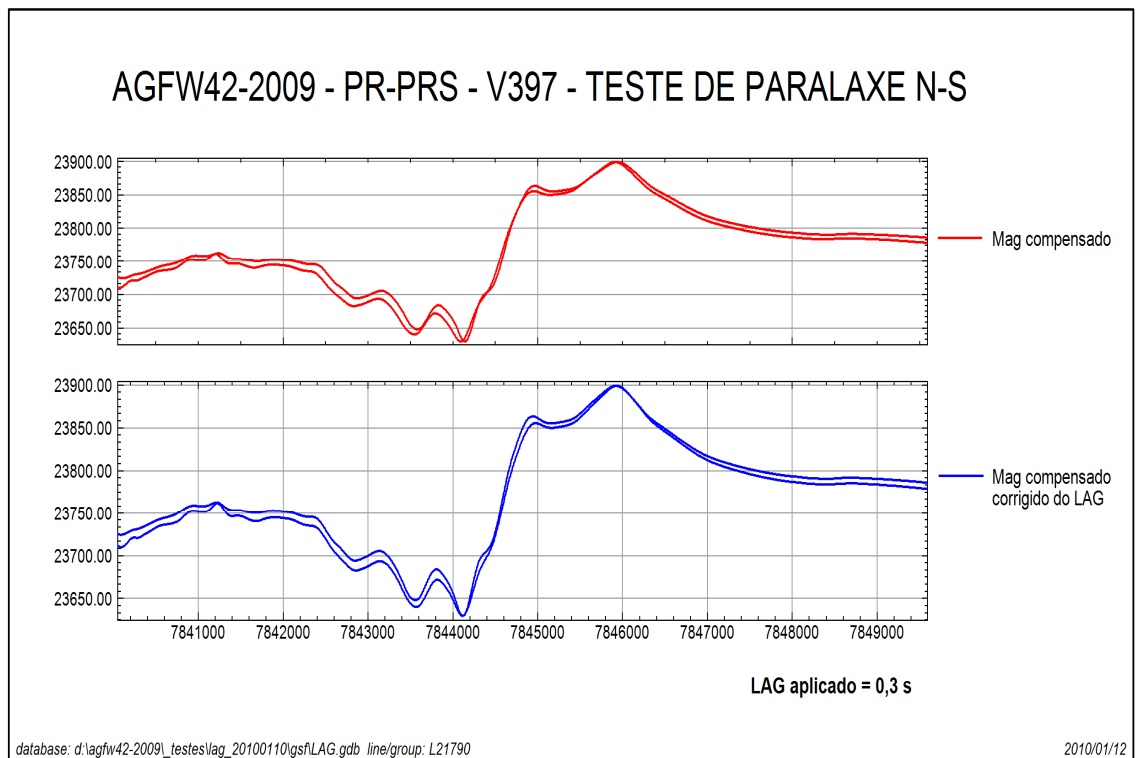
Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari – ES
Aeronave	PR-PEC
Data	29/08/2009
Nº Vôo	002



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,3 segundo)

Nº Projeto	AGFW42-2009
Base	Guarapari – ES
Aeronave	PR-PRS
Data	10/01/2010
Nº Voo	397



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,3 segundo)

## **ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO**

## **ANEXO IV – CONTEÚDO DO CD-ROM E DOS DVDs-ROM**

Este arquivo apresenta a relação do conteúdo dos arquivos digitais que compõe o acervo do Projeto Aerogeofísico Espírito Santo.

Um total de 1 CD-ROM e 3 DVDs-ROM compõem a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

<b>Mídia</b>	<b>Conteúdo</b>
CD#01	Relatório Final, Arquivo de Metadados do Projeto e <i>Arc Gis Engine</i>
DVD#01	<i>Grids</i>
	Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i>
	Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000 <i>Geosoft PLY</i>
DVD#02	Arquivos com as articulações das Folhas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000
	Banco de Dados <i>Geosoft</i>
	Arquivos XYZ - Magnetometria e Gamaespectrometria
DVD#03	Arquivos de Plotagem HPGL

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

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

1093\_\*\_1DV = 1ª. Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1093\_\*\_MAG = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1093\_\*\_SA = Sinal Analítico do Campo Magnético Total

1093\_MDT = Modelo Digital do Terreno

1093\_\*\_CTexp = Contagem Total ( $\mu\text{R/h}$ )

1093\_\*\_Kperc = Potássio (%)

1093\_\*\_eU = Urânio (ppm)

1093\_\*\_eTh = Tório (ppm)

1093\_\*\_ThKrazao = Razão Tório/Potássio

1093\_\*\_UTHrazao = Razão Urânio/Tório

1093\_\*\_ThKrazao = Razão Tório/Potássio

1093\_\*\_UKrazao = Razão Urânio/Potássio

1093\_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)

Exemplos:

1093\_SA-24-Y-C-II\_MAG.map = *Geosoft* MAP da Folha SA.24-Y-C-II Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1093\_SA-24-Y-C\_SA.map = *Geosoft* MAP da Folha SA.24-Y-C Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1093\_ThKrazao.map = *Geosoft* MAP da Folha Única na Escala 1:500.000 da Razão Tório/Potássio

Observações:

A codificação para os arquivos HGPL segue a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas *Geosoft* (\*.map).

A sigla HPGL significa: *Hewlett-Packard Graphics Language*.

O prefixo 1093 em todos os arquivos corresponde ao n<sup>o</sup> do projeto na Base Aero da CPRM.

Relação dos Arquivos: georeferenciados a zona UTM 24S (Meridiano Central 39°W Gr).

Arquivos de *GRIDS*:

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1093_MAG.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1093_1DV.grd	1a. Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1093_SA.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1093_CTexp.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
1093_Kperc.grd	Concentração de Potássio	%
1093_eU.grd	Concentração de Urânio	ppm
1093_eTh.grd	Concentração de Tório	ppm
1093_ThKrazao.grd	Razão Tório/Potássio	-
1093_UKrazao.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1093_UThrazao.grd	Razão Urânio/Tório	-
1093_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m

Arquivos de Banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1093_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1093_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1093_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1093_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1093_Gama256.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up e down</i>



Arquivos de Banco de Dados XYZ:

Arquivo	Conteúdo
1093_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1093_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1093_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1093_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

Arquivos de cruzamentos:

Arquivo	Conteúdo
1093_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

Arquivos de Poligonais:

Arquivo	Conteúdo
1093_SE-24-Y-A-II	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-A-II
1093_SE-24-Y-A-III	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-C-III
1093_SE-24-Y-B-I	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-D-I
1093_SE-24-Y-B-II	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-D-II
1093_SE-24-Y-A-V	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-C-V
1093_SE-24-Y-A-VI	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-C-VI
1093_SE-24-Y-B-IV	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-D-IV
1093_SE-24-Y-B-V	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-D-V
1093_SE-24-Y-C-II	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-D-VI
1093_SE-24-Y-C-III	Polígono Referente à Folha SE.24-Z-C-IV
1093_SE-24-Y-D-I	Polígono Referente à Folha SE.24-V-B-I
1093_SE-24-Y-D-II	Polígono Referente à Folha SE.24-V-B-II
1093_SE-24-Y-C-V	Polígono Referente à Folha SE.24-V-B-III
1093_SE-24-Y-C-VI	Polígono Referente à Folha SE.24-X-A-I
1093_SE-24-Y-D-IV	Polígono Referente à Folha SE.24-V-B-IV
1093_SE-24-Y-D-V	Polígono Referente à Folha SE.24-V-B-V
1093_SF-24-Y-A-I	Polígono Referente à Folha SF.24-V-B-VI
1093_SF-24-Y-A-II	Polígono Referente à Folha SF.24-X-A-IV
1093_SF-24-Y-A-III	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-C-II
1093_SF-24-Y-B-I	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-C-III
1093_SF-24-Y-A-IV	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-D-I
1093_SF-24-Y-A-V	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-D-II
1093_SF-24-Y-A-VI	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-C-V
1093_SF-24-Y-B-IV	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-C-VI
1093_SF-24-Y-C-I	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-D-IV

1093_SF-24-Y-C-II	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-D-V
1093_SF-24-Y-C-III	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-D-VI
1093_SF-24-Y-C-IV	Polígono Referente à Folha SF.24-Z-C-IV
1093_SF-24-Y-C-V	Polígono Referente à Folha SF.24-V-B-I
1093_SF-24-Y-A-I	Polígono Referente à Folha SF.24-V-B-II
1093_SF-24-Y-A-II	Polígono Referente à Folha SF.24-V-B-III
1093_SE-24-Y-A	Polígono Referente à Folha SE.24-Y-D
1093_SE-24-Y-B	Polígono Referente à Folha SE.24-Z-C
1093_SE-24-Y-C	Polígono Referente à Folha SE.24-V-B
1093_SE-24-Y-D	Polígono Referente à Folha SE.24-X-A
1093_SF-24-V-A	Polígono Referente à Folha SF.24-Y-D
1093_SF-24-V-B	Polígono Referente à Folha SF.24-Z-C
1093_SF-24-V-C	Polígono Referente à Folha SF.24-V-B
1093_SF-24-Y-A	Polígono Referente à Folha SF.24-X-A

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 ESPÍRITO SANTO**  
 FORMATO DIGITAL DOS DADOS RADIOMÉTRICOS PARA AS  
 LINHAS DE VÔO

FOLHA 1 DE 1

**ARQUIVOS XYZ (FORMATO GEOSOFIT) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE VÔO - LINES)**

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	NÚMERO DA LINHA	Linha de Voo (0-95)													
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	LINE	X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
	COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	FIDUCIAL (F8.1)	GPSALT (ALTITUDE) (m) (F8.2)	BIARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m) (F8.2)	ALTURA (BASE ALTIMETRO) (m) (F8.2)	MDT (m) (F8.2)	CTB (CPS) (F6.0)	KB (CPS) (F6.0)	UB (CPS) (F6.0)	THB (CPS) (F6.0)	UUP (CPS) (F6.0)	LIVE_TIME (ms) (F6.0)	CONTEO PARA CORREÇÃO (CPS) (F6.0)	
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20	Z21	Z22	Z23				
	TEMP °C (F6.2)	CTCOOR (CONT. TOT. CORR) (CPS) (F9.3)	KCOR (POTASSIO CORRIG) (CPS) (F9.3)	LICOR (URÂNIO CORRIG) (CPS) (F9.3)	THCOR (TÓRMO CORRIG) (CPS) (F9.3)	CTEXP (TAXA EXPOS. CT) (Micro Roentgen/h) (F9.3)	ZPERC (CONCENTR. DE U) (CONCENTR. DE TH) (%) (F9.3)	eU (CONCENTR. DE U) (PPM) (F9.3)	eTh (CONCENTR. DE TH) (PPM) (F9.3)	THKRAZÃO (F9.3)	UKRAZÃO (F9.3)				
	Z24	Z25	Z26	Z27	Z28										
	UTHRAZÃO (F9.3)	LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)	LATITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)	DATA (AAAA-MM-DD) (A10)	HORA (HH:MM:SS) (A10)										





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

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10010	48	176099.0	179953.0
10020	35	139786.0	146636.0
10030	35	124109.0	134655.0
10040	35	107448.0	122438.0
10050	35	83958.0	102458.0
10060	35	59122.0	82651.0
10070	35	28936.0	42203.0
10071	35	47092.0	52295.0
10072	35	147833.0	155912.0
10080	33	157781.0	172684.0
10081	34	101021.0	115274.0
10090	33	141931.0	156270.0
10091	34	84263.0	99499.0
10100	33	125591.0	140782.0
10101	34	69229.0	83424.0
10110	33	109150.0	124118.0
10111	34	27527.0	36091.0
10112	34	115984.0	122786.0
10120	33	92523.0	108044.0
10121	34	37614.0	51732.0
10130	33	67920.0	76415.0
10131	33	84915.0	91359.0
10132	34	52702.0	68405.0
10140	33	32189.0	53833.0
10141	33	58856.0	66880.0
10150	33	22236.0	31042.0
10151	33	176710.0	197366.0
10160	32	160956.0	189405.0
10170	32	128419.0	159843.0
10180	32	98027.0	127202.0
10190	32	65227.0	96881.0
10200	31	189309.0	197101.0
10201	32	21462.0	42555.0
10210	31	180145.0	188144.0
10211	32	191164.0	212740.0
10220	31	140733.0	161996.0
10221	32	59001.0	64023.0
10222	33	78303.0	81205.0
10230	31	109591.0	139505.0
10240	31	78756.0	107723.0
10250	31	69156.0	77245.0
10251	31	166210.0	178250.0
10252	32	43728.0	53871.0
10260	29	104581.0	121937.0
10261	31	26555.0	38794.0
10270	29	74231.0	103167.0
10280	29	43649.0	73195.0
10290	29	21090.0	42203.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10291	31	57901.0	65967.0
10300	28	117008.0	144866.0
10310	28	86568.0	115832.0
10320	28	21155.0	41438.0
10321	31	40114.0	48350.0
10330	27	30900.0	59986.0
10340	27	21502.0	29873.0
10341	28	146891.0	167890.0
10350	26	78735.0	93001.0
10351	28	42499.0	57301.0
10360	26	62674.0	77564.0
10361	28	58594.0	72950.0
10370	26	38592.0	57036.0
10371	27	61854.0	72788.0
10380	26	24672.0	36890.0
10381	26	93908.0	102728.0
10382	27	89563.0	94682.0
10383	28	80125.0	85301.0
10390	25	137276.0	166763.0
10400	25	106605.0	136134.0
10410	25	75448.0	105496.0
10420	25	43441.0	74175.0
10430	24	167068.0	174966.0
10431	25	20911.0	42160.0
10440	24	135648.0	165837.0
10450	24	99408.0	119221.0
10451	24	124250.0	130598.0
10452	25	172546.0	176603.0
10460	24	66717.0	98130.0
10470	24	36708.0	65433.0
10480	24	26837.0	35638.0
10481	25	177798.0	197549.0
10490	23	152888.0	183889.0
10500	23	123103.0	151724.0
10510	23	91911.0	122034.0
10520	23	62399.0	90856.0
10530	23	31201.0	61346.0
10540	23	21458.0	29947.0
10541	23	185006.0	202169.0
10542	24	21676.0	24544.0
10550	22	158796.0	185854.0
10560	22	115623.0	146183.0
10570	22	86646.0	114368.0
10580	22	54571.0	85348.0
10590	22	29905.0	53143.0
10591	22	147192.0	151324.0
10600	22	18602.0	24898.0
10601	22	154632.0	157841.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10602	22	187285.0	208167.0
10610	21	151175.0	176662.0
10611	21	182793.0	184648.0
10620	21	119290.0	149832.0
10630	21	90888.0	118047.0
10640	21	58580.0	89615.0
10650	21	30608.0	57222.0
10660	21	20284.0	29526.0
10661	21	186752.0	207237.0
10670	20	149270.0	176075.0
10680	20	139378.0	148009.0
10681	20	177360.0	197929.0
10690	20	99247.0	128889.0
10700	18	165076.0	191386.0
10701	18	194076.0	197255.0
10710	18	24702.0	49109.0
10711	18	198452.0	201240.0
10720	18	50368.0	78052.0
10721	18	202979.0	206187.0
10730	18	81543.0	105302.0
10731	18	207451.0	210272.0
10740	18	106513.0	136423.0
10750	18	137460.0	163659.0
10760	20	70921.0	98075.0
10770	20	39674.0	69648.0
10780	20	18775.0	38183.0
10781	20	130104.0	137916.0
10790	17	145588.0	174390.0
10800	17	129992.0	144361.0
10801	17	177119.0	188442.0
10802	17	190670.0	193405.0
10810	16	164870.0	184155.0
10811	17	20114.0	30054.0
10820	16	157178.0	163673.0
10821	17	31333.0	52328.0
10830	16	50810.0	78425.0
10840	15	144000.0	172822.0
10850	15	115922.0	142738.0
10860	15	85651.0	114828.0
10870	15	70469.0	84499.0
10871	15	173718.0	186373.0
10880	14	144111.0	155912.0
10881	15	27265.0	42667.0
10890	14	131100.0	143013.0
10891	15	43955.0	60697.0
10900	14	80192.0	107882.0
10910	14	46597.0	61360.0
10911	14	65611.0	79072.0
10920	13	155813.0	162424.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10921	14	22834.0	44404.0
10930	13	127787.0	154861.0
10940	13	98833.0	126783.0
10950	13	70225.0	97576.0
10960	13	40929.0	69126.0
10970	12	121651.0	135475.0
10971	12	138792.0	140255.0
10972	13	26719.0	39685.0
10980	12	92755.0	120604.0
10990	12	79153.0	91428.0
10991	14	118845.0	128364.0
10992	14	110200.0	115230.0
10993	15	64013.0	65655.0
10995	43	134015.0	138173.0
11000	12	50440.0	63069.0
11001	12	159762.0	174935.0
11005	9	61306.0	71011.0
11010	12	64405.0	76210.0
11011	12	142723.0	158526.0
11015	43	108086.0	122665.0
11020	11	146195.0	174708.0
11025	43	86842.0	106615.0
11030	11	118993.0	144976.0
11035	43	55308.0	80566.0
11040	11	87786.0	117712.0
11045	43	24959.0	53879.0
11050	11	58826.0	66794.0
11051	11	70203.0	86555.0
11052	45	150035.0	184634.0
11060	10	18120.0	39283.0
11061	43	139439.0	178587.0
11070	8	28766.0	36354.0
11071	9	21487.0	58237.0
11072	10	40641.0	61605.0
11080	3	44486.0	76479.0
11081	40	172829.0	204546.0
11090	7	22179.0	63350.0
11091	7	124722.0	146777.0
11100	7	64956.0	123208.0
11110	36	27440.0	34751.0
11111	36	37850.0	48588.0
11112	44	69654.0	113172.0
11120	36	49956.0	64481.0
11121	44	23753.0	68366.0
11130	36	68112.0	85838.0
11131	44	160140.0	203442.0
11140	36	87019.0	101445.0
11141	44	114617.0	158995.0
11150	36	102364.0	120275.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11151	45	59074.0	103061.0
11160	36	121369.0	135840.0
11161	44	204590.0	211075.0
11162	45	19252.0	57917.0
11170	36	136982.0	155602.0
11171	45	188417.0	198787.0
11172	49	150600.0	183878.0
11180	36	156561.0	171025.0
11181	45	103958.0	148394.0
11190	36	172502.0	190417.0
11191	48	111510.0	153746.0
11200	36	191467.0	205730.0
11201	45	199864.0	210437.0
11202	47	21153.0	49186.0
11203	47	130161.0	137347.0
11210	37	29805.0	46988.0
11211	49	57411.0	101477.0
11220	37	48208.0	63826.0
11221	48	64494.0	110329.0
11230	39	21843.0	37260.0
11231	47	138665.0	170665.0
11232	48	50138.0	62772.0
11240	39	38528.0	54808.0
11241	48	154831.0	167580.0
11242	49	20883.0	54118.0
11250	39	56288.0	72019.0
11251	50	70867.0	115501.0
11260	39	73402.0	89557.0
11261	49	102892.0	149232.0
11270	39	90904.0	106368.0
11271	50	165304.0	208159.0
11280	39	107595.0	123787.0
11281	50	23357.0	69815.0
11290	39	125350.0	140670.0
11291	51	65096.0	108408.0
11300	39	141993.0	158253.0
11301	50	116754.0	162146.0
11310	39	160099.0	175230.0
11311	47	53250.0	78322.0
11312	47	118411.0	125614.0
11313	48	21399.0	33302.0
11320	39	176627.0	192683.0
11321	51	15362.0	63889.0
11330	40	19792.0	29264.0
11331	40	30439.0	34545.0
11332	42	89450.0	90909.0
11333	52	62421.0	107380.0
11340	40	35912.0	52380.0
11341	47	85190.0	117407.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11342	48	34285.0	48173.0
11350	40	53946.0	68655.0
11351	51	158750.0	201371.0
11360	40	69879.0	86050.0
11361	51	110298.0	156710.0
11370	40	87744.0	102376.0
11371	52	153116.0	186498.0
11372	53	16361.0	25561.0
11380	40	103652.0	119658.0
11381	52	16458.0	61278.0
11390	40	121327.0	135669.0
11391	53	44427.0	59302.0
11392	53	113366.0	137068.0
11393	55	30139.0	35765.0
11400	40	136944.0	152834.0
11401	52	108459.0	152041.0
11410	40	154621.0	165304.0
11411	41	54694.0	59215.0
11412	55	66962.0	111311.0
11420	41	24063.0	40712.0
11421	55	157079.0	190403.0
11422	56	16589.0	26876.0
11430	41	60480.0	74922.0
11431	53	26807.0	42513.0
11432	53	82610.0	112318.0
11440	41	76891.0	93419.0
11441	56	75276.0	118865.0
11450	41	94520.0	108779.0
11451	53	60576.0	67576.0
11452	55	14220.0	23066.0
11453	55	37141.0	65951.0
11460	41	110833.0	127422.0
11461	56	165492.0	208888.0
11470	41	128670.0	142590.0
11471	55	112358.0	155957.0
11480	41	144135.0	160365.0
11481	57	64084.0	107572.0
11490	41	161503.0	168465.0
11495	41	169400.0	175387.0
11496	56	28070.0	74039.0
11500	41	184816.0	192734.0
11505	41	176721.0	183096.0
11506	57	155096.0	198295.0
11510	41	211541.0	217496.0
11515	41	219481.0	225041.0
11516	56	120139.0	164386.0
11520	41	195774.0	201302.0
11525	42	17854.0	23267.0
11526	58	59420.0	102473.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11530	41	204113.0	210464.0
11535	42	112697.0	117787.0
11536	58	148208.0	191573.0
11540	42	26854.0	31777.0
11545	42	98744.0	104674.0
11546	57	16018.0	61606.0
11550	42	81239.0	86538.0
11555	42	119413.0	125011.0
11556	57	108845.0	153904.0
21550	402	13646.4	14090.1
21555	403	5274.9	10298.7
21560	402	12926.5	13385.4
21565	402	15251.8	16993.9
21566	403	1743.0	5105.4
21570	402	10440.8	10802.0
21575	402	4931.8	9890.6
21580	402	10960.8	11321.1
21585	401	6286.0	11181.8
21590	402	11549.3	11816.7
21595	400	3690.5	7109.4
21596	401	260.5	1939.4
21600	402	11985.9	12236.9
21605	400	1935.9	3434.5
21606	401	2540.4	6158.4
21610	402	12456.4	12629.5
21615	399	7550.9	9649.5
21616	400	13212.4	15999.5
21620	401	13172.7	13347.0
21625	399	6939.9	7360.9
21626	399	9879.7	11682.9
21627	402	2014.9	4796.2
21630	401	12832.9	13015.2
21635	399	2847.9	4910.8
21636	400	7239.8	10036.5
21640	401	12516.8	12683.7
21645	399	2028.9	2600.9
21646	399	5122.8	6771.9
21647	400	10188.5	13076.8
21650	401	11933.1	12091.5
21655	398	10486.6	15274.2
21665	398	5397.9	10331.2
21670	397	7171.8	10459.7
21671	398	3691.6	5176.5
21680	397	1832.7	2933.7
21681	397	4628.7	6953.2
21682	398	1901.3	3423.6
21690	396	1792.7	6715.5
21700	395	13536.9	14978.6
21701	396	6865.0	10236.3

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
21710	395	11797.5	13313.9
21711	396	10503.3	13860.9
21720	395	10133.9	11570.6
21721	396	14079.3	17384.3
21730	395	1687.2	6551.7
21740	394	12592.1	14229.4
21741	395	6737.2	9806.9
21750	394	5659.7	10408.2
21760	394	2154.1	5339.3
21761	394	10608.7	12358.1
21770	392	8992.8	13737.9
21780	392	3958.8	8829.7
21790	391	13632.9	16846.4
21791	392	2176.4	3787.8
21800	391	1763.7	6624.3
21810	390	15147.0	16791.7
21811	391	10222.4	13512.4
21820	390	13439.7	14985.7
21821	391	6818.0	9986.4
21830	389	15494.6	16946.2
21831	390	9858.4	13058.7
21840	387	16818.3	19304.9
21841	390	5364.3	7485.7
21850	388	8440.9	9198.3
21851	389	1683.6	5598.9
21860	388	6794.3	8222.4
21861	389	5722.2	8768.6
21870	388	5090.7	6697.3
21871	389	8983.6	12103.3
21880	388	3502.3	4885.0
21881	389	12214.0	15260.6
21890	388	1823.5	3353.3
21891	390	1965.7	5170.4
21900	387	13839.4	16575.3
21901	390	7803.7	9736.5
21910	386	10883.3	12689.9
21911	387	10868.3	11641.3
21912	387	11883.3	13628.9
21920	386	7967.9	10773.5
21921	387	8096.6	9954.3
21930	386	5046.7	7643.9
21931	387	6223.3	7930.7
21940	386	2158.9	4939.0
21941	387	4270.3	6086.3
21950	384	15274.4	17885.9
21951	387	2415.3	4070.8
21960	384	10475.3	14059.9
21961	384	14326.9	15165.1
21970	384	6029.5	10333.6

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
21980	384	1505.2	5920.9
21990	383	14655.2	18896.9
22000	383	10195.5	14546.2
22010	383	5836.8	10045.7
22020	383	1429.8	5733.4
22030	382	14422.9	18591.6
22040	382	9951.6	14296.1
22050	382	5679.7	9850.2
22060	382	1338.6	5579.5
22070	381	14423.6	18537.3
22080	381	10068.9	14312.9
22090	381	5811.1	9905.2
22100	378	13160.8	17359.2
22110	381	1466.8	5694.2
22120	380	14084.7	18149.8
22130	380	9744.4	13978.8
22140	380	5554.9	9634.2
22150	380	1259.5	5451.1
22160	379	11427.6	15530.7
22170	379	5730.3	7221.0
22171	379	7891.0	9263.0
22172	379	9961.0	11316.0
22180	378	9330.6	11695.6
22181	378	11823.6	13032.4
22182	379	9496.0	9646.0
22183	379	15649.7	16074.0
22190	378	5406.5	9143.6
22191	379	5226.0	5659.6
22200	378	1555.6	2483.6
22201	378	2760.6	5294.2
22202	379	4143.6	4713.0
22203	379	7431.0	7578.0
22210	377	13241.6	16687.7
22211	379	3371.0	4038.1
22220	377	9633.7	13141.6
22221	379	2557.5	3241.0
22230	377	5655.4	7001.7
22231	377	7219.7	9324.7
22232	379	1759.0	2435.3
22240	377	1313.5	5500.5
22250	376	11852.8	15882.2
22260	376	1303.9	5616.9
22270	375	17327.6	18511.4
22271	376	5726.9	8616.0
22280	375	16018.5	17202.6
22281	376	8765.0	11766.4
22290	375	11814.8	15913.1
22300	375	1199.5	5396.0
22310	373	6467.4	7627.9

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
22311	375	5502.4	8473.6
22320	373	4885.9	6241.4
22321	375	8664.6	11689.4
22330	373	3608.4	4757.3
22331	374	14401.7	17241.8
22340	373	1304.5	2804.4
22341	374	1479.8	4395.5
22350	372	13327.0	17378.0
22360	372	9041.4	13231.9
22370	372	4904.7	8902.9
22380	371	14317.1	18338.9
22390	371	9935.7	14212.7
22400	371	5650.0	9814.2
22410	371	1225.5	5540.9
22420	369	3453.2	5175.2
22421	372	711.8	1220.9
22422	372	2852.9	4795.5
22430	366	12778.2	15613.7
22431	369	1539.2	2777.1
22440	366	9191.7	12668.4
22441	372	17543.9	18178.9
22450	366	4815.9	7925.7
22451	366	8478.7	8890.7
22452	372	18356.9	18941.9
22460	366	672.1	4702.3
22470	365	14523.2	18546.2
22480	365	10268.4	14419.9
22481	367	1010.4	1212.6
22490	365	5252.1	9542.7
22500	365	710.9	5127.9
22510	363	13016.3	16976.5
22520	363	8885.7	12911.2
22530	363	4827.4	8765.7
22540	363	643.3	4723.7
22550	362	14334.7	18285.6
22560	362	9924.7	14224.5
22570	362	5783.5	9796.3
22580	362	1262.4	5676.4
22590	361	13080.6	16932.5
22600	361	8902.6	12962.1
22610	361	4873.0	8755.3
22620	361	634.5	4756.6
22630	360	11963.6	15802.0
22640	359	3585.8	4556.2
22641	360	2143.8	5500.6
22650	359	2461.2	3441.8
22651	360	5624.2	8568.8
22660	359	1245.3	2340.2
22661	360	8729.8	11873.8

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
22670	358	14206.4	17985.4
22680	358	9827.0	14094.9
22690	358	5827.2	9695.0
22700	358	1465.4	5705.2
22710	357	15255.4	19033.9
22720	357	10912.5	15160.8
22730	357	6315.1	8226.1
22731	357	8794.1	10774.7
22740	357	1394.2	3665.1
22741	357	3804.1	4107.1
22742	357	4538.1	6207.6
22743	357	8382.1	8538.1
22750	356	12152.9	15958.1
22760	356	7232.7	7843.4
22761	356	8354.4	12039.0
22770	355	14310.3	18253.6
22780	355	9803.8	10322.3
22781	355	10639.3	14193.4
22790	329	18323.1	21412.8
22791	333	15109.5	15734.7
22800	329	1175.9	5334.8
22810	328	17278.4	21022.9
22820	328	1124.9	4944.4
22830	327	17311.8	20300.0
22831	332	2877.3	3836.7
22840	327	1130.2	4935.4
22850	326	14469.1	17086.5
22851	356	5798.4	6928.9
22860	326	1294.0	5338.6
22870	325	17807.0	21678.6
22880	325	1258.9	5050.4
22890	324	16925.1	20412.4
22900	324	1715.6	4975.7
22901	332	1686.9	2397.3
22910	323	13211.7	16639.7
22920	323	9245.2	13092.8
22930	323	5541.7	9047.3
22940	323	1514.7	5394.0
22950	332	4255.9	8536.9
22960	332	8747.0	10228.2
22961	359	6671.2	8018.2
22962	367	3117.6	4003.2
22970	333	3375.1	7656.1
22980	333	16753.8	20539.7
22990	334	906.5	5225.1
23000	355	5666.8	9347.0
23010	355	1627.7	2022.3
23011	355	2285.3	5537.0
23012	356	4228.4	4520.4

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
23020	354	16064.2	19098.0
23021	354	19833.0	20120.4
23022	356	2411.4	2560.4
23030	354	9488.0	12892.3
23031	356	1393.8	1939.4
23040	353	18958.8	20502.8
23041	354	13013.0	14376.0
23042	356	3082.4	3613.5
23050	353	16451.4	18790.8
23051	354	14531.0	15985.1
23060	353	12891.3	16219.0
23070	353	9389.8	12772.2
23071	354	5861.7	6485.0
23080	353	6417.7	9254.8
23081	354	7870.0	8363.6
23090	353	2392.0	6312.6
23100	332	13621.7	14846.1
23101	332	15185.8	18046.0
23110	352	17679.0	20972.5
23120	352	14382.9	17551.9
23121	354	4450.6	4986.0
23130	352	11341.1	14221.9
23131	354	5094.0	5501.6
23140	352	2068.7	5929.6
23150	351	22444.7	23226.7
23151	352	6045.6	8415.9
23153	354	2173.0	2309.9
23160	351	20947.8	21238.7
23161	351	21599.7	22315.7
23162	352	8550.9	11246.9
23170	351	17274.0	20573.4
23180	351	13681.5	17176.6
23190	332	18207.0	21465.6
23191	332	21922.7	22150.4
23200	351	10321.5	13526.7
23210	351	1972.8	2048.7
23211	351	2366.7	5989.8
23220	350	20844.5	22224.1
23221	351	6106.4	7971.7
23230	350	18813.0	19016.5
23231	350	19382.5	20738.5
23232	351	8118.7	10220.2
23240	350	15413.6	18678.6
23250	350	11597.8	15297.4
23260	350	8246.9	11467.8
23270	350	2286.4	6092.5
23280	349	18955.6	21253.8
23281	350	6204.0	7046.5
23290	349	16039.3	18821.6

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
23291	350	7166.5	8150.2
23300	349	12722.3	15694.8
23310	349	9197.2	12617.1
23320	349	6141.1	9040.9
23330	349	2509.4	6031.1
23340	348	19872.4	22873.8
23350	348	16293.4	19715.9
23360	348	13173.8	16116.5
23370	348	9323.1	12773.5
23380	348	6155.2	9144.9
23390	348	2298.7	5877.0
23400	347	4752.6	8240.8
23410	347	1499.6	4571.5
23420	346	18270.8	21432.1
23430	346	15034.6	18105.1
23440	346	11664.7	14866.7
23450	346	8481.6	11500.2
23460	346	5015.0	8321.4
23470	346	1804.6	4838.9
23480	341	5508.8	8391.7
23490	341	2012.8	5349.7
23500	340	18872.7	21683.7
23510	340	15515.6	18699.1
23520	340	12529.9	15303.3
23530	340	9085.3	12367.3
23540	340	6007.7	8747.2
23550	340	2497.9	5838.3
23560	339	6086.6	8870.1
23570	339	2549.3	5911.9
23580	338	11378.1	14207.9
23590	338	8074.1	11210.9
23600	338	5062.6	7890.6
23610	338	1713.4	4888.7
23620	336	18419.8	21204.6
23630	336	15179.6	18264.1
23640	336	12310.8	14998.5
23650	336	8979.0	12135.6
23660	336	6099.3	8791.1
23670	336	2711.3	5955.2
23680	335	18373.0	21101.7
23690	335	15106.4	18220.8
23700	335	12224.0	14919.6
23710	335	8988.9	12051.3
23720	335	6108.6	8775.0
23730	335	2784.8	5950.9
23740	334	18201.9	20902.3
23750	334	14966.1	18032.8
23760	334	12052.0	14781.9
23770	334	8849.2	11886.7

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
23780	334	5971.9	8671.2
23790	333	11318.0	14289.5
23800	333	8471.2	11135.9
23810	329	14288.1	16962.6
23820	329	11634.5	14112.2
23830	329	8795.1	11512.0
23840	329	6197.0	8670.6
23850	328	14042.7	16535.7
23860	328	11321.7	13928.1
23870	328	8643.1	11136.3
23880	328	5804.5	8472.1
23890	327	14029.1	16465.8
23900	327	11213.5	13869.0
23910	327	8553.2	11045.5
23920	327	5767.1	8423.5
23930	326	10964.6	13612.9
23940	326	6190.9	8639.5
23950	325	11187.6	13731.1
23960	325	8585.9	11049.4
23970	325	5888.9	8450.8
23980	324	13527.9	16088.4
23990	324	11044.8	13356.5
24000	324	8348.9	10924.1
24010	324	5884.6	8209.6
24020	325	14500.1	16933.9
24030	313	8968.4	10576.6
24031	326	9905.5	10804.6
24040	313	2155.9	3817.5
24041	313	4605.5	5715.0
24050	311	16124.5	17278.8
24051	313	5869.0	7206.5
24060	311	14543.6	15960.4
24061	313	7423.6	8841.8
24070	311	11930.0	14339.8
24080	311	8909.3	11768.8
24090	311	6382.8	8676.5
24100	311	2959.0	4670.8
24101	311	5189.5	6235.6
24102	313	4065.5	4234.5
24110	310	15412.4	17711.0
24120	310	12519.7	15263.1
24130	310	10042.3	12297.5
24140	310	3052.0	5832.3
24150	309	15876.6	18094.4
24160	305	2911.4	5302.8
24170	309	2963.8	5572.9
24180	304	5574.6	7663.1
24190	304	2911.0	5250.2
24200	304	14669.4	15380.2



Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
24201	305	13816.7	15206.7
24210	304	13659.8	14399.8
24215	310	5982.9	6762.4
24220	304	12921.9	13480.4
24225	310	6985.7	7916.6
24230	304	12058.0	12660.0
24235	310	8117.9	8862.3
24240	304	11435.3	11871.3
24245	309	14764.1	15578.1
24250	304	10737.2	11193.5
24255	309	13848.1	14565.8
24260	304	10226.6	10542.6
24265	309	12940.1	13712.8
24270	304	9642.0	9973.0
24275	309	12070.6	12740.7
24280	304	9257.0	9479.0
24285	309	11183.6	11911.0
24290	304	8748.1	8968.5
24295	309	10364.8	10988.1
24300	305	15719.3	15865.7
24305	309	9529.3	10213.3
24310	304	8471.3	8604.4
24315	309	8750.6	9326.0
24320	309	7960.1	8601.4
24330	309	7225.1	7759.9
24340	309	6496.6	7090.9
24350	309	5812.7	6285.1
24360	305	13151.9	13623.4
24370	305	12511.7	12949.7
24380	305	11927.4	12355.9
24390	305	11330.2	11722.9
24400	305	10754.6	11141.9
24410	305	10192.6	10543.5
24420	305	9695.0	10038.7
24430	305	9190.8	9493.4
24440	305	8726.2	9024.1
24450	305	8267.6	8527.6
24460	305	7716.1	7973.5
24470	305	7316.4	7529.0
24480	305	6920.3	7139.9
24490	305	6557.0	6754.7
24500	305	5993.8	6210.3
24510	305	5629.2	5831.9
24520	374	11971.9	12183.1
24530	374	11675.2	11871.0
24540	374	11376.3	11585.6
24550	374	11085.0	11278.4
24560	374	10784.6	10994.5
24570	374	10488.1	10682.5

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
24580	374	10183.4	10393.2
24590	374	9889.9	10082.4
24600	374	9586.9	9798.5
24610	374	9284.5	9476.9
24620	374	8971.8	9182.1
24630	374	8664.7	8860.1
24640	374	8349.9	8562.1
24650	374	8048.1	8242.1
24660	374	7737.4	7949.0
24670	374	7428.0	7622.9
24680	374	7117.7	7329.4
24690	374	6790.3	6985.7
24700	374	6478.3	6689.2
24710	374	6178.2	6372.7
19010	16	83318.0	88912.0
19020	16	98749.0	107481.0
19030	16	111024.0	121390.0
19040	16	123756.0	134624.0
19050	16	136962.0	147558.0
19060	16	150905.0	155767.0
19061	17	54301.0	59137.0
19070	17	61283.0	71242.0
19080	17	73443.0	82877.0
19090	17	84932.0	94696.0
19100	17	96627.0	106828.0
19110	17	109062.0	119922.0
19120	17	123318.0	128389.0
19121	17	194870.0	201535.0
19130	12	41492.0	47289.0
19131	12	177486.0	183791.0
19140	12	23532.0	28001.0
19141	12	30501.0	39246.0
19150	8	15962.0	23784.0
19151	10	65767.0	71348.0
19160	7	11802.0	20035.0
19161	7	149859.0	156591.0
19170	7	158883.0	175757.0
19180	10	78855.0	87470.0
19181	10	89231.0	97820.0
19190	10	102341.0	120386.0
19200	10	128129.0	146856.0
19210	16	22793.0	44430.0
19220	11	20319.0	25293.0
19221	11	29398.0	44472.0
19222	11	47252.0	48483.0
19230	4	17580.0	25932.0
19231	5	15907.0	22323.0
19240	3	27254.0	41693.0
19241	5	27003.0	27965.0

<b>Linha</b>	<b>Voo</b>	<b>Fiducial Inicial</b>	<b>Fiducial Final</b>
19250	5	29745.0	44497.0
19260	5	47674.0	63534.0
19270	5	65631.0	82238.0
19280	5	85079.0	102383.0
19290	5	104454.0	124360.0
19300	5	127157.0	146597.0
19310	5	148689.0	170791.0
19320	9	157707.0	177448.0
19330	6	36245.0	57728.0
19340	6	59820.0	81176.0
19350	6	83517.0	93123.0
19351	6	1033.0	13074.0
19360	6	15199.0	36348.0
19370	6	38704.0	60447.0
19380	6	62652.0	84081.0
19390	6	86305.0	107427.0
19400	9	73298.0	96498.0
19410	9	98792.0	118736.0
19420	9	121969.0	144888.0
19430	3	180414.0	202761.0
19440	3	156290.0	178143.0
19450	3	130521.0	154260.0
19460	3	105081.0	128465.0
19465	374	12741.1	12875.8
19470	3	79284.0	103095.0
19475	374	12388.8	12554.0