

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

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

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

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

VOLUME I

TEXTO TÉCNICO

2004

LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Dilma Vana Rousseff
Ministra de Estado

Maurício Tiomno Tolmasquim
Secretário Executivo

Giles Carriconde Azevedo
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

Álvaro Rogério Alencar Silva
Diretor de Administração e Finanças - DAF

Carlos Schobbenhaus
Departamento de Geologia - DEGEO

Luís Marcelo Fontoura Mourão
Divisão de Geofísica - DIGEOF

Superintendências Regionais

Manfredo Ximenes Ponte
Superintendente de Belém

Hélio Pereira
Superintendente de Belo Horizonte

Maria Abadia Camargo
Superintendente de Goiânia

Daniel Borges Nava
Superintendente de Manaus

Irineu Capeletti
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 respectivos Subprogramas e Projetos.

No âmbito do Ministério de Minas e Energia e sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, compete à CPRM – Serviço Geológico do Brasil o planejamento e a execução do *Programa Geologia do Brasil (PGB)*, tendo como um de seus Subprogramas o de Levantamentos Geofísicos.

De acordo com o *Programa de Atividades Técnicas 2004 (PAT 2004)*, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 14 de julho de 2004, celebrou com a LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A. o Contrato nº 032/PR/04 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do Projeto Aerogeofísico Trombetas, o qual se localiza na porção noroeste do Estado do Pará (PA).

A etapa de aquisição de dados do citado Projeto foi executada no período de 3 de novembro a 12 de dezembro de 2004.

Foram utilizadas duas aeronaves Cessna, modelo 404 Titan, prefixos PT-FZN e PT-WQT, equipadas com magnetômetros de bombeamento ótico de vapor de césio da SCINTREX, modelo CS-2, gamaespectrômetros da EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais e sistema de navegação GPS, com receptores SERCEL NR-103 e TRIMBLE AG-132.

Como bases de operações para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas as cidades de Porto Trombetas (aeronave PT-FZN) e Santarém (aeronave PT-WQT), ambas localizadas no estado do Pará (PA).

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 240 horas de vôo, que resultaram no levantamento efetivo de 40.267,1 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM – Serviço Geológico do Brasil em uma área de cerca de 35.450 km². O processamento dos dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de dezembro de 2004 e janeiro de 2005.

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

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

Complementando os produtos finais, estão sendo também entregues 04 (quatro) coleções de 12 Mapas Digitais de Traço dos Perfis de Vôo (escala 1:100.000) e do Mapa Digital do Modelo Digital do Terreno (escala 1:500.000), bem como os arquivos digitais contendo dados brutos corrigidos de erros grosseiros e dados finais corrigidos de todos os perfis (formato da CPRM), bem como os arquivos XYZ e em malhas (*grids*) de tamanho 250 x 250 m, ambos no formato GEOSOFT, os arquivos digitais de todos os mapas do projeto nas citadas escalas e o arquivo do texto, figuras e tabelas do Volume I do Relatório Final do Projeto em formato PDF. Todos os arquivos foram gravados em CD-ROM.

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS

ÍNDICE DOS VOLUMES

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

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

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS

VOLUME I - TEXTO TÉCNICO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO -----	1
2. AQUISIÇÃO DE DADOS -----	5
2.1 - Características do Levantamento-----	5
2.2 - Equipamentos Utilizados -----	5
2.2.1 - Aeronave-----	5
2.2.2 - Aeromagnetômetro -----	6
2.2.3 - Aerogamaespectrômetro -----	6
2.2.4 - Sistema de Aquisição de Dados-----	7
2.2.5 - Sistema de Vídeo -----	9
2.2.6 - Altímetros-----	9
2.2.7 - Sistema de Navegação e Posicionamento -----	9
2.2.8 - Magnetômetro Terrestre -----	10
2.3 - Planejamento e Mobilização-----	11
2.3.1 - Elaboração do Plano de Vôo -----	11
2.3.2 - Estatística das Operações -----	13
2.3.3 - Mapa do Projeto de Vôo -----	14
2.3.4 - Testes dos Equipamentos -----	14
2.3.5 - Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (<i>Downward</i> e <i>Upward</i>) ---	20
2.3.6 - Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i> -----	20
2.3.7 - Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i> -----	23
2.4 - Compilação de Dados -----	23
2.5 - Equipe Técnica na Base de Operações -----	24

3. PROCESSAMENTO DE DADOS -----	25
3.1- Fluxo de Processamento-----	25
3.1.1 - Preparação do Banco de Dados do Levantamento-----	25
3.1.2 - Processamento dos Dados Magnetométricos-----	25
3.1.2.1 - Remoção da Variação Magnética Diurna-----	25
3.1.2.2 - Correção do Erro de Paralaxe-----	25
3.1.2.3 - Nivelamento dos Perfis-----	26
3.1.2.4 - Micronivelamento dos Perfis-----	26
3.1.2.5 - Remoção do IGRF-----	27
3.1.3 - Processamento dos Dados Radiométricos-----	27
3.1.3.1 - Correção do Tempo Morto-----	27
3.1.3.2 - Aplicação de Filtragem-----	28
3.1.3.3 - Correção do Erro de Paralaxe-----	28
3.1.3.4 - Cálculo da Altura Efetiva de Vôo-----	28
3.1.3.5 - Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico-----	28
3.1.3.6 - Remoção do <i>Background</i> do Radônio-----	28
3.1.3.7 - Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> (a_1 e a_2)-----	29
3.1.3.8 - Correção do Efeito Compton-----	30
3.1.3.9 - Correção Altimétrica-----	31
3.1.3.10 - Conversão para Concentração de Elementos-----	32
3.1.4 - Determinação das Razões eU/eTh , eU/K e eTh/K -----	33
3.2 - Interpolação e Contorno-----	33
3.3 - Arquivo Final de Dados-----	33
3.4 - Equipe Envolvida no Processamento dos Dados-----	34
4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES -----	36
5. PRODUTOS FINAIS -----	37
5.1 - Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzidos do IGRF)-----	40
5.2 - Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem Total-----	41

5.3 - Mapa Radiométrico Ternário -----	41
5.4 - Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K-----	41
5.5 - Relatório Final-----	41
5.6 - Arquivos Digitais Finais-----	42
5.7 - Produtos Originais-----	43
6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL -----	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	51

ÍNDICE DOS ANEXOS

- ANEXO I** - Resumo do Processo de Calibração dos Gamaespectrômetros
- Anexo I-a** - Resultado dos Testes da Resolução dos Cristais Detectores (*downward e upward*).
 - Anexo I-a.1** – Aeronave PT-FZN (29/06/04)
 - Anexo I-a.2** – Aeronave PT-FZN (16/12/04)
 - Anexo I-a.3** – Aeronave PT-WQT (31/08/04)
 - Anexo I-b** - Resultado do Teste sobre os Tanques de Calibração Portáteis para Determinação dos Coeficientes de Espalhamento Compton.
 - Anexo I-b.1** – Aeronave PT-FZN (29/06/04)
 - Anexo I-b.2** – Aeronave PT-FZN (16/12/04)
 - Anexo I-b.3** – Aeronave PT-WQT (31/08/04)
 - Anexo I-c** - Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico.
 - Anexo I-c.1** – Aeronave PT-FZN (02/07/04)
 - Anexo I-c.2** – Aeronave PT-FZN (30/12/04)
 - Anexo I-c.3** – Aeronave PT-WQT (15/10/04)
 - Anexo I-d** - Determinação das Constantes de Calibração do Radônio
 - Anexo I-d.1** – Aeronave PT-FZN (Até voo 28)
 - Anexo I-d.2** – Aeronave PT-FZN (A partir do voo 31)
 - Anexo I-d.3** – Aeronave PT-WQT
 - Anexo I-e** - Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes
 - Anexo I-e.1** – Aeronave PT-FZN (02/07/04)
 - Anexo I-e.2** – Aeronave PT-FZN (18/12/04)
 - Anexo I-e.3** – Aeronave PT-WQT (31/08/04)
 - Anexo I-f** - Atenuação Atmosférica – Resultados dos Testes
 - Anexo I-f.1** – Aeronave PT-FZN (02/07/04)
 - Anexo I-f.2** – Aeronave PT-FZN (18/12/04)
 - Anexo I-f.3** – Aeronave PT-WQT (31/08/04)
- ANEXO II** - Testes Contratuais
- Anexo II-a** - Teste de Altímetros
 - Anexo II-a.1** – Testes de Altímetros – PT-FZN
 - Anexo II-a.2** – Testes de Altímetros – PT-WQT
 - Anexo II-b** - Compensação Magnética
 - Anexo II-b.1** – Compensação Magnética – PT-FZN
 - Anexo II-b.2** – Compensação Magnética – PT-WQT
- ANEXO III** - Quadros Sinópticos das Operações de Campo
- ANEXO IV** - Conteúdo dos CD-ROMs
- ANEXO V** - Formato de Gravação dos Dados do Projeto
- ANEXO VI** - Listagem das Linhas Aprovadas e Utilizadas no Processamento

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico -----	1
Figura 2 - Vértices do Projeto e Área de Atuação de cada Aeronave-----	2
Figura 3 - Aeronave Cessna 404 Titan – PT-FZN -----	3
Figura 4 - Aeronave Cessna 404 Titan – PT-WQT -----	4
Figura 5 - Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base -----	11
Figura 6 - Mapa das Linhas de Vôo-----	12
Figura 7 - Gráfico da Estatística das Operações – Aeronave PT-FZN -----	13
Figura 8 - Gráfico da Estatística das Operações – Aeronave PT-WQT -----	14
Figura 9 - Fluxograma do Processamento de Dados -----	35
Figura 10 - Cronograma Geral das Operações-----	36
Figura 11 - Articulação das Folhas na Escala 1:100.000 -----	39
Figura 12 - Articulação das Folhas na Escala 1:250.000-----	40
Figura 13 - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) -----	44
Figura 14 - Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) -----	45
Figura 15 - Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total-----	46
Figura 16 - Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th)-----	47
Figura 17 - Mapa Radiométrico da Razão Tório/Potássio -----	48
Figura 18 - Mapa do Modelo Digital do Terreno -----	49

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto-----	3
Tabela 2 - Equipamentos Utilizados -----	5
Tabela 3 - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes -----	7
Tabela 4 - Coordenadas da Base GPS -----	10
Tabela 5 - Quilometragem Produzida e Área Levantada -----	11
Tabela 6 - Estatística das Operações -----	13
Tabela 7 - Divisão das Linhas por Aeronave -----	14
Tabela 8 - Teste de Manobras – Aeronave PT-FZN -----	16
Tabela 9 - Teste de Manobras – Aeronave PT-WQT -----	16
Tabela 10 - Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PT-FZN -----	17
Tabela 11 - Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PT-WQT -----	18
Tabela 12 - Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – Aeronave PT-FZN -----	19
Tabela 13 - Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – Aeronave PT-WQT -----	19

Tabela 14 - Concentração dos Tanques de Calibração Portáteis-----	21
Tabela 15 - Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i> -----	21
Tabela 16 - <i>Background</i> da Aeronave e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> -----	22
Tabela 17 - Constantes de Calibração do Radônio-----	29
Tabela 18 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica-----	31
Tabela 19 - Coeficientes de Sensibilidade-----	32
Tabela 20 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas-----	33
Tabela 21 - Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos-----	37
Tabela 22 - Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos-----	38
Tabela 23 - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Magnetometria-----	42
Tabela 24 - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Gamaespectrometria-----	43

1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico está contida na parte noroeste do Estado Pará, localizada na região do rio Trombetas, região norte brasileira, fronteira com a Guiana (Figura 1).

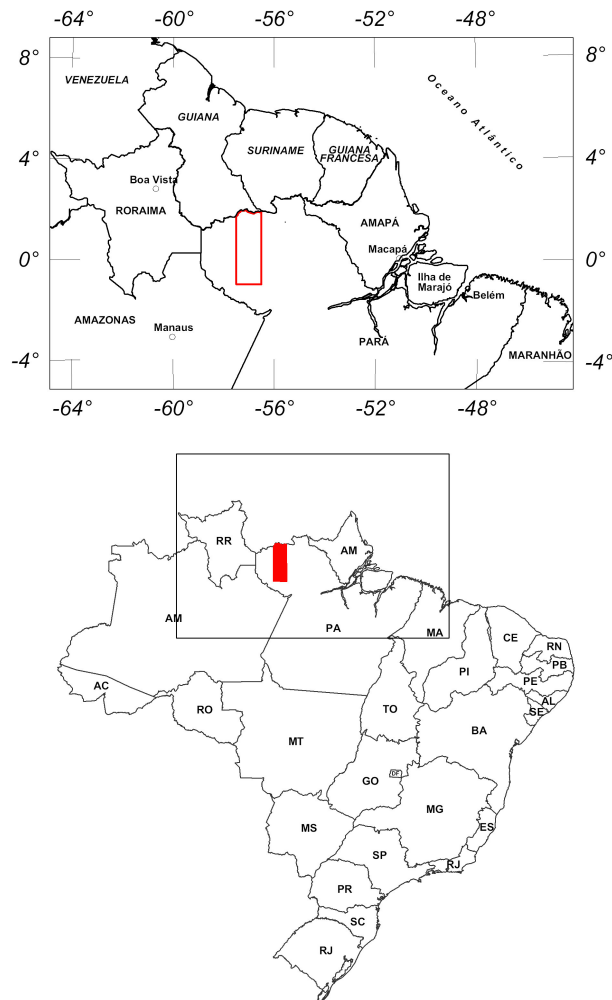


Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 40267,1 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de vôo e controle espaçadas de 1,0 km e 10,0 km, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada. A altura de vôo foi fixada em 100 m sobre o terreno.

Duas equipes participaram do levantamento, utilizando duas aeronaves Cessna 404 Titan, prefixos PT-FZN e PT-WQT. Cada aeronave foi responsável por determinada área de prospecção, como mostra a figura 2. As linhas de controle foram todas executadas pela aeronave PT-FZN. A aeronave PT-FZN esteve envolvida na aquisição de dados do projeto no período de 3/11/2004 a 11/12/2004 e a aeronave PT-WQT entre 22/11/2004 e 12/12/2004.

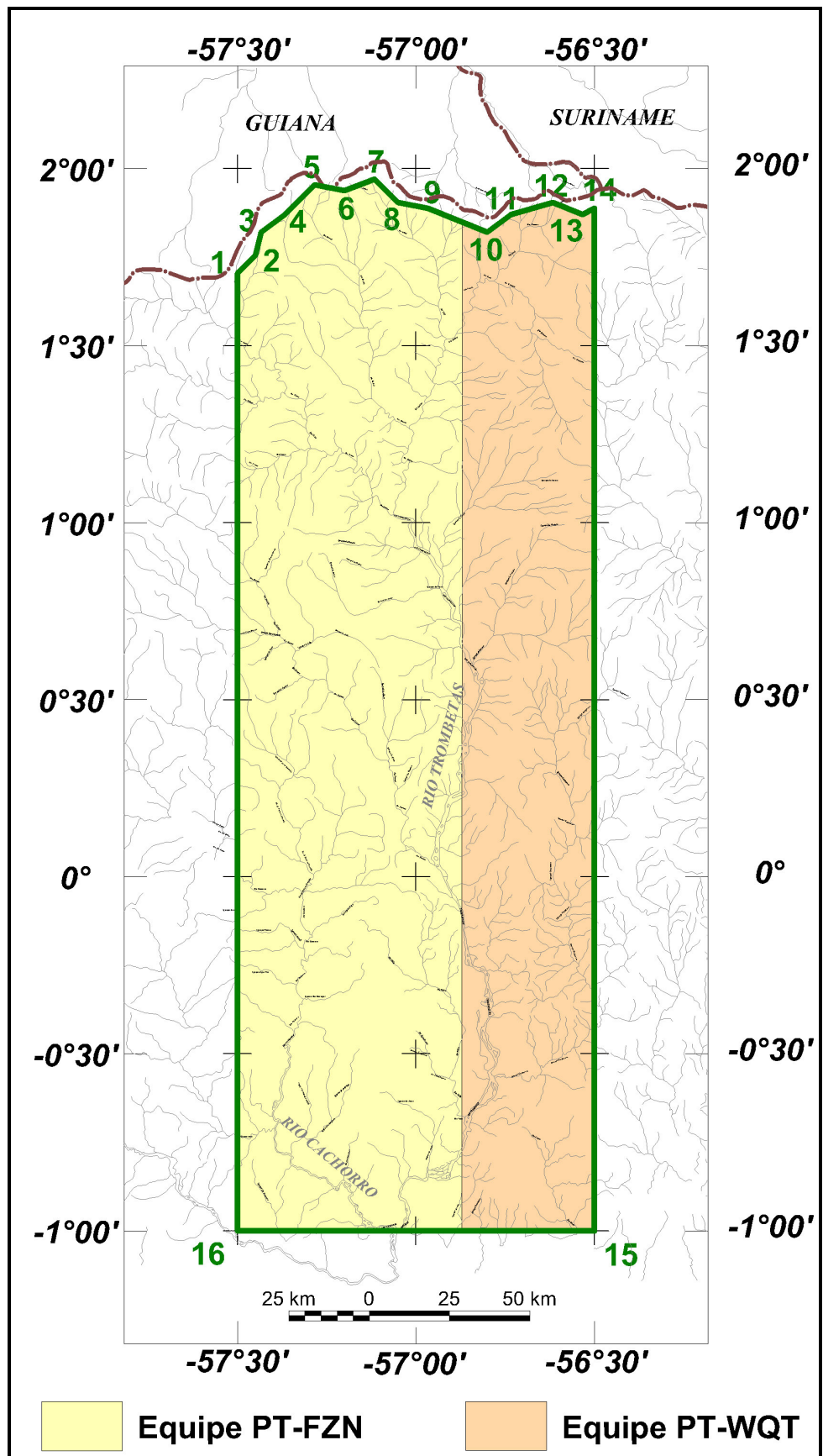


Figura 2 – Vértices do Projeto e Área de Atuação de cada Aeronave

VÉRTICE	LONGITUDE	LATITUDE
1	-57°29'59,16"	1°42'15,45"
2	-57°26'59,16"	1°45'15,47"
3	-57°25'59,14"	1°49'15,42"
4	-57°21'59,17"	1°52'15,45"
5	-57°16'59,16"	1°57'15,43"
6	-57°11'59,18"	1°56'15,45"
7	-57°06'59,17"	1°58'15,43"
8	-57°02'59,20"	1°54'15,44"
9	-56°57'59,19"	1°53'15,45"
10	-56°47'59,22"	1°49'15,44"
11	-56°43'59,21"	1°52'15,45"
12	-56°36'59,23"	1°54'15,46"
13	-56°31'59,23"	1°52'15,47"
14	-56°29'59,23"	1°53'15,46"
15	-56°29'59,17"	-1°00'01,54"
16	-57°29'58,64"	-1°00'01,55"

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto

Foram utilizadas duas aeronaves Cessna 404 Titan, prefixos PT-FZN (Figura 3) e PT-WQT (figura 4), ambas de propriedade da Lasa Engenharia e Prospecções S.A., para a execução deste projeto.



Figura 3 - Aeronave Cessna 404 Titan –PT-FZN



Figura 4 - Aeronave Cessna 404 Titan –PT-WQT

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras do aeromagnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélite GPS, de precisão melhor do que 10 m. Duas estações fixas para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foram instaladas no aeroporto de Porto Trombetas (PA).

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

O processamento dos dados foi desenvolvido no escritório sede da Lasa Engenharia e Prospecções S.A., no Rio de Janeiro, e envolveu a aplicação das rotinas do sistema GEOSOFT Oasis (versão Montaj 5.1.8), utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas nas escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, arquivos de banco de dados e *grids*.

2. AQUISIÇÃO DE DADOS

2.1 Características do Levantamento

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

- Direção das linhas de vôo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de vôo: 1,0 km
- Direção das linhas de controle: E-W
- Espaçamento entre as linhas de controle: 10,0 km
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,1 s (magnetômetro) e 1,0 s (espectrômetro)
- Altura média de vôo: 100 m
- Velocidade aproximada de vôo: 280 km/h

2.2 Equipamentos Utilizados

A Tabela 2, a seguir, apresenta os equipamentos utilizados pelas aeronaves PT-FZN e PT-WQT durante a execução do Projeto Aerogeofísico Trombetas.

CARACTERÍSTICAS		
Prefixo da Aeronave	PT-FZN	PT-WQT
Modelo da Aeronave	Titan 404	Titan 404
Fabricante da Aeronave	Cessna	Cessna
Aeromagnetômetro (Vapor de Césio)	Scintrex CS-2	Scintrex CS-2
Gamaespectrômetro	Exploranium GR-820	Exploranium GR-820
Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio	2.560 pol ³ <i>down</i> e 512 pol ³ <i>up</i>	2.560 pol ³ <i>down</i> e 512 pol ³ <i>up</i>
Sistema de Navegação GPS	SERCEL NR-103 de 10 canais	AG-132 de 12 canais
Sistema de Aquisição GPS	SERCEL NR-103 de 10 canais	AGGPS-132 de 12 canais
Câmera de Vídeo	SONY DXC-150A	PANASONIC WV-CL352
Radar Altímetro	Collins ALT-50	TRT AHV-8
Altímetro Barométrico	ROSEMOUNT, 1241M	ROSEMOUNT 1241M
Magnetômetro Terrestre de Prótons <i>Overhauser</i>	GEM SYSTEMS GSM-19	GEM SYSTEMS GSM-19
Sistema de Aquisição de Dados	GEODAS	FASDAS

Tabela 2 - Equipamentos Utilizados

2.2.1. Aeronaves

O levantamento foi efetuado pelas aeronaves Cessna, modelo 404 Titan, prefixos PT-FZN e PT-WQT. O Cessna 404 é uma aeronave a pistão, bimotor, de asa baixa, trem de pouso retrátil, equipada com motores Continental de 375 HP. Essas aeronaves operam a uma velocidade média de 280 km/h, e possuem autonomia de 9:30 h.

2.2.2. Aeromagnetômetros

a) Aeronave PT-FZN

Sistema aeromagnético acoplado a um sensor de vapor de césio montado na cauda (tipo *stinger*) da aeronave. O sinal é recebido através de um pré-amplificador, localizado na base do cone de cauda da aeronave, e enviado ao sistema de compensação aeromagnética AADCII conectado ao sistema de aquisição de dados GEODAS:

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

a) Aeronave PT-WQT

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/compensação aeromagnética contido no sistema FASDAS:

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

As leituras dos magnetômetros são realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, para a velocidade de 280 km/h das aeronaves, a aproximadamente 7,8 m no terreno.

2.2.3. Aerogamaespectrômetros

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

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

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

Tabela 3 - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes

As leituras dos gamaespectrômetros são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de aproximadamente 78 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 (42 l).

O sistema detector voltado para cima (*upward looking*) é constituído por dois cristais de 256 polegadas cúbicas, totalizando 512 polegadas cúbicas (8,4 l).

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

2.2.4. Sistemas de Aquisição de Dados

a) Aeronave PT-FZN

O computador do sistema de aquisição de dados GEODAS é a principal unidade do sistema aerogeofísico instalado a bordo da aeronave. Todos os dados adquiridos são armazenados no disco rígido e posteriormente transferidos para o disco magnético, para efeito de *back-up* 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
-	Número da Linha e Rumo	-
-	Número do Vôo	-
-	Data e Hora	-
1	Número Fiducial	-
1	Tempo de Gravação	s
10	Fração de Segundo	.01s
10	Evento	.01s
10	Eixo X, Mag. <i>Fluxgate</i>	mV
10	Eixo Y, Mag. <i>Fluxgate</i>	mV
10	Eixo Z, Mag. <i>Fluxgate</i>	mV
1	Altura Barométrica	ft
1	Altura Radar	ft
10	Magnetômetro Bruto	nT
10	Magnetômetro Compensado	nT
1	Temperatura	°C

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	<i>Live Time</i>	ms
1	Contagem Total	cps
1	Potássio	cps
1	Urânio	cps
1	Tório	cps
1	Urânio <i>Up</i>	cps
1	Radiação Cósmica	cps
1	Tempo GPS	s
1	Latitude/Longitude (WGS-84)	graus decimais
1	Altura GPS (acima do esferóide)	m
1	PDOP GPS	
1	Status GPS	
1	Erro GPS	

a) Aeronave PT-WQT

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

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

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	Fiducial	s
1	Número da Linha	-
10	Campo magnético compensado	nT
10	Campo magnético bruto	nT
10	Componente X <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Y <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Z <i>fluxgate</i>	mV
10	Radar altímetro	μ V
10	Temperatura	μ V
10	Barômetro	μ V
10	-	-
10	-	-
10	-	-
10	Temperatura	°C
10	Altura de vôo	ft
10	Altitude barométrica	ft
1	Horário UTC (GPS)	s
1	Latitude (GPS)	Graus decimais
1	Longitude (GPS)	Graus decimais
1	Qualidade da correção GPS	-
1	Número de satélites	-
1	<i>Horizontal Dilution Of Precision</i>	-
1	Altitude (GPS)	m
1	Código de erro do	-

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
	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	-	-
1	-	-
1	-	-
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

As aeronaves PT-FZN e PT WQT utilizam sistemas de vídeo comercial VHS SONY DXC-150A e PANASONIC WV-CL352 respectivamente, constituídos por câmeras de alta definição acopladas aos gravadores de cassete. Monitores de 5" estão disponíveis nas cabines. As câmeras são instaladas em janelas especialmente projetadas no piso de cada aeronave para permitir completa visibilidade do terreno, através de lentes tipo Auto Iris.

Os sistemas GEODAS e FASDAS possibilitam 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. Os radares altímetros utilizados foram o Collins, modelo ALT50 (aeronave PT-FZN) e o TRT, modelo AHV8 (aeronave PT-WQT), que apresentam precisão de 5 pés e alcance de 2.500 pés. Os barômetros são transdutores de pressão que registram a altitude de vôo em relação ao nível do mar. Os sistemas utilizam barômetros Rosemount 1241M, de precisão e alcance equivalentes aos do radar altímetro.

2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação da aeronaves foi efetuada por sistemas GPS, com receptores SERCEL de 10 canais (PT-FZN) e TRIMBLE AG-132 (PT-WQT). As informações de posicionamento são processadas pelos respectivos sistemas de aquisição de dados e enviadas aos computadores de navegação, ficando disponíveis aos pilotos através de indicadores analógicos e das telas dos computadores.

As coordenadas GPS (latitude/longitude) são armazenadas nos discos rígidos dos sistemas de aquisição de dados e transferidas ao escritório de campo.

A aeronave PT-FZN está equipada com sistema TRIMBLE AGGPS-132 de correção em tempo real (DGPS *real time*), cujas coordenadas são transferidas ao escritório de campo já corrigidas.

A aeronave PT-WQT utiliza a modalidade de posicionamento diferencial pós-processada, baseada na utilização de uma estação terrestre de monitoramento, mantida continuamente ligada durante os vôos, rastreando os mesmos satélites que a estação móvel detecta a bordo da aeronave. O processo de correção diferencial utilizado empregou o *software* TRAJECTO, cujos parâmetros são obtidos a partir do receptor fixo que monitora a órbita dos satélites empregados no posicionamento.

O receptor fixo foi instalado no Hotel Casa de Hóspedes, na Rua Rio Remanso, s/nº em Porto Trombetas(PA) onde foi também instalado o escritório de campo da equipe PT-FZN. As coordenadas fixas (WGS-84), determinadas pela estação GPS base, são as seguintes (Tabela 4):

LOCAL	LONGITUDE	LATITUDE	ALTITUDE
Hotel Casa de Hóspedes – Porto Trombetas (PA)	-56°22'26,71”	-01°27'49,89”	32,48 m

Tabela 4 – Coordenadas da Base GPS

As coordenadas dos valores amostrados a bordo foram convertidas do sistema WGS-84 para o esferóide SAD-69 (**Cláusula contratual 1.8 do Anexo V**).

2.2.8. Magnetômetro Terrestre

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

Os magnetômetros foram instalados no aeroporto de Porto Trombetas (PA), em local de gradiente magnético suave, livre de objetos móveis e de interferência cultural.

Ao término de cada jornada de produção os arquivos contendo os dados da variação diurna eram transferidos aos computadores instalados na bases de campo para uso no pré-processamento. A Figura 5 mostra um exemplo do registro desses magnetômetros.

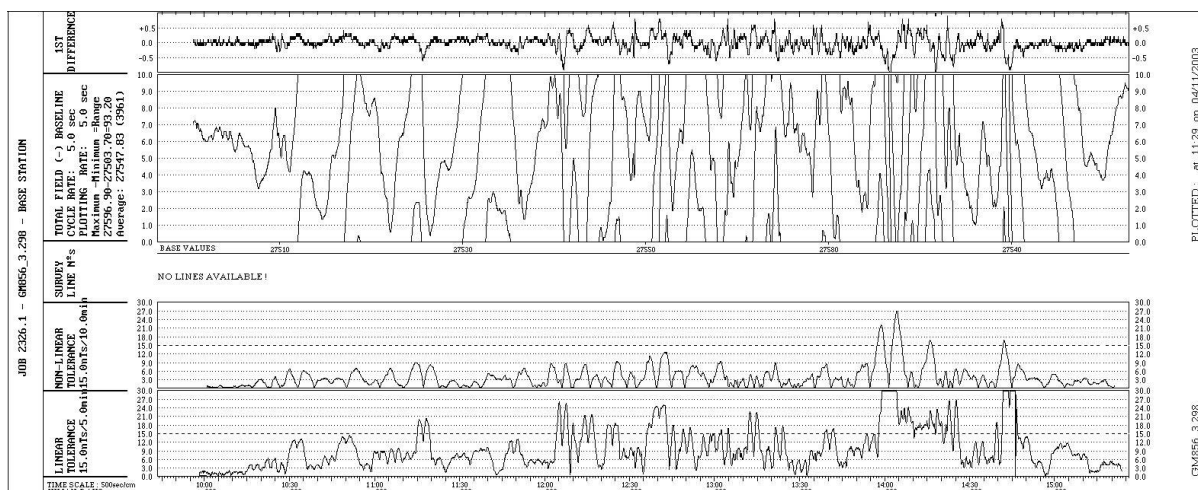


Figura 5 - Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base

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 das bases de operações, instaladas nas cidades de Porto Trombetas (equipe PT-FZN) e de Santarém (equipe PT-WQT), ambas no estado do Pará;
- Obtenção da autorização do aerolevanteamento junto ao Ministério da Defesa;
- Preparação do plano de vôo e obtenção dos materiais necessários ao levantamento;
- Ajuste dos equipamentos às especificações contratuais;
- Realização dos testes pré-levantamento previstos contratualmente.

O levantamento recebeu do Ministério da Defesa a autorização Nº 126, de 29.09.2004.

2.3.1. Elaboração do Plano de Vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Trombetas foram programadas 114 linhas de vôo e 33 linhas de controle, totalizando 40.267,1 km de perfis geofísicos, conforme a Tabela 5 a seguir. A figura 6 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área, bem como sobre o corte padrão das folhas na escala 1:100.000.

Prefixo da Aeronave	Área (km ²)	Total de Linhas de Vôo (km)	Total de Linhas de Controle (km)	Total de Linhas de Vôo+Controle (km)
PT-FZN	13.097,3	23.124,7	3.731,0	26.855,7
PT-WQT	22.356,3	13.411,4	0,0	13.411,4
Totais:	35.453,6	36.536,1	3.731,0	40.267,1

Tabela 5 - Quilometragem Produzida e Área Levantada

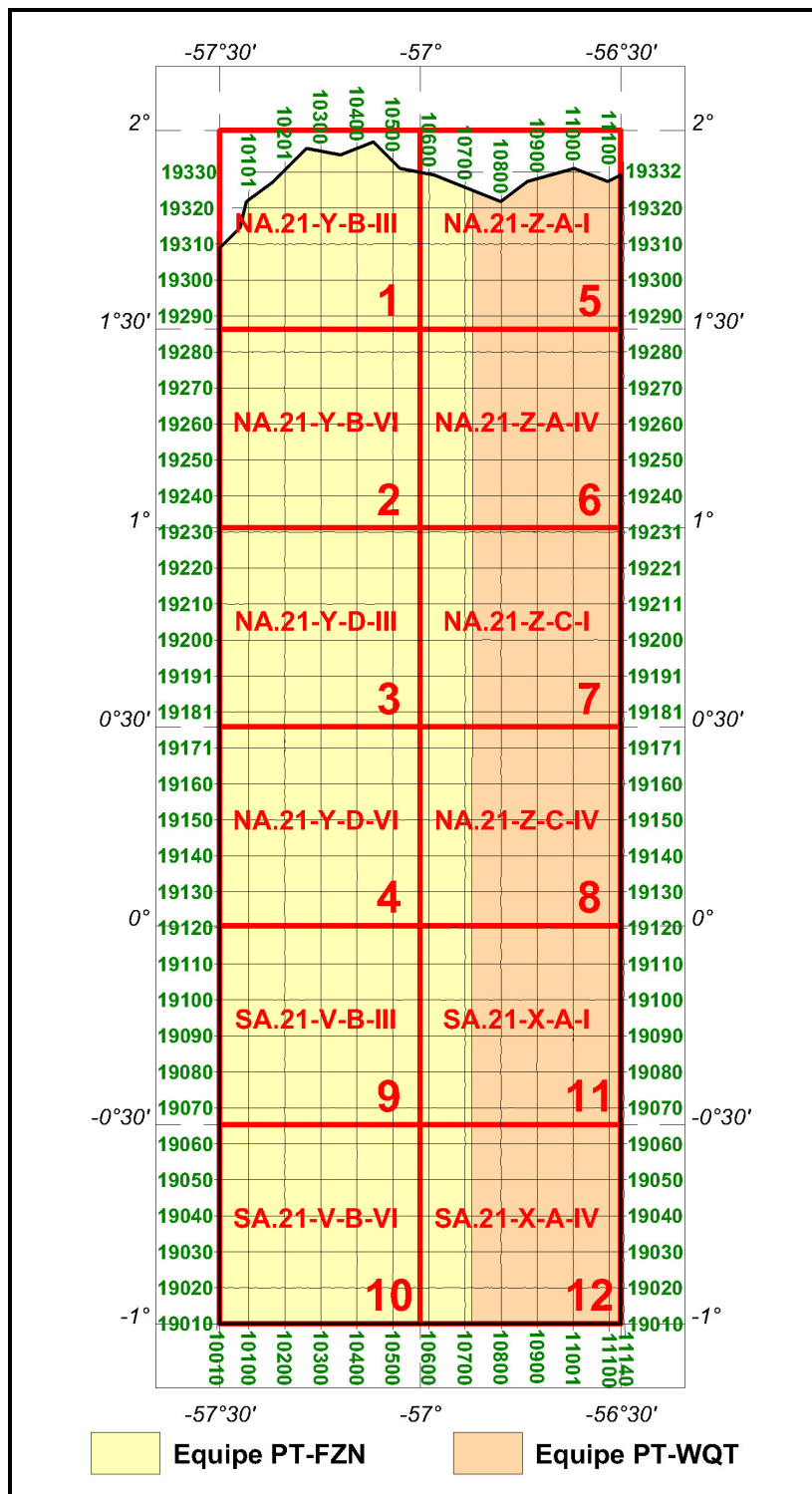


Figura 6 – Mapa das Linhas de Voo

2.3.2. Estatística das Operações

O Projeto Aerogeofísico Trombetas foi executado em 40 dias, consumindo cerca de 240 horas de vôo produtivo para a aquisição dos dados. A Tabela 6 e os gráficos das Figuras 7 e 8, a seguir, mostram a estatística obtida durante a fase de aquisição dos dados.

Item	Indicadores Do Levantamento	PREFIXO DA AERONAVE			
		PT-FZN		PT-WQT	
		Nº Dias	%	Nº Dias	%
1	Produção	24	60.00%	13	52.00%
2	Meteorologia	1	2.50%	0	0.00%
3	Manutenção de Aeronave	6	15.00%	4	16.00%
4	Tempestade Magnética	1	2.50%	0	0.00%
5	Falha de Equipamento	6	15.00%	4	16.00%
6	Testes Contratuais	1	2.50%	3	12.00%
7	Outros	1	2.50%	1	4.00%
	Total	40	100.00%	25	100.00%

Tabela 6 - Estatística das Operações

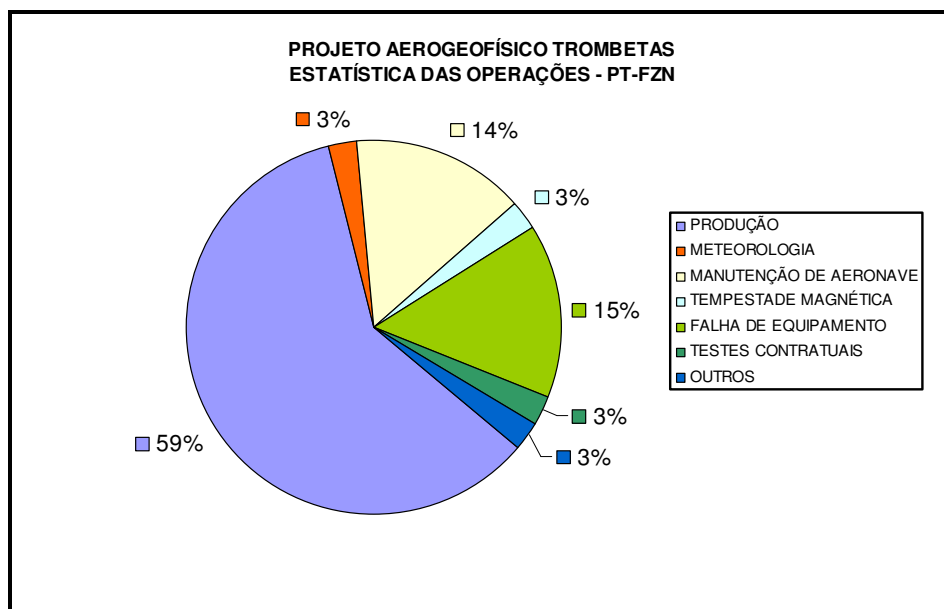


Figura 7 - Gráfico da Estatística das Operações – PT-FZN

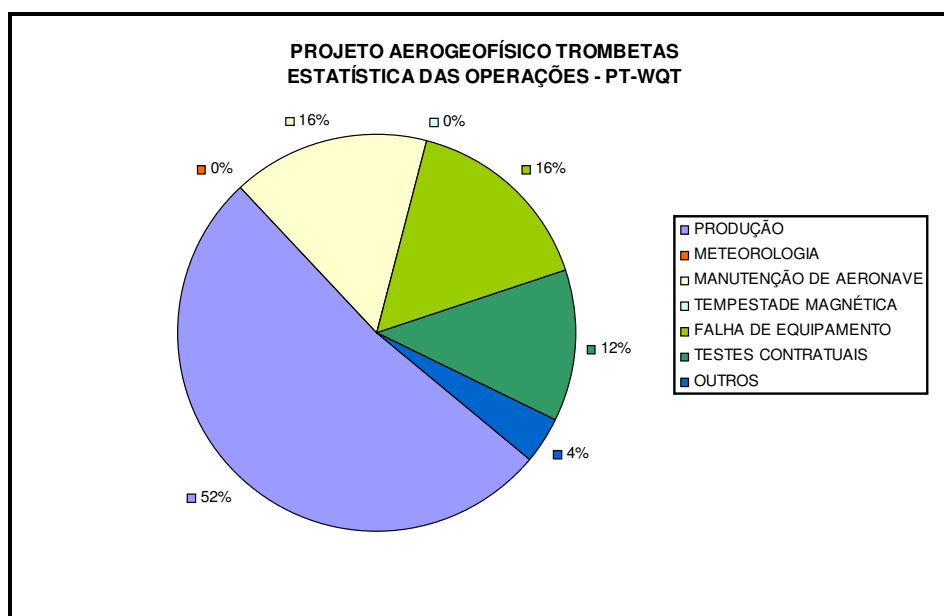


Figura 8 - Gráfico da Estatística das Operações – PT-WQT

2.3.3. Mapa do Projeto de Vôo

O mapa do projeto de vôo foi obtido analiticamente, sendo determinadas, por cálculo, as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de vôo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 1.000 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 convertidas do sistema WGS-84 para SAD-69, cujos parâmetros são os seguintes:

$$dX = 66,87 \text{ m}; dY = -4,37 \text{ m}; dZ = 38,52 \text{ m}.$$

Cada aeronave operou em determinada área do projeto, ficando dividido como mostra a tabela 7 a seguir. O levantamento de todas as linhas de controle foi executado pela aeronave prefixo PT-FZN.

PREFIXO DA AERONAVE	LINHAS DE VÔO
PT-FZN	10010 a 10720
PT-WQT	10720 a 11140

Tabela 7 – Divisão das Linhas por Aeronave

2.3.4. Testes dos Equipamentos

a) Teste Altimétrico

Teste conduzido antes do início das operações para calibração do radar altímetro a bordo de cada aeronave. Neste teste cada aeronave realiza passagens consecutivas sobre uma base de altitude conhecida (pista do aeroporto de Porto Trombetas, altitude 45,3 m – PT-FZN, e pista do Aeroporto de Santarém, altitude 60,0 m – PT-WQT) 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 altímetro barométrico. Os resultados deste teste encontram-se no Anexo II-a.

b) Compensação Magnética Dinâmica

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

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

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

As séries de movimentos, envolvendo as manobras do tipo *roll*, *pitch* e *yaw*, são conduzidas para cada uma das direções de vôo do levantamento, com o objetivo de variar o acoplamento *fluxgate*/vetor campo, e acumular medições ao longo das diferentes manobras e direções. Estes dados são então processados com técnicas de regressão para determinar um conjunto de coeficientes de compensação do sistema.

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

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

c) Determinação dos Coeficientes de Compensação Magnética

As manobras de compensação são conduzidas a altitude de 10.000 pés, em uma área de gradiente magnético suave. Os movimentos *Pitch*, *Roll* e *Yaw* regulam segundo ângulos de 10° a 12° e duração de 30 segundos cada. Cada conjunto de manobras obedece às diferentes direções dos perfis do projeto, assim como ângulos

intermediários da ordem de 15 graus em torno daquela direção, de modo que sejam efetuadas pelo menos três conjuntos de manobras para cada rumo.

Para avaliação da qualidade da compensação magnética da aeronave foram realizados os testes do tipo Manobras, antes do início das operações e após cada manutenção efetuada na parte elétrica das aeronaves. O desempenho do sistema aeromagnético, determinado pela soma das amplitudes pico a pico dos doze registros, não poderá exceder a 2 nT após a correção da variação diurna. Os resultados obtidos estão resumidos nas Tabelas 8 e 9 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

DATA	AZIMUTE	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
02.11.2004	0°	0,090	0,060	0,06	0,210
	90°	0,110	0,120	0,08	0,310
	180°	0,080	0,070	0,09	0,240
	270°	0,120	0,130	0,10	0,350
Somatório					1,110

Tabela 8 – Teste de Manobras – Aeronave PT-FZN

DATA	AZIMUTE	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
23.11.2004	90°	0,080	0,100	0,210	0,390
	180°	0,070	0,080	0,200	0,350
	270°	0,070	0,150	0,300	0,520
	0°	0,070	0,170	0,200	0,440
Somatório					1,700
01.12.2004	90°	0,035	0,050	0,040	0,125
	180°	0,040	0,050	0,045	0,135
	270°	0,025	0,040	0,030	0,095
	0°	0,045	0,050	0,050	0,145
Somatório					0,500
04.12.2004	90°	0,025	0,035	0,035	0,095
	180°	0,030	0,035	0,020	0,085
	270°	0,005	0,006	0,008	0,019
	0°	0,030	0,025	0,020	0,075
Somatório					0,274
05.12.2004	90°	0,050	0,070	0,080	0,200
	180°	0,050	0,070	0,070	0,190
	270°	0,050	0,060	0,060	0,170
	0°	0,050	0,070	0,050	0,170
Somatório					0,730

Tabela 9 – Testes de Manobras – Aeronave PT-WQT

d) Teste com Amostras Radioativas no Solo

Com vistas a controlar o comportamento do desempenho do sistema gamaespectrométrico dos cristais voltados para baixo, testes com amostras de mão de urânio e tório são realizados antes do início e após os vôos operacionais. As amostras são colocadas sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave estacionada no mesmo local. As Tabelas 10 e 11 apresentam os resultados desses testes.

TESTE COM AMOSTRAS RADIOATIVAS NO SOLO (cps)					
DATA	VÔO	URÂNIO (U)		TÓRIO (Th)	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
03.11.04	3/4	170,498	177,182	310,537	326,474
04.11.04	5/6	172,812	167,098	311,984	311,189
05.11.04	7/8	170,434	177,377	307,489	306,707
07.11.04	9	172,905	172,509	302,751	318,153
08.11.04	10	169,087	172,390	310,457	306,354
09.11.04	11/12	173,504	168,161	311,760	302,884
11.11.04	13/14	172,863	172,698	309,057	314,759
12.11.04	15/16	167,790	173,446	297,860	312,875
13.11.04	17/18	169,480	169,520	307,250	304,980
19.11.04	21/22	172,641	168,080	309,853	303,842
21.11.04	25/26	177,788	172,270	299,204	306,020
22.11.04	27/28	172,870	170,820	307,720	310,330
28.11.04	31	164,320	163,090	298,770	302,320
29.11.04	32/33	170,190	165,100	294,980	297,660
30.11.04	34/35	166,580	169,450	306,580	291,760
01.12.04	36	157,120	163,720	295,800	288,710
03.12.04	37	173,790	164,710	297,710	300,390
04.12.04	38	165,260	165,110	300,652	288,500
05.12.04	39	167,420	168,330	293,130	302,670
06.12.04	40/41	169,300	165,270	300,720	291,620
08.12.04	42/43	176,430	166,610	303,170	293,400
09.12.04	44/45	166,340	171,250	287,510	299,390
10.12.04	46	174,880	169,410	308,460	309,310
11.12.04	47	170,140	162,200	302,870	304,440

Tabela 10 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PT-FZN

TESTE COM AMOSTRAS RADIOATIVAS NO SOLO (cps)					
DATA	VÔO	URÂNIO (U)		TÓRIO (Th)	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
22.11.04	5	118,000	117,000	235,000	234,000
23.11.04	7	119,000	118,000	237,000	234,000
24.11.04	8	117,000	116,000	238,000	242,000
25.11.04	9	120,000	116,000	237,000	236,000
26.11.04	10	116,000	117,000	235,000	233,000
02.12.04	15	119,000	128,000	233,000	259,000
05.12.04	17	120,000	115,000	238,000	236,000
06.12.04	18	118,000	118,000	237,000	234,000
08.12.04	19	119,000	120,000	239,000	239,000
09.12.04	20	117,000	117,000	241,000	235,000
10.12.04	21	115,000	117,000	241,000	234,000
11.12.04	22	116,000	116,000	242,000	238,000
12.12.04	23	117,000	116,000	235,000	188,000

Tabela 11 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PT-WQT

e) Teste de Repetibilidade Radioativa

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

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

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

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico estão relacionados nas Tabelas 12 e 13, a seguir.

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL) = 100 m									
DATA	VÔO	CONTAGEM TOTAL		POTÁSSIO (K)		URÂNIO (U)		TÓRIO (Th)	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
03.11.04	3	1512,970	1317,770	74,190	64,450	53,850	39,810	90,280	89,100
03.11.04	4	-	1366,570	-	63,820	-	40,940	-	91,390
04.11.04	5	1622,843	1378,699	78,071	64,255	59,226	41,895	95,340	93,125
04.11.04	6	-	1448,256	-	70,442	-	48,184	-	86,765
05.11.04	7	1701,165	1248,131	84,286	59,803	65,897	52,258	91,770	85,719
05.11.04	8	-	1228,384	-	59,719	-	33,501	-	85,734
07.11.04	9	1467,597	1278,877	74,908	61,744	54,710	35,808	81,471	88,819
08.11.04	10	1008,366	1179,667	50,992	53,974	31,009	30,350	63,084	84,801
09.11.04	11	1338,234	1497,198	66,901	71,969	43,977	47,454	82,238	100,066
09.11.04	12	-	1284,976	-	62,045	-	37,075	-	88,322
11.11.04	13	1067,612	1055,722	52,821	55,108	38,315	31,499	58,188	65,203
11.11.04	14	-	1448,448	-	71,044	-	41,204	-	97,937
12.11.04	15	956,600	1491,630	67,740	71,450	48,360	42,990	69,400	99,910

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL) = 100 m									
DATA	VÔO	CONTAGEM TOTAL		POTÁSSIO (K)		URÂNIO (U)		TÓRIO (Th)	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
12.11.04	16	-	938,933	-	46,746	-	27,608	-	63,149
13.11.04	17	1324,000	1356,000	68,380	66,250	50,910	41,500	68,330	90,510
13.11.04	18	-	1324,000	-	61,890	-	38,060	-	91,440
19.11.04	21	1615,000	1572,000	77,460	77,150	57,090	52,680	96,190	98,990
19.11.04	22	-	1673,000	-	56,320	-	36,360	-	74,980
21.11.04	25	1183,000	1183,000	60,830	52,740	41,810	31,300	68,400	69,960
21.11.04	26	-	825,000	-	39,770	-	24,670	-	54,240
22.11.04	27	1105,000	1346,000	54,390	67,210	37,710	41,760	65,290	90,470
22.11.04	28	-	1516,000	-	71,920	-	49,070	-	101,390
28.11.04	31	1102,000	1112,000	51,260	48,320	29,620	29,770	65,670	67,290
29.11.04	32	1435,000	1169,000	67,180	52,050	44,140	29,460	75,470	74,960
29.11.04	33	-	1330,000	-	57,630	-	31,290	-	93,360
30.11.04	34	1725,000	1275,000	76,440	57,990	55,230	34,420	91,030	76,730
30.11.04	35	-	1522,000	-	67,490	-	40,280	-	92,080
01.12.04	36	1437,000	1099,000	68,400	46,740	40,200	26,780	87,240	74,050
03.12.04	37	1243,000	1201,000	55,960	54,680	30,830	32,800	82,510	74,920
04.12.04	38	1409,000	1188,000	65,120	52,810	43,270	30,420	77,580	77,070
05.12.04	39	1594,000	1361,000	73,700	60,000	46,680	39,370	78,960	77,370
06.12.04	40	1557,000	1263,000	71,480	59,940	50,230	37,840	86,630	71,590
06.12.04	41	-	1560,000	-	70,450	-	43,030	-	92,490
08.12.04	42	1606,000	1394,000	72,790	63,760	51,280	38,560	87,000	84,510
08.12.04	43	-	1371,000	-	61,100	-	34,750	-	84,820
09.12.04	44	1671,000	1039,000	75,190	48,980	59,550	23,050	81,750	69,050
09.12.04	45	-	1352,000	-	58,130	-	35,680	-	86,450
10.12.04	46	1562,000	1522,000	64,590	67,000	41,990	42,550	96,440	96,080
11.12.04	47	1878,000	1472,000	83,050	63,110	49,650	37,790	97,730	93,440

Tabela 12 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – Aeronave PT-FZN

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL) = 100 m									
DATA	VÔO	CONTAGEM TOTAL		POTÁSSIO (K)		URÂNIO (U)		TÓRIO (Th)	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
22.11.04	5	744,800	546,670	51,610	38,900	29,150	13,060	39,740	36,740
23.11.04	7	425,600	459,110	33,250	34,070	5,760	7,750	38,120	37,190
24.11.04	8	716,500	468,630	46,560	32,190	29,870	9,010	36,340	35,180
25.11.04	9	681,520	444,470	45,350	30,840	27,270	10,330	35,950	33,720
26.11.04	10	769,000	516,000	35,990	52,340	10,100	29,490	38,730	41,100
02.12.04	15	892,250	543,470	51,390	36,180	33,750	8,950	38,330	38,020
05.12.04	17	829,480	643,440	47,220	39,520	29,390	14,960	35,800	37,140
06.12.04	18	813,210	599,060	46,790	39,550	27,680	13,210	36,790	39,860
08.12.04	19	786,170	573,270	49,290	36,560	29,990	10,050	35,020	38,280
09.12.04	20	861,910	540,470	54,400	36,580	31,710	8,620	38,570	37,690
10.12.04	21	844,940	550,130	51,250	37,540	28,690	9,160	38,990	40,790
11.12.04	22	847,300	516,580	50,070	30,970	29,280	4,750	38,780	40,890
12.12.04	23	821,260	727,520	50,520	46,170	26,700	21,410	37,350	35,220

Tabela 13 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas – Aeronave PT-WQT

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

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

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

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

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

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

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

A resolução calculada a partir do tório deve ser menor que 7% e a resolução a partir do cézio deve ser menor que 12%.

O monitoramento da resolução do cristal e do tubo fotomultiplicador é o melhor procedimento para se manter o controle de qualidade e detectar qualquer tipo de deterioração do sistema gamaespectrométrico.

Os valores de resolução obtidos para os três pacotes de cristais detectores *downward looking* (2.560 pol³) ficaram abaixo 7% e para os cristais detectores *upward looking* (512 pol³) ficaram abaixo de 12%, sendo portanto estes testes aprovados. Os resultados dos testes de resolução encontram-se no Anexo I-a.

2.3.6. Calibração dos Detectores *Downward Looking*

Foram realizados testes gamaespectrométricos específicos objetivando a calibração do sistema detector da aeronave. A aeronave prefixo PT-FZN foi recalibrada após o término da etapa de aquisição (11.12.2004), devido a manutenção no gamaespectrômetro efetuada entre os vôos nº 28 (22.11.2004) e nº 31 (28.11.2004) dessa aeronave, que afetou significativamente o sistema, tornando necessária a repetição de todas as

calibrações (IAEA 2003, p.55). Essas calibrações obedeceram a duas etapas distintas, quais sejam:

- Calibração estática - Realizada no Aeroporto de Jacarepaguá (RJ) nos meses de junho e dezembro de 2004 (aeronave PT-FZN) e agosto de 2004 (aeronave PT-WQT). Após a determinação e aprovação dos cálculos da resolução dos cristais detectores *down* e *up* são realizados os testes que visam a determinação dos coeficientes de espalhamento Compton do sistema detector. Para tal, 4 (quatro) tanques de calibração portáteis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio (^{40}K), urânio (^{238}U), tório (^{232}Th) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração portáteis utilizadas, de propriedade da LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A., estão indicadas na Tabela 14:

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

Tabela 14 - Concentração dos Tanques de Calibração Portáteis

Para a determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton*, a aeronave foi estacionada sobre os tanques de calibração portáteis que foram seqüencialmente posicionados sob cada pacote detector, aí permanecendo por 10 minutos para acumulação de dados na seguinte ordem: *background*, Th, U, K e *background*. Os dados acumulados foram processados pelo programa PADWIN, fornecido pelo fabricante dos tanques calibradores (EXPLORANIUM), resultando nos valores dos coeficientes Compton para cada pacote de detectores de 1.024 polegadas³ e para o total de 2.560 polegadas³. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento Compton estão resumidos na Tabela 15. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

AERONAVE	DATA	α	β	γ	a	b	g
PT-FZN	29.06.2004	0,2581 ±0,0041	0,3955 ±0,0084	0,7572 ±0,0126	0,0618 ±0,0069	0,0025 ±0,0040	0,0098 ±0,0029
PT-FZN	16.12.2004	0,2685 ±0,0042	0,4257 ±0,0085	0,7732 ±0,0127	0,0752 ±0,0070	0,0175 ±0,0041	0,0156 ±0,0030
PT-WQT	31.08.2004	0,2511 ±0,0058	0,3929 ±0,0117	0,7416 ±0,0175	0,0425 ±0,0101	0,0091 ±0,0058	0,0078 ±0,0042

Tabela 15 - Coeficientes de Espalhamento *Compton*

- Calibração dinâmica - Realizada com vistas à determinação dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (*cosmic flight*), e identificação dos coeficientes de sensibilidade do detector, com o levantamento de um perfil situado em zona radiometricamente conhecida (*dynamic calibration range* - DCR) na altura nominal do levantamento

(100 m), bem como a várias alturas com vistas à correção altimétrica. Os referidos testes são comentados a seguir:

a) Vôo Cósmico (*Cosmic Flight*)

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

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

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

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

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

C é a contagem na janela cósmica;

O vôo cósmico envolveu o recobrimento de perfis sobre o mar, em área distante da costa cerca de 20 km, voando nas altitudes de 3500, 5000, 7000, 8000, 10000, 12000 e 13000 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 16, a seguir, resume os resultados obtidos pelas aeronaves nos vôos cósmicos. A apresentação dos resultados na forma de tabelas e gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

CANAL	COEFICIENTE	PT-FZN (02.07.2004)	PT-FZN (30.12.2004)	PT-WQT (15.10.2004)
Contagem Total	a (cps)	898,42	958,61	87,013
Contagem Total	b	0,6319	0,6680	0,8773
Potássio	a (cps)	16,810	20,790	17,569
Potássio	b	0,0349	0,0308	0,0459
Urânio	a (cps)	3,3535	4,5692	1,3289
Urânio	b	0,0287	0,0266	0,0396
Tório	a (cps)	3,3953	1,8858	2,2915
Tório	b	0,0341	0,0377	0,0389
U _{up}	a (cps)	1,6958	1,3533	0,2203
U _{up}	b	0,0062	0,0075	0,0075

Tabela 16 - *Backgrounds* das Aeronaves e *Cosmic Stripping Ratios*

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

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

A calibração dinâmica tem por finalidade a correlação entre as medições feitas em terra (com intervalos de 50 m entre estações, com emprego de gamaespectrômetro portátil Exploranium Modelo GR-320), com as leituras registradas pelo sistema detector da aeronave na altura de 100 m (cerca de 330 pés), permitindo a conversão das contagens

obtidas a bordo (em cps) para concentrações de potássio, urânio, tório e contagem total no solo. A sensibilidade do sistema gamaespectrométrico é definida como a razão entre a média dos valores aéreos, medidos na altura nominal do levantamento (100 m), em cps, para os canais de contagem total, K, U e Th, e a média dos valores das estações terrestres (em concentração) para os canais de contagem total, K, eU e eTh (Anexo I-c).

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

2.3.7. Calibração dos Detectores *Upward Looking*

A calibração dos detectores aerogamaespectrométricos voltados para cima tem por finalidade estabelecer a relação entre as contagens observadas nos canais de contagem total, potássio, urânio e tório, medidas nos detectores normais da aeronave, com aquelas registradas pelo detector *upward*, resultantes da presença de radônio disperso no ar. Tal relação se expressa por um conjunto de coeficientes obtidos a partir de dados de vôos realizados sobre a água, ou a altura elevada, onde não exista qualquer influência de radiações provenientes do solo. Para tanto, foram utilizados os dados dos testes *high level*, ou *background*, onde são registrados perfis diários na altura de 2.500 pés (Anexo I-d).

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

A aeronave prefixo PT-FZN foi recalibrada devido a manutenção no gamaespectrômetro efetuada entre os vôos nº 28 (22.11.2004) e nº 31 (28.11.2004) dessa aeronave.

2.4 Compilação de Dados

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

- a) Transferência das leituras do magnetômetro terrestre para o computador de campo para processamento da variação diurna de acordo com o gradiente fixado no contrato, qual seja: 20 nT/ 5 min;
- b) Leitura dos arquivos dos vôos das aeronaves e transferência dos dados coletados para o computador de campo, para fins de verificação da qualidade da gravação e análise dos perfis coletados, no que se refere a desvios na altura de vôo, envoltória de ruídos e desvios de navegação, estabelecidos, respectivamente, em: 15 m para mais ou para menos, 0,5 nT e 100 m em relação à linha teórica;
- c) Geração das plotagens dos traços das linhas de vôo e de controle, corrigidos diferencialmente, em superposição ao plano de vôo para identificação dos possíveis trechos desviados em mais de 20% do espaçamento teórico (200 m) por mais de 1000 m;
- d) Verificação da qualidade da gravação, em vídeo, do trajeto percorrido pela aeronave;

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

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

2.5 Equipe Técnica na Base de Operações

Participaram do levantamento na fase de aquisição de dados os seguintes técnicos:

Marcelo Ferreira	- Coordenador de Equipe/Geofísico (PT-FZN)
Marcio Marques	- Coordenador de Equipe/Geofísico (PT-FZN)
Roberto Zanon	- Coordenador de Equipe/Geofísico (PT-FZN)
Leonardo Nascimento	- Coordenador de Equipe/Geofísico (PT-WQT)
Marcelo Ferreira	- Coordenador de Equipe/Geofísico (PT-WQT)
Francisco Mateus	- Eletrônico (PT-WQT)
Almir Moura	- Operador (PT-FZN)
Carlos Alberto Silva	- Operador (PT-FZN)
José Augusto	- Operador (PT-WQT)
Amauri Santos	- Piloto (PT-FZN)
Antonio Cavalcante	- Piloto (PT-FZN)
Mayk Nascimento	- Piloto (PT-FZN)
Reginaldo Pianowski	- Piloto (PT-FZN)
Altair Delfino	- Piloto (PT-WQT)
Edmilson Alves	- Mecânico (PT-FZN)
Elizario Ozias	- Mecânico (PT-FZN)
Antonio Nascimento	- Mecânico (PT-WQT)
Sergio de Grande	- Mecânico (PT-WQT)

3. PROCESSAMENTO DE DADOS

3.1 Fluxo de Processamento

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Trombetas foi empregada a versão OASIS MONTAJ 5.1.8 do sistema GEOSOFT, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exportação do dado binário coletado em vôo para formato ASCII XYZ GEOSOFT. A Figura 9, no final do capítulo, mostra o fluxo de processamento utilizado para o levantamento.

3.1.1 Preparação do Banco de Dados do Levantamento

Os dados brutos gravados em formato binário na aeronave são convertidos para ASCII e regravados em formato .XYZ GEOSOFT. A partir destes arquivos é, então, gerado o banco de dados 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 vôo, temperatura, etc.

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

3.1.2 Processamento dos Dados Magnetométricos

3.1.2.1 Remoção da Variação Magnética Diurna

Os valores obtidos pelo magnetômetro monitor foram inicialmente subtraídos do nível base, definido em 27.394 nT. As diferenças encontradas, positivas ou negativas, foram, então, somadas algebricamente às leituras do campo magnético realizadas a bordo da aeronave, tendo como variável comum a hora de amostragem, fixada com precisão de décimos de segundo. Os valores resultantes correspondem à intensidade total do campo magnético corrigido da variação diurna.

3.1.2.2 Correção do Erro de Paralaxe

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

A fórmula utilizada é a seguinte:

$$F_c = F_r - I_p, \text{ onde}$$

F_c = Fiducial corrigida do erro paralaxe,

F_r = Fiducial para a leitura registrada,

I_p = Paralaxe instrumental.

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pela aeronave PT-FZN correspondeu a 0,40 segundo e a 0,67 segundo para a aeronave PT-WQT

3.1.2.3 Nivelamento dos Perfis

A aplicação do nivelamento através da versão OASIS MONTAJ 5.1.8 do sistema GEOSOFT consiste, basicamente, no ajuste das linhas de controle com base na média das diferenças (ou diferença de 1ª ordem) com as linhas de vôo. Este procedimento assume que tais diferenças estão distribuídas de forma aleatória, de forma que um *trend* de no máximo 1ª ordem define o desnível entre as linhas de vôo e controle.

O procedimento compreende duas etapas distintas, conforme a seguir:

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

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

Nesta fase é criada uma Tabela de Interseções que contém as diferenças entre as linhas de controle niveladas e a linhas de vôo nos pontos de cruzamento. Tal procedimento é conduzido pelo comando XLEVEL GX. Estes valores são armazenados no banco de dados e utilizados no cálculo das correções a serem aplicadas às linhas de vôo. Os cruzamentos onde o gradiente magnético excedeu a 0,5 nT/fiducial (0,006 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 do filtro passa-alta tipo Butterworth (comprimento de onda da ordem de 4 vezes o espaçamento das linhas de

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

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.

3.1.2.5 Remoção do IGRF

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

Esta superfície foi definida com base no valor do IGRF, calculado na altitude média da região do levantamento (700 m), referidos ao ano de 2000 e atualizados para a data de 22.11.2004 (2004,90).

3.1.3 Processamento dos Dados Radiométricos

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

3.1.3.1 Correção do Tempo Morto

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

3.1.3.2 Aplicação de Filtragem

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

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

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

3.1.3.3 Correção do Erro de Paralaxe

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

3.1.3.4 Cálculo da Altura Efetiva (h_e) de Vôo

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

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

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

T - temperatura do ar medida em °C,

P - pressão atmosférica em milibar.

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

3.1.3.5 Remoção do *Background* da Aeronave e Cósmico

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

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

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

N - somatório das duas contribuições (em cps),

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

C - canal de radiação cósmica,

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

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 16 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo vôo cósmico sobre o mar, em área distante da costa, cujos gráficos estão indicados no Anexo I-c.

A aeronave PT-FZN foi recalibrada após o término dos vôos devido à manutenção efetuada no gamaespectrômetro. Os dados dos perfis 10010 a 10360 e 19010 a 19332 foram corrigidos utilizando os coeficientes obtidos em 02.07.2004, e os perfis 10361 a 10710 foram corrigidos usando os coeficientes obtidos em 30.12.2004.

3.1.3.6 Remoção do *Background* do Radônio

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

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

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

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

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

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

$a_1, a_2, a_u, a_t, b_u, b_t$ - 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 dos *backgrounds* da aeronave e cósmico.

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

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

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

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

No cálculo dos coeficientes a_{tc} , a_k , a_u e a_t (Tabela 17) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos correspondentes a estes cálculos encontram-se no Anexo I-d.

CANAL	COEFICIENTE	PT-FZN (até vôo 28)	PT-FZN (a partir do vôo 31)	PT-WQT
Contagem Total	a_{tc}	14,251	15,788	13,913
Potássio	a_k	0,8091	0,8193	0,7956
Urânio <i>up</i>	a_u	0,1839	0,2146	0,1573
Tório	a_t	0,1253	0,1112	0,0833

Tabela 17 - Constantes de Calibração do Radônio

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

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

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

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

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

T_g - contribuição do solo na janela do tório;

a_1 e a_2 - constantes de calibração requeridas.

Para estimativa dos coeficientes *skyshine* será adotado para o projeto o procedimento simplificado recomendado pelo Dr. Robert Grasty (Grasty & Hovgaard, 1996). Este procedimento emprega a totalidade dos dados dos canais de urânio *up e down* do levantamento, para obtenção de a_1 , assumindo que o valor de a_2 é igual a zero, qual seja:

$$a_1 = (\sum u_n - u_{n+m}) / (\sum U_n - U_{n+m}), \text{ sendo:}$$

n e $n+m$ os índices de amostras subsequentes, associadas aos canais de urânio *up* (u) e *down* (U). Como estes somatórios levam em conta valores absolutos, o canal de contagem total é utilizado para indicar a tendência crescente ou decrescente das radiações.

Os valores obtidos para a_1 no levantamento em pauta foram de: 0,058 para a aeronave PT-FZN (até 22.11.2004), 0,065 para a aeronave PT-FZN (a partir de 28.11.2004), e de 0,054 para a aeronave PT-WQT.

3.1.3.8 Correção do Efeito Compton

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

α - radiações de tório no urânio,

β - radiações de tório no potássio,

γ - radiações de urânio no potássio,

a - radiações de urânio no tório,

b - radiações de potássio no tório,

g - radiações de potássio no urânio.

Os valores adotados para correção do efeito Compton são os descritos na Tabela 15 – Coeficientes de Espalhamento Compton, apresentada no item 2.3.6. Maior detalhamento deste teste está presente no Anexo I-b.

A aeronave PT-FZN foi recalibrada após o término dos vôos devido à manutenção efetuada no gamaespectrômetro. Os dados dos perfis 10010 a 10360 e 19010 a 19332 foram corrigidos utilizando os coeficientes obtidos em 29.06.2004, e os perfis 10361 a 10710 foram corrigidos usando os coeficientes obtidos em 16.12.2004.

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):

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

N_H é a radiação à distância H da fonte,

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

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

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

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

A aeronave PT-FZN foi recalibrada após o término dos vôos devido a manutenção efetuada no gamaespectrômetro. Os dados dos perfis 10010 a 10360 e 19010 a 19332 foram corrigidos utilizando os coeficientes obtidos em 02.07.2004, e os perfis 10361 a 10710 foram corrigidos usando os coeficientes obtidos em 18.12.2004.

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}		
	PT-FZN (02.07.2004)	PT-FZN (18.12.2004)	PT-WQT (31.08.2004)
Contagem Total	-0,0092	-0,0064	-0,0069
Potássio	-0,0112	-0,0078	-0,0092
Urânio	-0,0094	-0,0085	-0,0078
Tório	-0,0093	-0,0061	-0,0067

Tabela 18 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

3.1.3.10 Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores das aeronaves PT-FZN e PT-WQT para as janelas do potássio, urânio e tório foram determinadas com base nas razões entre as medições efetuadas a bordo (N) e em terra (C), nos testes conduzidos em 29.06.2004, 18.12.2004 e 31.08.2004, com a aplicação da expressão:

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

S corresponde à sensibilidade para cada janela,

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

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

A Tabela 19 a seguir corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume total de 42 litros e dimensões de 10 cm x 10 cm x 40 cm cada), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.

A aeronave PT-FZN foi recalibrada após o término dos vôos devido a manutenção efetuada no gamaespectrômetro. Os dados dos perfis 10010 a 10360 e 19010 a 19332 foram corrigidos utilizando os coeficientes obtidos em 02.07.2004. Os perfis 10361 a 10710 foram corrigidos usando os coeficientes obtidos em 18.12.2004.

Canal Radiométrico	SENSIBILIDADE		
	PT-FZN (02.07.2004)	PT-FZN (18.12.2004)	PT-WQT (31.08.2004)
Contagem Total	220,27 cps / μ R/h CT	235,88 cps / μ R/h CT	210,44 cps/ μ R/h CT
Potássio	79,02 cps / %K	78,76 cps / %K	76,25 cps / %K
Urânio	9,71 cps / ppm eU	8,89 cps / ppm eU	11,34 cps / ppm eU
Tório	5,05 cps / ppm eTh	4,94 cps / ppm eTh	4,45 cps / ppm eTh

Tabela 19 - Coeficientes de Sensibilidade

Para calcular a “taxa de exposição”(Exposure Rate) do canal de contagem total (em μ R/h) utiliza-se a fórmula abaixo (IAEA, 1991):

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

K, eU e eTh correspondem às concentrações aparentes destes elementos definidas em terra, quando do levantamento da pista de calibração dinâmica. Os valores da concentração determinados para o canal de contagem total foram de 13,31 μ R/h em 02.07.2004, de 14.31 μ R/h em 31.08.2004 e de 14,03 μ R/h em 28.12.2004.

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

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

As razões foram calculadas a partir dos valores radiométricos corrigidos, conforme descrito no item 3.1.3 deste capítulo. Para eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente baixos, foi convencionada a fixação dos valores mínimos de K, U e Th em 5% da média destes canais na área de levantamento. A Tabela 20, a seguir, resume os valores utilizados:

Canal Radiométrico	VALOR MÍNIMO
K (%)	0,0088
eU (ppm)	0,0079
eTh (ppm)	0,7715

Tabela 20 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas

3.2 Interpolação e Contorno

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

Os mapas de contorno foram elaborados a partir de *grids* regulares, interpolados em malha quadrada, com dimensões de 250 m x 250 m, o que equivale a um quarto do espaçamento entre as linhas de vôo.

3.3 Arquivo Final de Dados

Os dados finais dos perfis do levantamento foram gravados em CD-ROM, em arquivos ASCII, nos formatos XYZ, da GEOSOFT, e no formato específico da CPRM, 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 CD-ROM, descrito no item 5 deste relatório.

3.4 Equipe Envolvida no Processamento dos Dados

Participaram dos trabalhos de processamento os seguintes técnicos:

- César Marinho Costa - Gerente de Processamento de Dados,
- Maria Filipa Perez da Gama - Geofísica Senior
- Ana Valéria Leite - Secretária Geral.

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

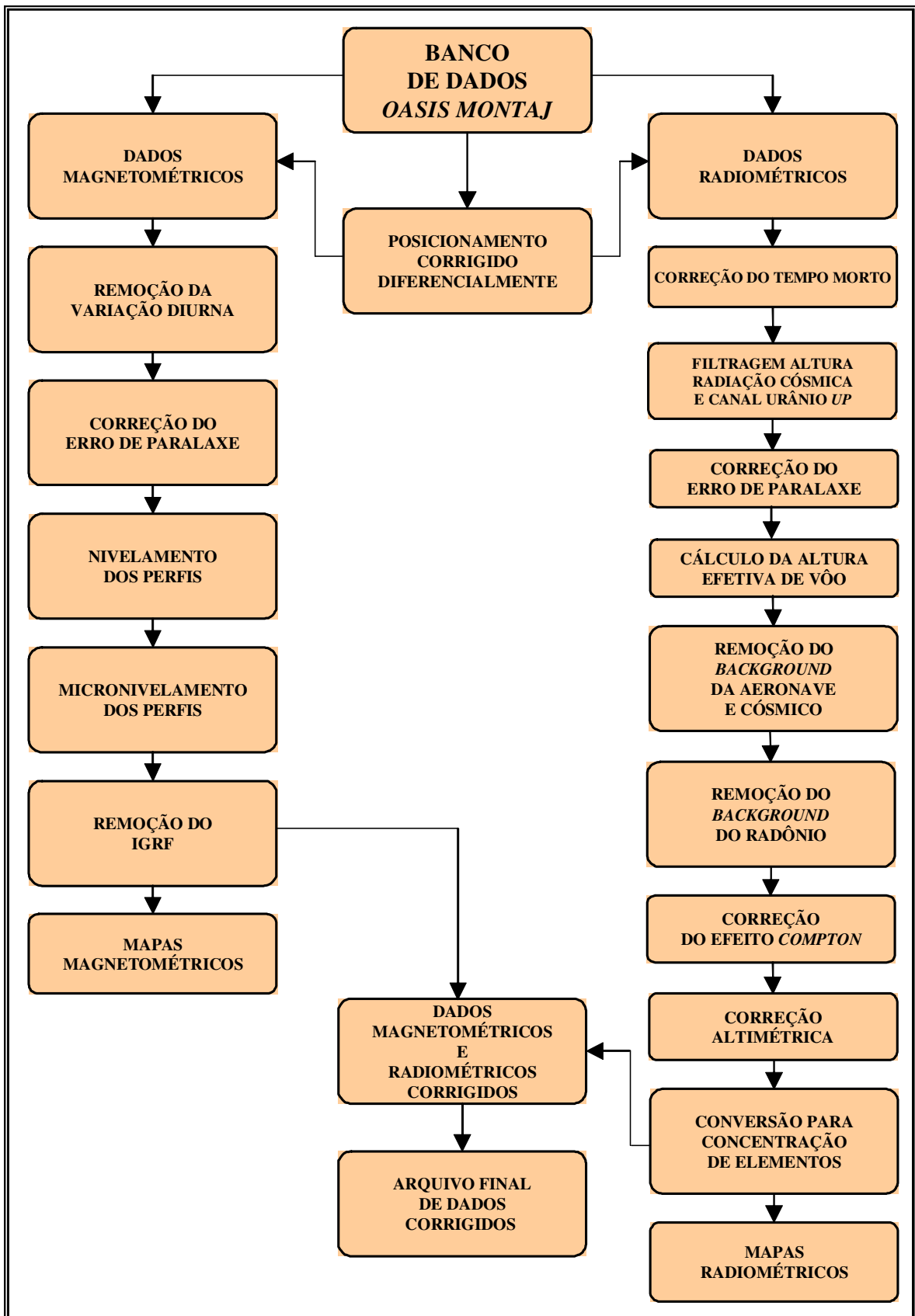


Figura 9 - Fluxograma do Processamento de Dados

4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Trombetas foi executado no período de 3 de novembro a 12 de dezembro de 2004. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final tiveram início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 28/01/2005.

A Figura 10 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

Ano	2004							2005
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Calibração Inicial Mobilização								
Aquisição de Dados								
Calibration Range								
Processamento e Relatório Final								

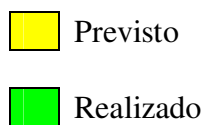


Figura 10 – Cronograma Geral das Operações

5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Trombetas estão sendo apresentados, na forma de mapas, nas escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, que seguem em anexo ao presente relatório. Os resultados na forma de mapas são acompanhados dos arquivos digitais finais do levantamento, gravados em CD-ROM, em formato GEOSOFT.

Os mapas foram elaborados de acordo com as especificações do Manual Técnico do DNPM. As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (8 km em 1:100.000, 20 km em 1:250.000 e 40 km em 1:500.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 10, 15 e 30 minutos, respectivamente, para as escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais das folhas ao milionésimo NA.21 e SA.21 disponíveis no *site* do IBGE (www.ibge.gov.br). Na escala de 1:500.000 os mapas foram elaborados de forma a englobar toda a área do Projeto em uma única folha.

As Figuras 11 e 12 ilustram a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, respectivamente.

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

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

Tabela 21 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos

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

TEMA	PADRÃO (1:100.000)	PADRÃO (1:250.000)	FOLHA ÚNICA (1:500.000)
Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	10 e 50 nT	20 e 100 nT	-
1a. Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,05 e 0,25 nT/m	0,05 e 0,25 nT/m	-
Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,02 e 0,10 nT/m	0,02 e 0,10 nT/m	-
Radiométrico de Contagem Total	1 e 5 μ R/h	1 e 5 μ R/h	-
Radiométrico de Potássio	0,02 e 0,10 %	0,05 e 0,25 %	-
Radiométrico de Urânio	0,2 e 1,0 ppm	0,5 e 2,5 ppm	-
Radiométrico de Tório	1 e 5 ppm	2 e 10 ppm	-
Razão Radiométrica eU/eTh	0,02 e 0,10	0,05 e 0,25	-
Razão Radiométrica eU/K	5 e 25	10 e 50	-
Razão Radiométrica eTh/K	50 e 250	100 e 500	-

Tabela 22 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos

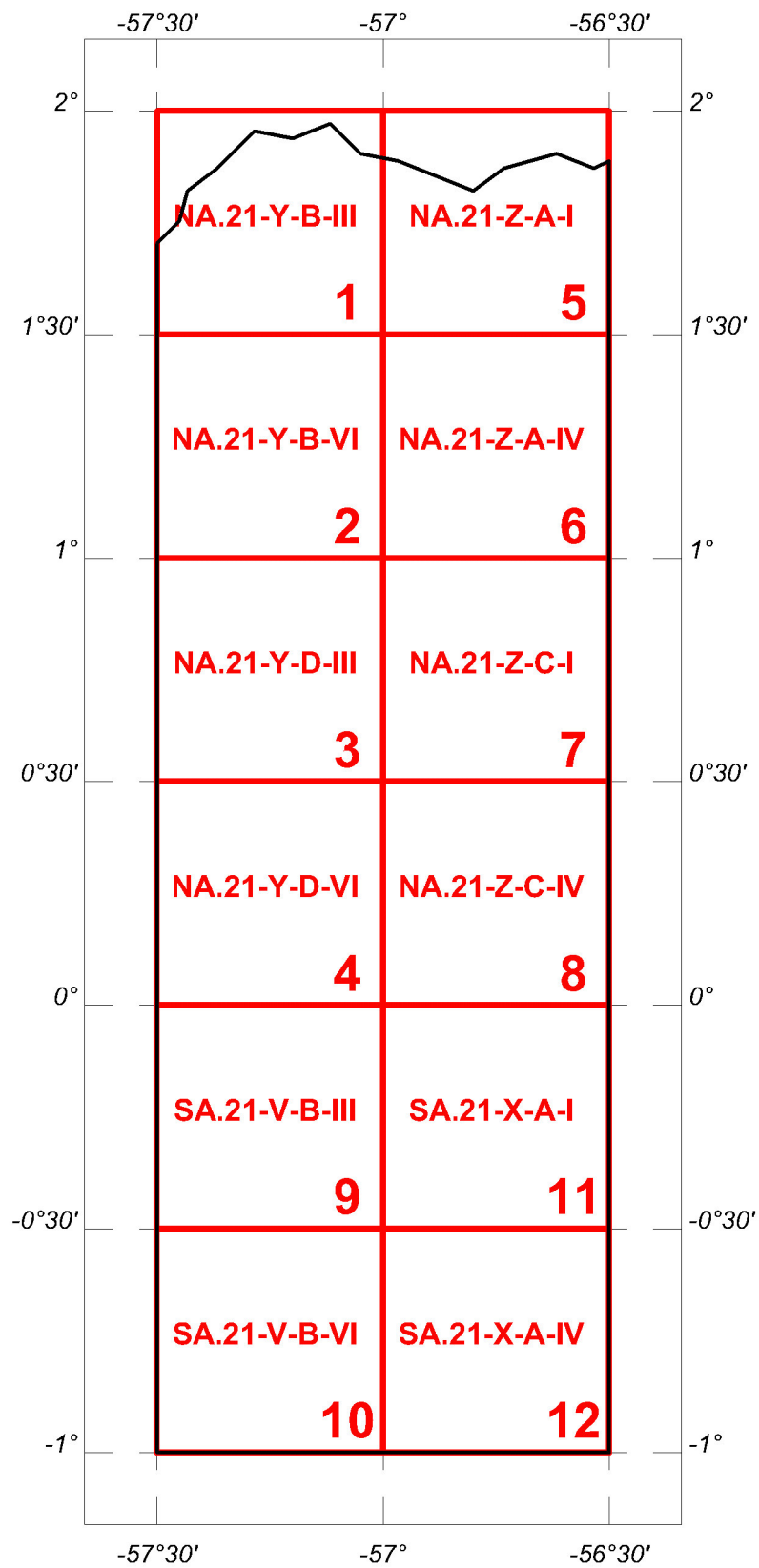


Figura 11 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000

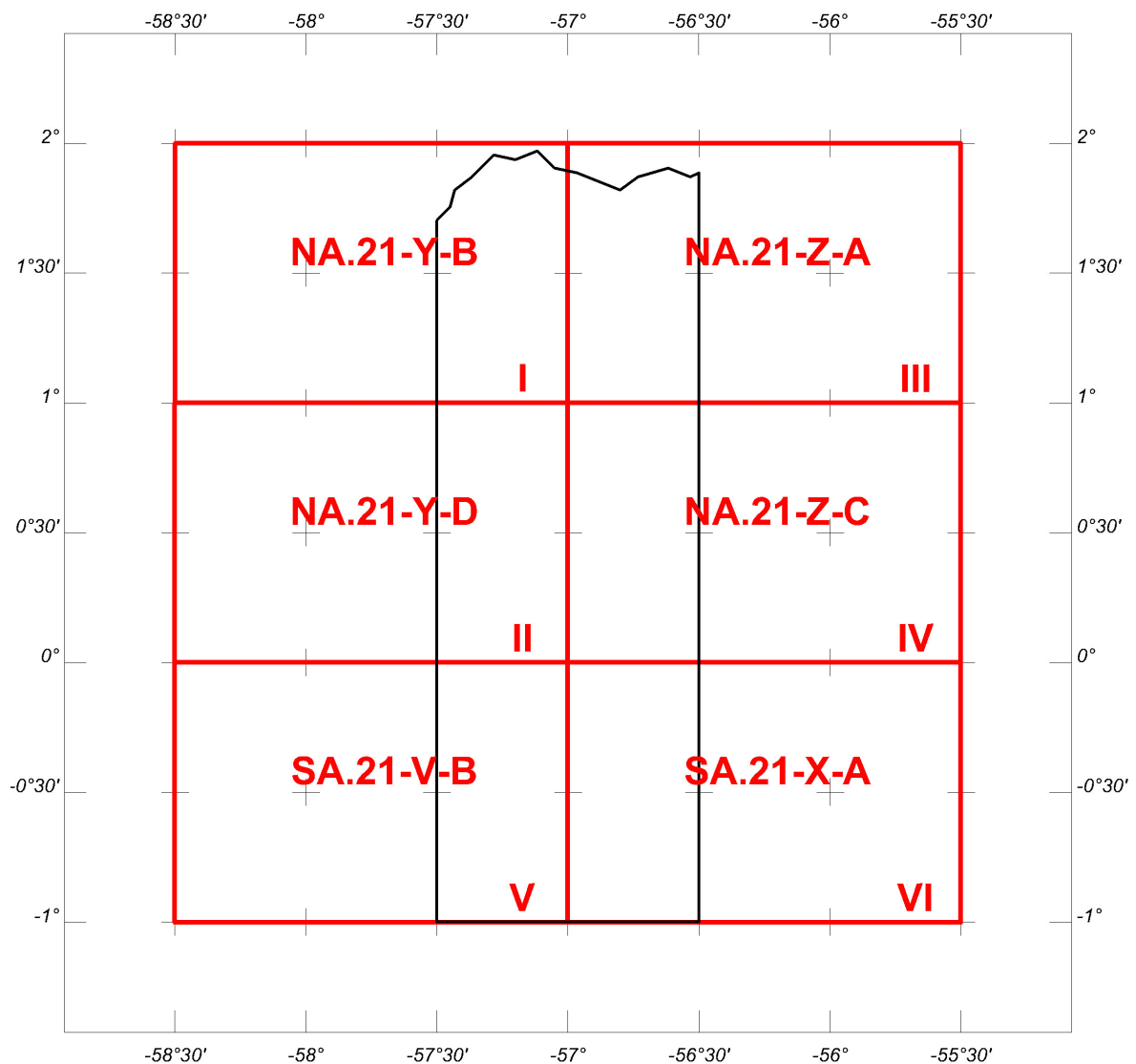


Figura 12 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000

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

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

Na escala 1:500.000, os mapas magnetométricos foram elaborados na forma de pseudo-iluminação projetada perpendicularmente às estruturas principais definidas pela magnetometria. Foram adotados os ângulos de 345° para azimute e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 13 e 14 respectivamente, com escala reduzida para tamanho A-4.

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

Os mapas radiométricos foram elaborados a partir das concentrações aparentes dos canais radiométricos de potássio, urânio, tório e contagem total. Nos mapas de escalas 1:100.000 e 1:250.000 a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno. Na escala 1:500.000 as curvas de contorno não são apresentadas.

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

O mapa do canal radiométrico de Contagem Total, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 15.

5.3 Mapa Radiométrico Ternário

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

O mapa radiométrico ternário, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 16.

5.4 Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K

Os mapas das razões foram elaborados a partir das razões das concentrações dos canais radiométricos de potássio, urânio e tório. Nos mapas de escalas 1:100.000 e 1:250.000 a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno. Na escala 1:500.000 as curvas de contorno não são apresentadas.

O mapa radiométrico da razão tório/potássio, também elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 17. Os valores dos intervalos de contorno utilizados nos mapas das razões estão definidos na tabela 22.

5.5 Relatório Final

O relatório final está sendo apresentado em 17 volumes (Volume I - Texto Técnico e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Trombetas e dos procedimentos utilizados no levantamento e no processamento dos dados correspondentes, até a elaboração dos mapas finais, conforme descrito anteriormente.

A título de ilustração foi incorporada ao presente relatório a Figura 18 (“Modelo Digital do Terreno”), a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtidos a partir dos dados altimétricos registrados pela aeronave.

Os quadros sinóticos das operações estão sendo apresentados no Anexo III do presente relatório.

O texto deste relatório foi editado por Maria Filipa Perez da Gama. A revisão e edição final estiveram a cargo de Ana Valéria Leite, Secretária Geral.

5.6 Arquivos Digitais Finais

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 10 CD-ROMs. A descrição do conteúdo das informações gravadas nos CD-ROMs está sendo apresentada no Anexo IV. A descrição detalhada do formato dos arquivos XYZ e do padrão da CPRM (perfis e cruzamentos) é apresentada no Anexo V.

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

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

Os *grids* também são apresentados no formato *GEOSOFT*, interpolados em malha quadrada de 250 x 250 m.

A listagem fornecida no Anexo VI apresenta as linhas de vôo numeradas de 10010 a 11140 e de controle numeradas de 19010 a 19332 aprovadas e utilizadas no processamento, organizadas por ordem crescente de numeração.

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

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Este	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
MAGB	Campo Magnético Bruto	nT
MAGC	Campo Magnético Compensado	nT
MAGR	Campo Magnético Reduzido IGRF	nT
DIURNAL	Variação Magnética Diurna	nT
ALT_BAR	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de Vôo	m
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais

Tabela 23 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Magnetometria

Campo	Descrição	Unidade
X	Coordenada UTM Este	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
THC	Tório Corrigido	cps
UC	Urânio Corrigido	cps
KC	Potássio Corrigido	cps
CTC	Contagem Total Corrigida	cps
TH_PPM	Concentração de Tório	ppm
U_PPM	Concentração de Urânio	ppm
K_PERC	Concentração de Potássio	%
CT_MRH	Taxa de Exposição da Contagem Total	μ R/h
ALTURA	Altitude Barométrica	m
ALT_GPS	Altura de Vôo	m
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais

Tabela 24 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) - Gamaespectrometria

5.7 Produtos Originais

Os originais obtidos no levantamento, tais como fitas de vídeo e fitas originais, contendo dados brutos e os registros analógicos permanecerão sob a guarda e conservação da LASA, conforme determina a portaria N° 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

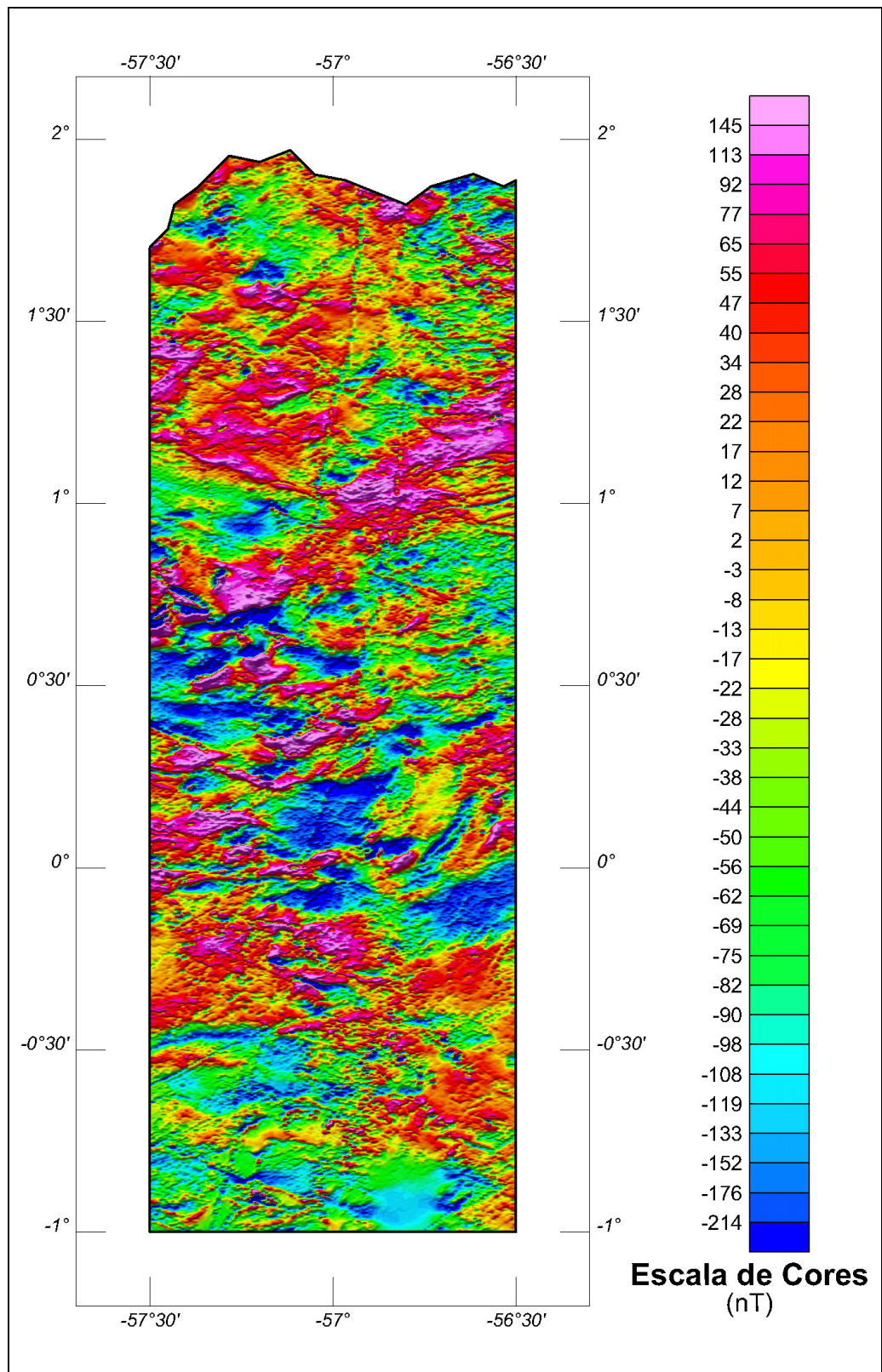


Figura 13 – Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)
(Azimute da Fonte Luminosa: 345° ; Inclinação: 45°)

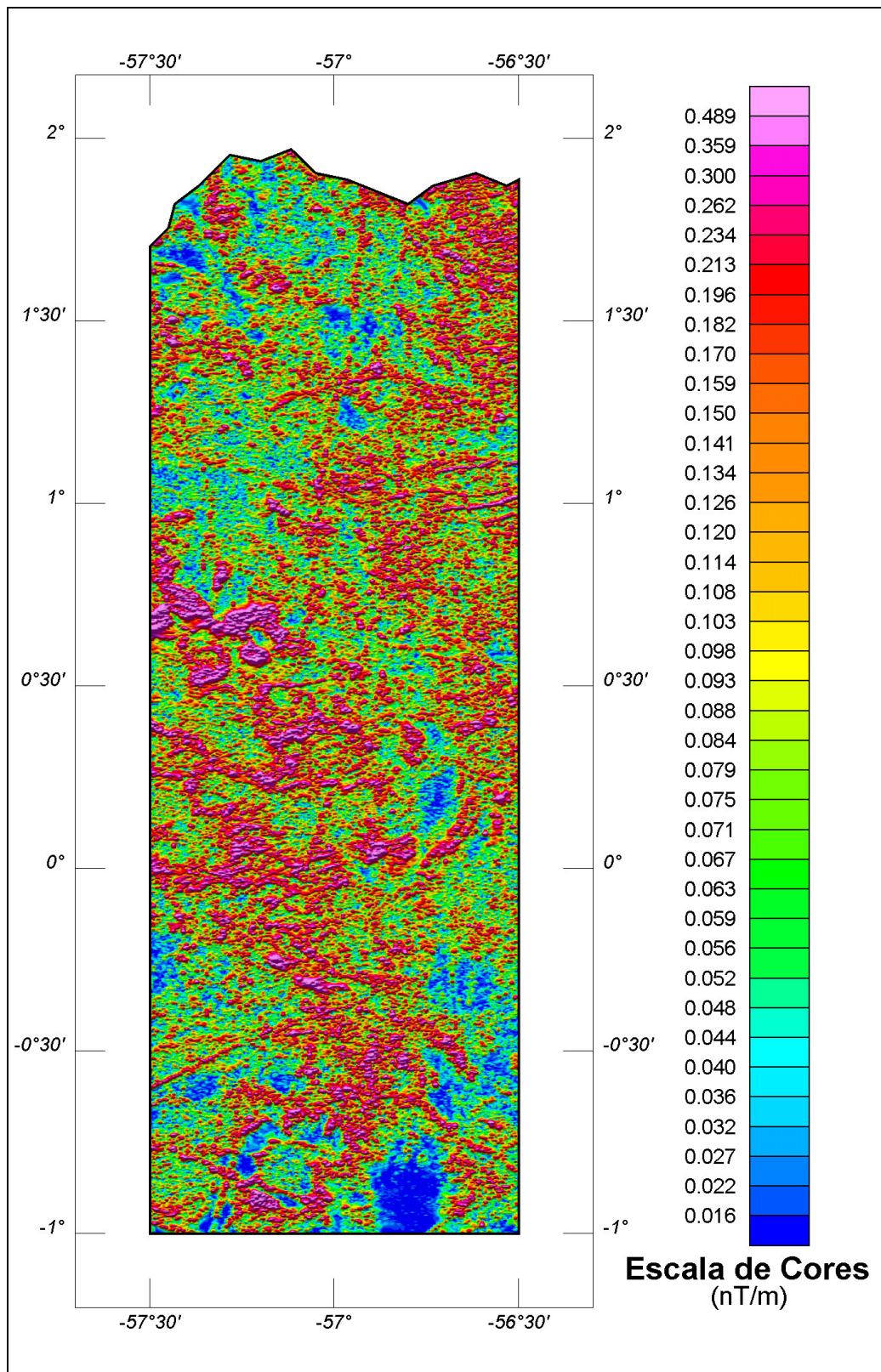


Figura 14 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)
(Azimute da Fonte Luminosa: 345°; Inclinação: 45°)

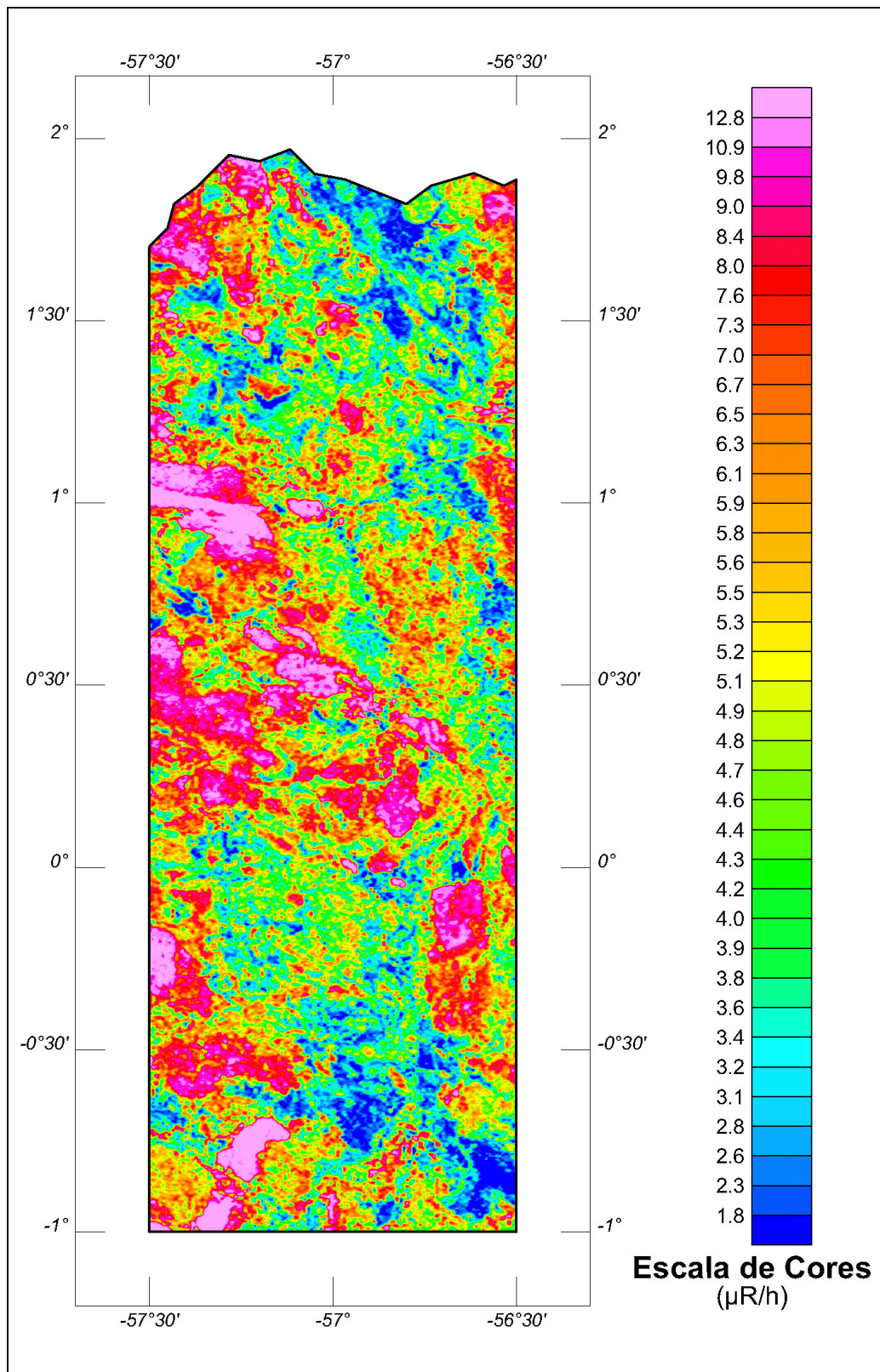


Figura 15 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total

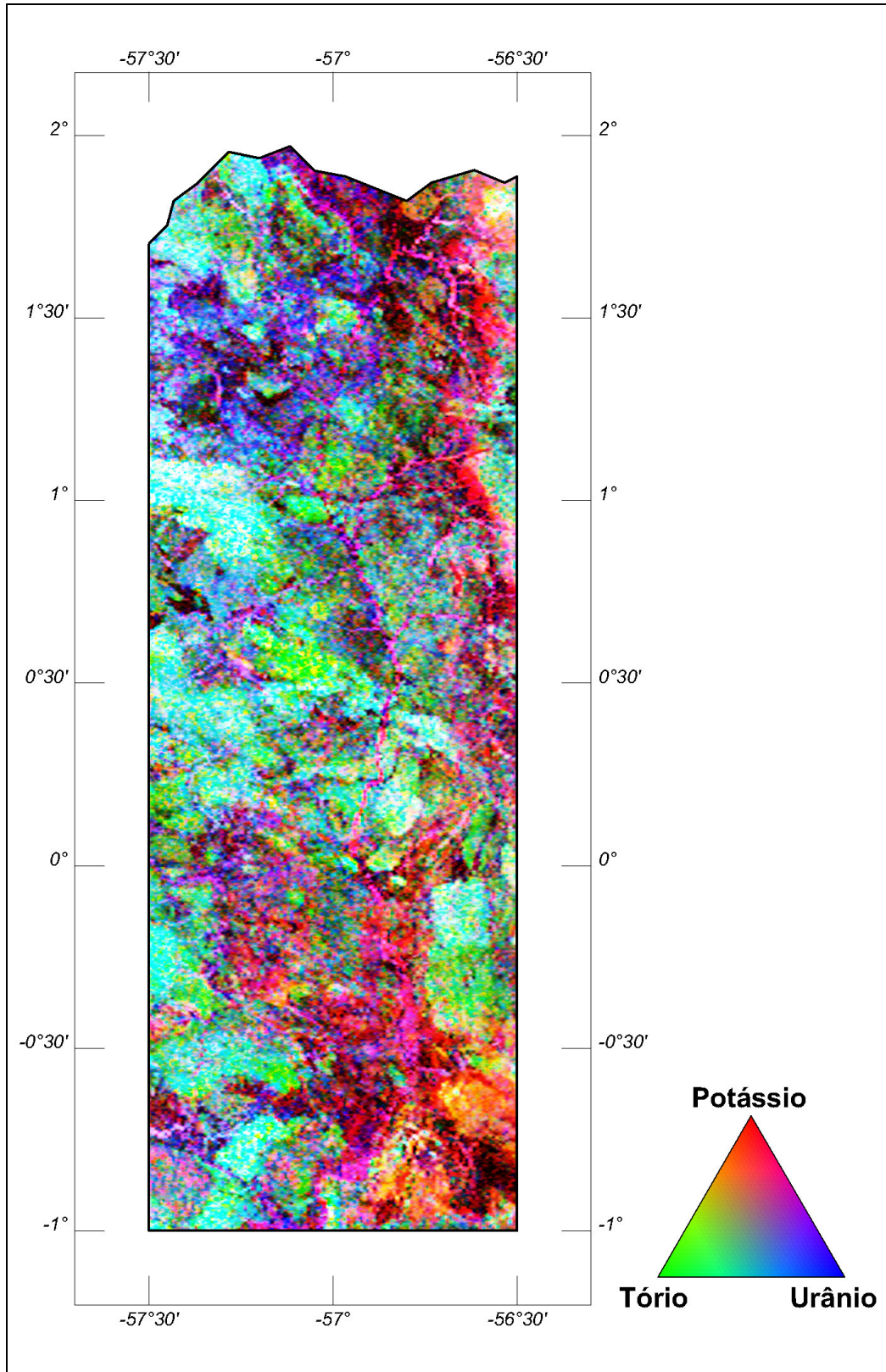


Figura 16 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th)

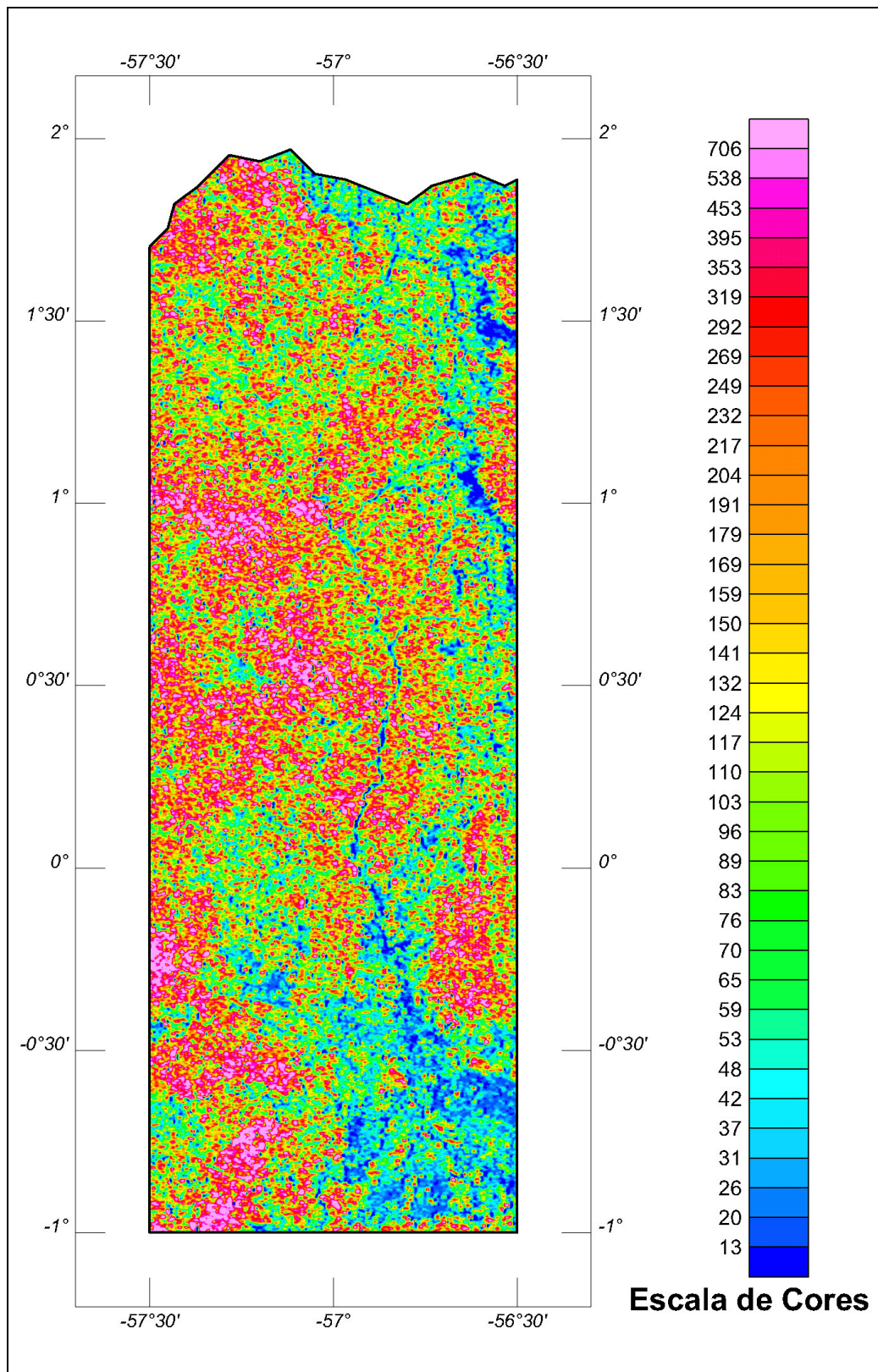


Figura 17 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio

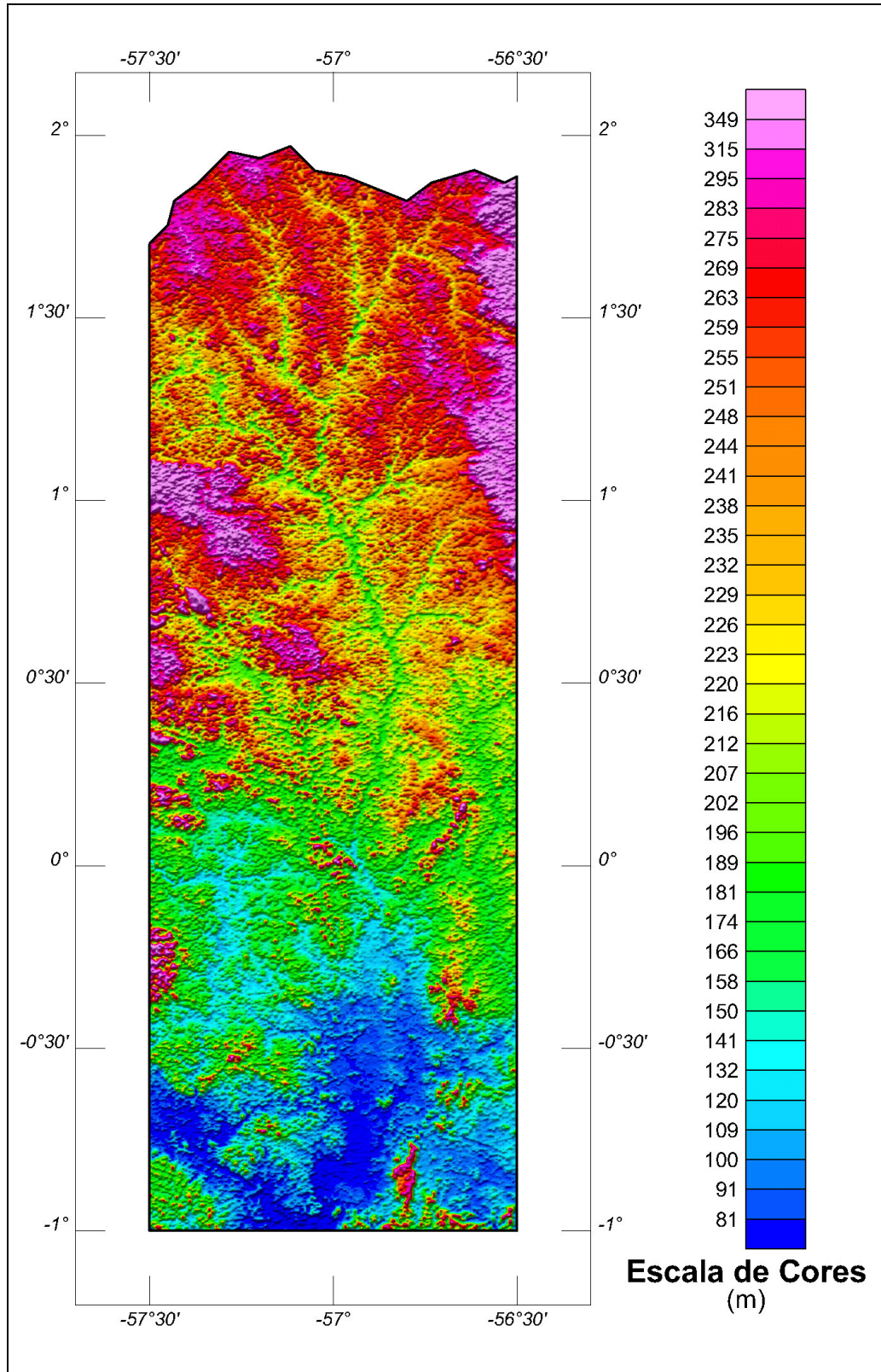


Figura 18 – Mapa do Modelo Digital do Terreno
(Azimute da Fonte Luminosa: 345°; Inclinação: 45°)

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:

Cristiane Silva de Souza	Geóloga	SUREG-BE
José Farias de Oliveira	Geólogo	RESIDÊNCIA DE FORTALEZA
Ludwig Zellner	Assistente Especializado	DIGEOF/RJ

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

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

ANEXO I-a

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS
CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-a.1

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

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
29 DE JUNHO DE 2004

Flight Log – Magnetometry & Spectrometry

Flight ___PADS
Base ___RJ_____
Aircraft _PT-FZN_

Job ___TESTE___
Client ___CPRM___
Pilot _____

Date 29/06/2004
Area _____
Operator: ROBERTO CLAUDIO

	GR-820	BOX A	BOX B	BOX C	ROI	ELEMENT	CHANNEL	STAB
S/N	8262	2606	2625	2525	1	TOTAL COUNT	34-233	---
CAL					2	POTASSIUM	115-131	122
ADC	128				3	URANIUM	139-155	147
					4	THORIUM	202-233	218
					8	URANIUM UP	139-155	---

Detector Crystals Resolution

AMPLIFIER A			AMPLIFIER B			AMPLIFIER C		
XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN
A1	5.3	113	B1	5.4	75	D1 UP	9.1	119
A2	5.9	117	B2	4.9	126	D2 UP	9.3	116
A3	5.7	118	B3	4.6	109	D3	4.9	91
A4	5.0	111	B4	4.7	116	D4	4.8	114

TOTAL	DOWN	UP
CANAL	218.0	55.1
FWHM	5.1	9.3

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

SAMPLE TEST			I N I T I A L		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	6442	08:59	6634	09:01
11100	U	6759	09:05	6946	09:08
11200	BG	7066	09:10	7254	09:14

SAMPLE TEST			F I N A L		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	23324	13:34	23507	13:42
11100	U	23576	13:43	23800	13:47
11200	BG	24018	13:50	24228	13:53

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-a.2

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

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
16 DE DEZEMBRO DE 2004

Flight Log – Magnetometry & Spectrometry

Flight ___PADS Job ___TESTE___ Date 16/12/2004
 Base ___RJ_____ Client ___CPRM___ Area _____
 Aircraft ___PT-FZN_ Pilot _____ Operator: ALMIR/JORGE

	GR-820	BOX A	BOX B	BOX C	ROI	ELEMENT	CHANNEL	STAB
S/N	8262	2606	2625	2525	1	TOTAL COUNT	34-233	---
CAL					2	POTASSIUM	115-131	122
ADC	131				3	URANIUM	139-155	147
					4	THORIUM	202-233	218
					8	URANIUM UP	139-155	---

Detector Crystals Resolution

AMPLIFIER A			AMPLIFIER B			AMPLIFIER C		
XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN
A1	5.5	106	B1	5.5	63	D1 UP	9.3	124
A2	6.4	114	B2	5.2	104	D2 UP	9.4	115
A3	5.9	117	B3	5.1	107	D3	4.8	85
A4	4.9	106	B4	4.8	110	D4	4.8	108

TOTAL	DOWN	UP
CANAL	217.9	55.0
FWHM	5.1	9.6

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

SAMPLE TEST			I N I T I A L		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	44760	12:26	44880	12:28
11100	U	44940	12:29	45060	12:31
11200	BG	45120	12:32	45240	12:34

SAMPLE TEST			F I N A L		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	59820	16:37	59940	16:39
11100	U	60000	16:40	60120	16:42
11200	BG	59640	16:34	59760	16:36

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-a.3

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

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-WQT

RIO DE JANEIRO-RJ
31 DE AGOSTO DE 2004

Flight Log – Magnetometry & Spectrometry

Flight PADS Job Date 31/08/2004
 Base RJ Client CPRM Area
 Aircraft PT-WQT Pilot Operator: ALMIR MOURA

	GR-820	BOX A	BOX B	BOX C	ROI	ELEMENT	CHANNEL	STAB
S/N	8234	2653	2617	001	1	TOTAL COUNT	34-233	---
CAL					2	POTASSIUM	115-131	122
ADC	130				3	URANIUM	139-155	147
					4	THORIUM	202-233	218
					8	URANIUM UP	139-155	---

Detector Crystals Resolution

AMPLIFIER A			AMPLIFIER B			AMPLIFIER C		
XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN	XTAL	FWHM	GAIN
A1	5.4	137	B1	5.6	134	D1 UP	9.0	125
A2	5.4	181	B2	5.5	146	D2 UP	8.6	126
A3	4.9	152	B3	5.4	131	D3	5.2	136
A4	5.2	132	B4	5.2	117	D4	4.1	119

TOTAL	DOWN	UP
CANAL	218.1	55.0
FWHM	5.2	9.0

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

SAMPLE TEST			I N I T I A L		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	562	16:12	694	16:14
11100	U	831	16:17	967	16:19
11200	BG	1065	16:21	1192	16:23

SAMPLE TEST			F I N A L		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11000	TH	292	21:02	432	21:04
11100	U	529	21:06	653	21:08
11200	BG	759	21:10	879	21:12

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

ANEXO I-b

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-b.1

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

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
29 DE JUNHO DE 2004

Planilha contendo o resumo das contagens de cada elemento.
Aeronave Cessna 404 - Titan – PT-FZN

Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do *live time*.

Pacote de Cristais #1 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	388,840	90,292	170,958
TH1	Tório	600	455,905	138,877	338,374
U1	Urânio	600	475,812	206,134	179,360
K1	Potássio	600	580,542	90,075	168,810
Pacote de Cristais #2 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	511,464	114,185	214,736
TH2	Tório	600	595,696	175,329	432,681
U2	Urânio	600	625,133	269,027	226,697
K2	Potássio	600	773,507	114,855	214,074
Pacote de Cristais #3 (512 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG3	<i>Background</i>	600	259,541	58,761	108,392
TH3	Tório	600	304,009	86,953	207,791
U3	Urânio	600	313,531	130,559	113,244
K3	Potássio	600	381,041	58,311	106,878
Pacote de Cristais #1 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th	
<i>Background</i>	600	233304	54175	102575	
Tório	600	273543	83326	203024	
Urânio	600	285487	123680	107616	
Potássio	600	348325	54045	101286	

Pacote de Cristais #2 (1,024 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	306878	68511	128841
Tório	600	357418	105197	259609
Urânio	600	375080	161416	136018
Potássio	600	464104	68913	128444
Pacote de Cristais #3 (512 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	155724	35257	65035
Tório	600	182405	52172	124675
Urânio	600	188119	78335	67946
Potássio	600	228625	34987	64127
Pacotes de Cristais #1, #2 e #3 (2,560 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	231969	52648	98817
Tório	600	271122	80232	195769
Urânio	600	282895	121144	103860
Potássio	600	347018	52648	97952

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais 1:

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 1 - PT-FZN

4

600

233304

54175

102575

600

348325

54045

101286

600

285487

123680

107616

600

273543

83326

203024

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 1:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 1 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	233304.	54175.	102575.
K Pad	600.0	348325.	54045.	101286.
U Pad	600.0	285487.	123680.	107616.
T Pad	600.0	273543.	83326.	203024.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.651E+01 (3.733E-01)	1.700E+00 (4.174E-02)	4.900E-01 (1.251E-02)
2.371E-01 (7.726E-02)	2.224E+00 (4.496E-02)	3.303E-01 (7.038E-03)
-2.210E-02 (1.073E-01)	1.343E-01 (1.552E-02)	1.250E+00 (2.081E-02)

INVERSE A-MATRIX:

3.797E-02 (5.412E-04)	-2.858E-02 (5.562E-04)	-7.334E-03 (3.039E-04)
-4.215E-03 (1.413E-03)	4.601E-01 (9.236E-03)	-1.200E-01 (3.092E-03)
1.124E-03 (3.288E-03)	-4.996E-02 (5.008E-03)	8.129E-01 (1.343E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.651E+01 (3.733E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.224E+00 (4.496E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.250E+00 (2.081E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.102E+01 (4.368E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.602E+00 (5.261E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.487E+00 (2.476E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2643 (.0041)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3921 (.0082)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7644 (.0125)

U INTO TH (A = A32/A22): .0604 (.0069)

K INTO TH (B = A31/A11): -.0008 (.0040)

K INTO U (G = A21/A11): .0089 (.0029)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.487E+02 (1.163E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 8.705E+01 (4.953E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.680E+02 (6.861E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais 2:

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 2 - PT-FZN

4

600

306878

68511

128841

600

464104

68913

128444

600

375080

161416

136018

600

357418

105197

259609

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais 2:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 2 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	306878.	68511.	128841.
K Pad	600.0	464104.	68913.	128444.
U Pad	600.0	375080.	161416.	136018.
T Pad	600.0	357418.	105197.	259609.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

3.622E+01 (4.933E-01)	2.224E+00 (5.282E-02)	6.157E-01 (1.524E-02)
4.426E-01 (8.765E-02)	2.973E+00 (5.936E-02)	4.132E-01 (8.460E-03)
2.655E-01 (1.216E-01)	1.950E-01 (1.780E-02)	1.627E+00 (2.672E-02)

INVERSE A-MATRIX:

2.790E-02 (3.830E-04)	-2.052E-02 (3.767E-04)	-5.347E-03 (2.054E-04)
-3.579E-03 (8.705E-04)	3.447E-01 (6.838E-03)	-8.618E-02 (2.168E-03)
-4.123E-03 (2.093E-03)	-3.796E-02 (3.315E-03)	6.259E-01 (1.022E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.622E+01 (4.933E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.973E+00 (5.936E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.627E+00 (2.672E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.238E+01 (5.772E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 3.479E+00 (6.945E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.936E+00 (3.179E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2540 (.0035)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3785 (.0074)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7481 (.0110)

U INTO TH (A = A32/A22): .0656 (.0059)

K INTO TH (B = A31/A11): .0073 (.0034)

K INTO U (G = A21/A11): .0122 (.0024)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 4.568E+02 (1.399E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.097E+02 (5.618E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.105E+02 (7.767E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais 3:

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 3 - PT-FZN

4
600
155724
35257
65035
600
228625
34987
64127
600
188119
78335
67946
600
182405
52172
124675

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais 3:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 3 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	155724.	35257.	65035.
K Pad	600.0	228625.	34987.	64127.
U Pad	600.0	188119.	78335.	67946.
T Pad	600.0	182405.	52172.	124675.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.681E+01 (2.530E-01)	1.055E+00 (2.867E-02)	3.256E-01 (9.254E-03)
1.007E-01 (6.181E-02)	1.379E+00 (2.870E-02)	1.903E-01 (4.784E-03)
-4.593E-02 (8.435E-02)	7.707E-02 (1.207E-02)	7.421E-01 (1.285E-02)

INVERSE A-MATRIX:

5.973E-02 (9.164E-04)	-4.490E-02 (1.021E-03)	-1.469E-02 (6.230E-04)
-4.946E-03 (2.866E-03)	7.397E-01 (1.525E-02)	-1.876E-01 (5.435E-03)
4.211E-03 (6.861E-03)	-7.961E-02 (1.048E-02)	1.366E+00 (2.329E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.681E+01 (2.530E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.379E+00 (2.870E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 7.421E-01 (1.285E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.966E+01 (2.960E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.613E+00 (3.358E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 8.831E-01 (1.529E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2565 (.0054)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4388 (.0109)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7655 (.0158)

U INTO TH (A = A32/A22): .0559 (.0087)

K INTO TH (B = A31/A11): -.0027 (.0050)

K INTO U (G = A21/A11): .0060 (.0037)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.341E+02 (9.023E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 5.685E+01 (3.958E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.067E+02 (5.394E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacotes de cristais 1, 2 e 3:

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 1+2+3 - PT-FZN

4
600
231969
52648
98817
600
347018
52648
97952
600
282895
121144
103860
600
271122
80232
195769

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 1, 2 e 3:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Rio de Janeiro, 29/06/2004 - Caixa 1+2+3 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	231969.	52648.	98817.
K Pad	600.0	347018.	52648.	97952.
U Pad	600.0	282895.	121144.	103860.
T Pad	600.0	271122.	80232.	195769.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.651E+01 (3.731E-01)	1.660E+00 (4.108E-02)	4.771E-01 (1.237E-02)
2.600E-01 (7.619E-02)	2.192E+00 (4.433E-02)	3.113E-01 (6.765E-03)
6.573E-02 (1.053E-01)	1.355E-01 (1.524E-02)	1.206E+00 (2.012E-02)

INVERSE A-MATRIX:

3.801E-02 (5.413E-04)	-2.831E-02 (5.575E-04)	-7.731E-03 (3.136E-04)
-4.283E-03 (1.409E-03)	4.668E-01 (9.373E-03)	-1.188E-01 (3.108E-03)
-1.591E-03 (3.341E-03)	-5.088E-02 (5.167E-03)	8.428E-01 (1.394E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.651E+01 (3.731E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.192E+00 (4.433E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.206E+00 (2.012E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.102E+01 (4.366E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.564E+00 (5.187E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.435E+00 (2.394E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): **0.2581 (0.0041)**

TH INTO K (BETA = A13/A33): **0.3955 (0.0084)**

U INTO K (GAMMA = A12/A22): **0.7572 (0.0126)**

U INTO TH (A = A32/A22): **0.0618 (0.0069)**

K INTO TH (B = A31/A11): **0.0025 (0.0040)**

K INTO U (G = A21/A11): **0.0098 (0.0029)**

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.465E+02 (1.160E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 8.455E+01 (4.882E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.617E+02 (6.728E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-b.2

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

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
16 DE DEZEMBRO DE 2004

Planilha contendo o resumo das contagens de cada elemento.
Aeronave Cessna 404 - Titan – PT-FZN

Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do *live time*.

Pacote de Cristais #1 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	372,054	87,390	165,156
TH1	Tório	600	435,959	132,139	318,113
U1	Urânio	600	452,031	194,822	173,438
K1	Potássio	600	542,497	86,840	163,992
Pacote de Cristais #2 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	425,233	96,892	187.754
TH2	Tório	600	506,220	153,793	384.687
U2	Urânio	600	528,427	235,965	197.320
K2	Potássio	600	657,350	98,553	189.848
Pacote de Cristais #3 (512 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG3	<i>Background</i>	600	254,575	58,317	108.268
TH3	Tório	600	309,857	92,535	219.070
U3	Urânio	600	319,261	137,906	118.680
K3	Potássio	600	388,263	60,178	111.307
Pacote de Cristais #1 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th	
<i>Background</i>	600	223232	52434	99093	
Tório	600	261575	79283	190868	
Urânio	600	271219	116893	104063	
Potássio	600	325498	52104	98395	

Pacote de Cristais #2 (1,024 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	255140	58135	112652
Tório	600	303732	92276	230812
Urânio	600	317056	141579	118392
Potássio	600	394410	59132	113909
Pacote de Cristais #3 (512 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	152745	34990	64961
Tório	600	185914	55521	131442
Urânio	600	191557	82744	71208
Potássio	600	232958	36107	66784
Pacotes de Cristais #1, #2 e #3 (2,560 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	210372	48520	92235
Tório	600	250407	75693	184374
Urânio	600	259944	113739	97888
Potássio	600	317622	49114	93029

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais 1:

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 1 - PT-FZN

4
600
223232
52434
99093
600
325498
52104
98395
600
271219
116893
104063
600
261575
79283
190868

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 1:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 1 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	223232.	52434.	99093.
K Pad	600.0	325498.	52104.	98395.
U Pad	600.0	271219.	116893.	104063.
T Pad	600.0	261575.	79283.	190868.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.358E+01 (3.391E-01)	1.562E+00 (3.901E-02)	4.669E-01 (1.198E-02)
1.716E-01 (7.578E-02)	2.062E+00 (4.190E-02)	3.040E-01 (6.655E-03)
9.035E-02 (1.052E-01)	1.346E-01 (1.520E-02)	1.142E+00 (1.915E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.267E-02 (6.224E-04)	-3.172E-02 (6.352E-04)	-9.003E-03 (3.599E-04)
-3.106E-03 (1.683E-03)	4.958E-01 (9.994E-03)	-1.307E-01 (3.431E-03)
-3.010E-03 (3.973E-03)	-5.592E-02 (5.775E-03)	8.920E-01 (1.482E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.358E+01 (3.391E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.062E+00 (4.190E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.142E+00 (1.915E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.759E+01 (3.968E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 2.413E+00 (4.902E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 1.359E+00 (2.278E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2663 (.0043)
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4090 (.0086)
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7572 (.0130)
U INTO TH (A = A32/A22): .0652 (.0073)
K INTO TH (B = A31/A11): .0038 (.0045)
K INTO U (G = A21/A11): .0073 (.0032)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.362E+02 (1.113E+00) COUNTS/M
U WINDOW : 8.446E+01 (4.861E-01) COUNTS/M
TH WINDOW : 1.623E+02 (6.718E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais 2:

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 2 - PT-FZN

4

600

255140

58135

112652

600

394410

59132

113909

600

317056

141579

118392

600

303732

92276

230812

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais 2:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 2 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	255140.	58135.	112652.
K Pad	600.0	394410.	59132.	113909.
U Pad	600.0	317056.	141579.	118392.
T Pad	600.0	303732.	92276.	230812.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

3.210E+01 (4.399E-01)	2.017E+00 (4.794E-02)	5.923E-01 (1.419E-02)
5.458E-01 (8.102E-02)	2.670E+00 (5.345E-02)	3.860E-01 (7.881E-03)
6.068E-01 (1.140E-01)	1.528E-01 (1.647E-02)	1.471E+00 (2.423E-02)

INVERSE A-MATRIX:

3.168E-02 (4.379E-04)	-2.356E-02 (4.346E-04)	-6.576E-03 (2.376E-04)
-4.655E-03 (1.013E-03)	3.837E-01 (7.628E-03)	-9.883E-02 (2.485E-03)
-1.259E-02 (2.445E-03)	-3.013E-02 (3.765E-03)	6.930E-01 (1.135E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.210E+01 (4.399E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.670E+00 (5.345E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.471E+00 (2.423E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.756E+01 (5.146E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 3.124E+00 (6.253E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 1.750E+00 (2.884E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2625 (.0036)
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4028 (.0075)
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7555 (.0112)
U INTO TH (A = A32/A22): .0572 (.0061)
K INTO TH (B = A31/A11): .0189 (.0035)
K INTO U (G = A21/A11): .0170 (.0025)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.767E+02 (1.266E+00) COUNTS/M
U WINDOW : 9.266E+01 (5.171E-01) COUNTS/M
TH WINDOW : 1.834E+02 (7.247E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais 3:

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 3 - PT-FZN

4
600
152745
34990
64961
600
232958
36107
66784
600
191557
82744
71208
600
185914
55521
131442

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais 3:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 3 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	152745.	34990.	64961.
K Pad	600.0	232958.	36107.	66784.
U Pad	600.0	191557.	82744.	71208.
T Pad	600.0	185914.	55521.	131442.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.851E+01 (2.709E-01)	1.262E+00 (3.182E-02)	4.043E-01 (1.009E-02)
4.397E-01 (6.254E-02)	1.528E+00 (3.146E-02)	2.333E-01 (5.293E-03)
6.045E-01 (8.578E-02)	1.832E-01 (1.268E-02)	8.261E-01 (1.410E-02)

INVERSE A-MATRIX:

5.555E-02 (8.281E-04)	-4.410E-02 (9.309E-04)	-1.473E-02 (5.593E-04)
-1.012E-02 (2.447E-03)	6.854E-01 (1.405E-02)	-1.887E-01 (5.180E-03)
-3.841E-02 (5.839E-03)	-1.197E-01 (9.317E-03)	1.263E+00 (2.138E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.851E+01 (2.709E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.528E+00 (3.146E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 8.261E-01 (1.410E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.166E+01 (3.169E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 1.788E+00 (3.681E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 9.830E-01 (1.678E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2825 (.0050)
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4894 (.0100)
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8257 (.0146)
U INTO TH (A = A32/A22): .1199 (.0080)
K INTO TH (B = A31/A11): .0327 (.0046)
K INTO U (G = A21/A11): .0238 (.0034)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.263E+02 (9.118E-01) COUNTS/M
U WINDOW : 5.569E+01 (3.960E-01) COUNTS/M
TH WINDOW : 1.054E+02 (5.416E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacotes de cristais 1, 2 e 3:

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 1+2+3 - PT-FZN

4
600
210372
48520
92235
600
317622
49114
93029
600
259944
113739
97888
600
250407
75693
184374

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente aos pacotes de cristais 1, 2 e 3:

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

PROGRAM PADWIN

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM	URANIUM	THORIUM
1.17	1.17	1.19

Rio de Janeiro, 16/12/2004 - Caixa 1+2+3 - PT-FZN

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	210372.	48520.	92235.
K Pad	600.0	317622.	49114.	93029.
U Pad	600.0	259944.	113739.	97888.
T Pad	600.0	250407.	75693.	184374.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.473E+01 (3.499E-01)	1.614E+00 (3.961E-02)	4.879E-01 (1.210E-02)
3.855E-01 (7.345E-02)	2.087E+00 (4.227E-02)	3.078E-01 (6.616E-03)
4.339E-01 (1.022E-01)	1.569E-01 (1.483E-02)	1.146E+00 (1.916E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.108E-02 (5.887E-04)	-3.108E-02 (6.102E-04)	-9.140E-03 (3.463E-04)
-5.404E-03 (1.541E-03)	4.931E-01 (9.920E-03)	-1.301E-01 (3.394E-03)
-1.481E-02 (3.675E-03)	-5.572E-02 (5.601E-03)	8.938E-01 (1.482E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.473E+01 (3.499E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.087E+00 (4.227E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.146E+00 (1.916E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.894E+01 (4.094E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 2.442E+00 (4.945E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 1.364E+00 (2.280E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): **0.2685 (.0042)**
TH INTO K (BETA = A13/A33): **0.4257 (.0085)**
U INTO K (GAMMA = A12/A22): **0.7732 (.0127)**
U INTO TH (A = A32/A22): **0.0752 (.0070)**
K INTO TH (B = A31/A11): **0.0175 (.0041)**
K INTO U (G = A21/A11): **0.0156 (.0030)**

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.131E+02 (1.100E+00) COUNTS/M
U WINDOW : 7.760E+01 (4.687E-01) COUNTS/M
TH WINDOW : 1.504E+02 (6.497E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-b.3

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

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-WQT

RIO DE JANEIRO-RJ
31 DE AGOSTO DE 2004

Planilha contendo o resumo das contagens de cada elemento.
Aeronave Cessna 404 - Titan – PT-WQT

Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do *live time*.

Pacote de Cristais #1 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	408,717	91,377	179,191
TH1	Tório	600	462,987	128,921	318,931
U1	Urânio	600	483,255	189,142	185,736
K1	Potássio	600	574,724	91,974	180,721
Pacote de Cristais #2 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	414,860	90,795	180,376
TH2	Tório	600	468,887	127,731	315,531
U2	Urânio	600	481,259	185,395	185,261
K2	Potássio	600	575,709	90,068	178,737
Pacote de Cristais #3 (512 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num, Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG3	<i>Background</i>	600	271,190	64,656	117,207
TH3	Tório	600	290,108	78,282	159,678
U3	Urânio	600	292,558	95,305	117,893
K3	Potássio	600	323,715	64,084	117,098
Pacote de Cristais #1 (1,024 pol ³)			ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th	
<i>Background</i>	600	245230	54826	107514	
Tório	600	277792	77353	191359	
Urânio	600	289953	113485	111442	
Potássio	600	344834	55184	108433	

Pacote de Cristais #2 (1,024 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	248916	54477	108225
Tório	600	281332	76639	189319
Urânio	600	288755	111237	111157
Potássio	600	345425	54041	107242
Pacote de Cristais #3 (512 pol³)				
Pacote de Cristais #3 (512 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	162714	38794	70324
Tório	600	174065	46969	95807
Urânio	600	175535	57183	70736
Potássio	600	194229	38450	70259
Pacotes de Cristais #1, #2 e #3 (2,560 pol³)				
Pacotes de Cristais #1, #2 e #3 (2,560 pol³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	218953	49365	95355
Tório	600	244396	66987	158828
Urânio	600	251414	93968	97778
Potássio	600	294830	49225	95311

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais A:

Rio de Janeiro, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx A
4
600
245230
54826
107514
600
344834
55184
108433
600
289953
113485
111442
600
277792
77353
191359

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, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx A

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	245230.	54826.	107514.
K Pad	600.0	344834.	55184.	108433.
U Pad	600.0	289953.	113485.	111442.
T Pad	600.0	277792.	77353.	191359.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.295E+01 (3.356E-01)	1.458E+00 (3.796E-02)	3.961E-01 (1.155E-02)
3.016E-01 (7.753E-02)	1.877E+00 (3.852E-02)	2.530E-01 (6.089E-03)
4.363E-01 (1.095E-01)	1.037E-01 (1.556E-02)	1.044E+00 (1.774E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.417E-02 (6.559E-04)	-3.382E-02 (7.169E-04)	-8.569E-03 (4.082E-04)
-4.670E-03 (1.917E-03)	5.434E-01 (1.104E-02)	-1.300E-01 (3.645E-03)
-1.801E-02 (4.624E-03)	-3.988E-02 (7.069E-03)	9.748E-01 (1.637E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.295E+01 (3.356E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.877E+00 (3.852E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.044E+00 (1.774E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.685E+01 (3.927E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.197E+00 (4.507E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.242E+00 (2.112E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2424 (.0047)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3796 (.0096)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7764 (.0146)

U INTO TH (A = A32/A22): .0553 (.0082)

K INTO TH (B = A31/A11): .0190 (.0048)

K INTO U (G = A21/A11): .0131 (.0034)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.740E+02 (1.148E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 8.856E+01 (4.949E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.761E+02 (6.959E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais B:

Rio de Janeiro, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx B

4
600
248916
54477
108225
600
345425
54041
107242
600
288755
111237
111157
600
281332
76639
189319

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, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx B

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	248916.	54477.	108225.
K Pad	600.0	345425.	54041.	107242.
U Pad	600.0	288755.	111237.	111157.
T Pad	600.0	281332.	76639.	189319.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.223E+01 (3.284E-01)	1.300E+00 (3.572E-02)	3.963E-01 (1.155E-02)
1.141E-01 (7.690E-02)	1.816E+00 (3.738E-02)	2.492E-01 (6.031E-03)
-7.824E-03 (1.091E-01)	7.193E-02 (1.548E-02)	1.010E+00 (1.724E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.514E-02 (6.769E-04)	-3.191E-02 (7.219E-04)	-9.840E-03 (4.272E-04)
-2.912E-03 (2.032E-03)	5.580E-01 (1.137E-02)	-1.366E-01 (3.823E-03)
5.573E-04 (4.906E-03)	-4.001E-02 (7.450E-03)	1.000E+00 (1.684E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.223E+01 (3.284E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.816E+00 (3.738E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.010E+00 (1.724E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.601E+01 (3.842E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.125E+00 (4.373E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.201E+00 (2.052E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2469 (.0048)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3925 (.0100)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7156 (.0149)

U INTO TH (A = A32/A22): .0396 (.0085)

K INTO TH (B = A31/A11): -.0004 (.0049)

K INTO U (G = A21/A11): .0051 (.0035)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.814E+02 (1.148E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 8.831E+01 (4.928E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.780E+02 (6.971E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais C:

Rio de Janeiro, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx C

4
600
162714
38794
70324
600
194229
38450
70259
600
175535
57183
70736
600
174065
46969
95807

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, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx C

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	162714.	38794.	70324.
K Pad	600.0	194229.	38450.	70259.
U Pad	600.0	175535.	57183.	70736.
T Pad	600.0	174065.	46969.	95807.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

7.261E+00 (1.648E-01)	4.182E-01 (2.059E-02)	1.390E-01 (7.566E-03)
-6.780E-03 (6.432E-02)	5.881E-01 (1.509E-02)	9.312E-02 (3.906E-03)
5.183E-02 (8.687E-02)	6.323E-03 (1.211E-02)	3.175E-01 (7.081E-03)

INVERSE A-MATRIX:

1.378E-01 (3.265E-03)	-9.768E-02 (4.364E-03)	-3.171E-02 (2.941E-03)
5.169E-03 (1.621E-02)	1.702E+00 (4.242E-02)	-5.015E-01 (2.138E-02)
-2.261E-02 (3.783E-02)	-1.795E-02 (5.626E-02)	3.165E+00 (6.626E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 7.261E+00 (1.648E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 5.881E-01 (1.509E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 3.175E-01 (7.081E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 8.496E+00 (1.928E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 6.881E-01 (1.765E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 3.778E-01 (8.427E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2933 (.0123)
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4379 (.0238)
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7111 (.0344)
U INTO TH (A = A32/A22): .0108 (.0206)
K INTO TH (B = A31/A11): .0071 (.0120)
K INTO U (G = A21/A11): -.0009 (.0089)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.602E+02 (8.557E-01) COUNTS/M
U WINDOW : 6.389E+01 (4.107E-01) COUNTS/M
TH WINDOW : 1.164E+02 (5.533E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacotes de cristais A, B e C:

Rio de Janeiro, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx A+B+C
4
600
218953
49365
95355
600
294830
49225
95311
600
251414
93968
97778
600
244396
66987
158828

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, 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, 31/08/2004 - Aeronave PT-WQT (Titan) - Cx A+B+C

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	218953.	49365.	95355.
K Pad	600.0	294830.	49225.	95311.
U Pad	600.0	251414.	93968.	97778.
T Pad	600.0	244396.	66987.	158828.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.748E+01 (2.729E-01)	1.059E+00 (3.098E-02)	3.105E-01 (1.014E-02)
1.364E-01 (7.307E-02)	1.427E+00 (3.009E-02)	1.984E-01 (5.299E-03)
1.599E-01 (1.021E-01)	6.063E-02 (1.441E-02)	7.902E-01 (1.390E-02)

INVERSE A-MATRIX:

5.764E-02 (9.183E-04)	-4.224E-02 (1.044E-03)	-1.204E-02 (6.311E-04)
-3.931E-03 (3.128E-03)	7.110E-01 (1.480E-02)	-1.770E-01 (5.319E-03)
-1.136E-02 (7.465E-03)	-4.601E-02 (1.128E-02)	1.282E+00 (2.211E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.748E+01 (2.729E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 1.427E+00 (3.009E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 7.902E-01 (1.390E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.045E+01 (3.193E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 1.670E+00 (3.520E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 9.403E-01 (1.654E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): **0.2511 (.0058)**
TH INTO K (BETA = A13/A33): **0.3929 (.0117)**
U INTO K (GAMMA = A12/A22): **0.7416 (.0175)**
U INTO TH (A = A32/A22): **0.0425 (.0101)**
K INTO TH (B = A31/A11): **0.0091 (.0058)**
K INTO U (G = A21/A11): **0.0078 (.0042)**

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.385E+02 (1.048E+00) COUNTS/M
U WINDOW : 8.025E+01 (4.670E-01) COUNTS/M
TH WINDOW : 1.569E+02 (6.508E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

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

ANEXO I-c

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-c.1

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*
DA AERONAVE E CÓSMICO

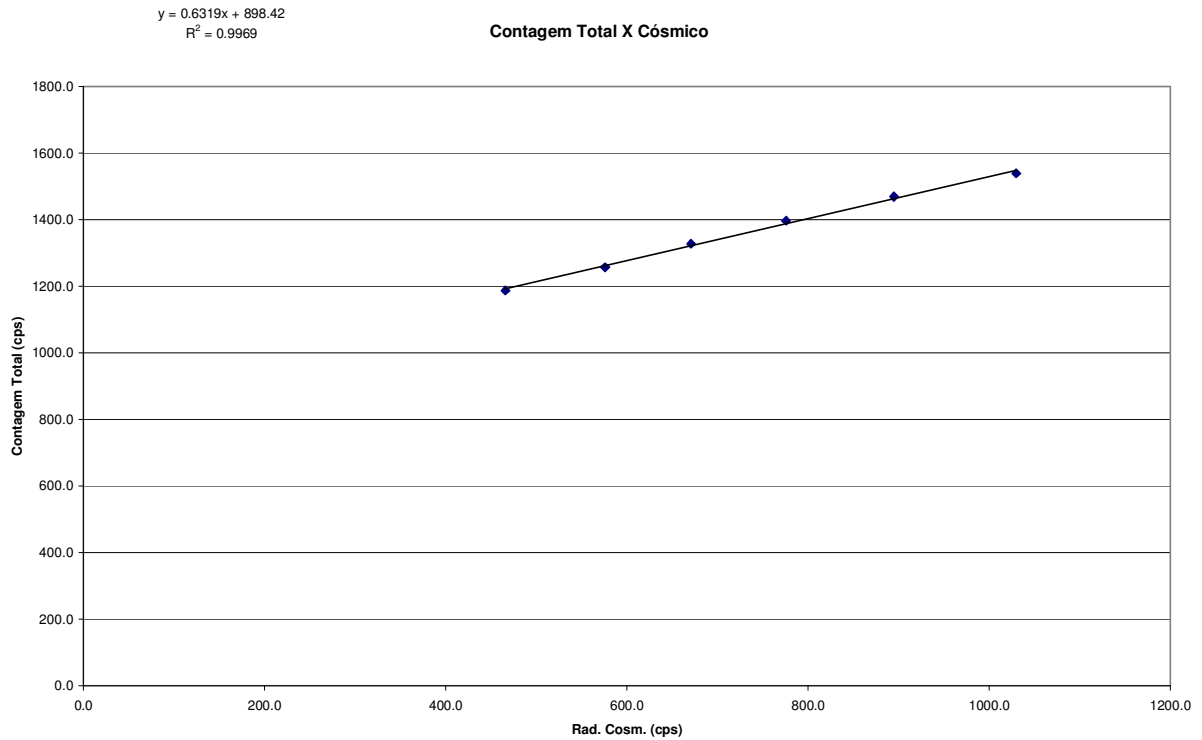
AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
02 DE JULHO DE 2004

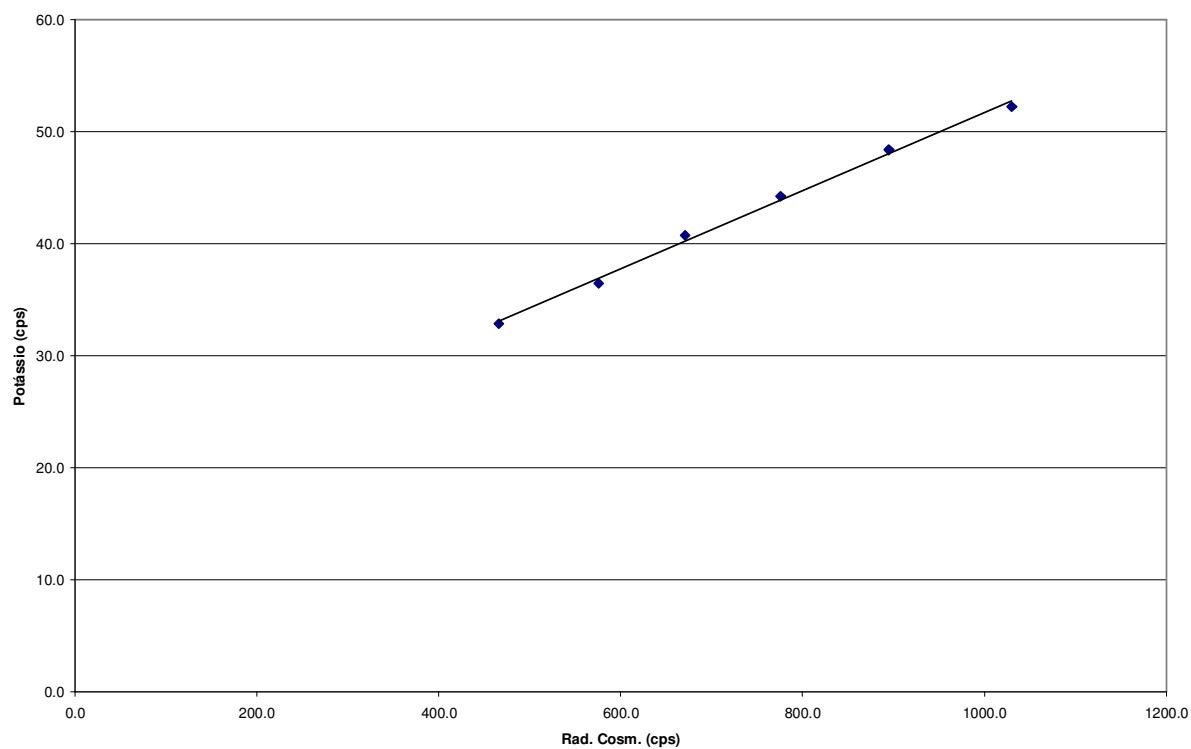
RESULTADO DO VÔO CÓSMICO DA AERONAVE Cessna 404 –Titan – PT-FZN
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol³)
CPRM PROJETO Nº 032/PR/04
Rio de Janeiro-RJ em 02 DE JULHO DE 2004

Altitude (m)	Cósmico (cps)	U (cps)	K (cps)	Th (cps)	Uup (cps)	CT (cps)
1614,6	287,0	15,5	29,6	13,6	3,9	1139,7
2249,8	375,0	15,2	30,7	16,1	4,0	1151,1
2729,4	466,0	16,5	32,9	19,1	4,4	1187,8
3186,0	576,0	19,8	36,5	22,9	5,1	1258,1
3460,1	671,0	22,6	40,7	26,0	6,0	1328,0
3832,3	776,0	25,5	44,2	29,9	6,6	1397,0
4145,2	895,0	29,3	48,4	34,1	7,4	1469,4
4455,9	1030,0	32,7	52,3	38,6	8,0	1539,4



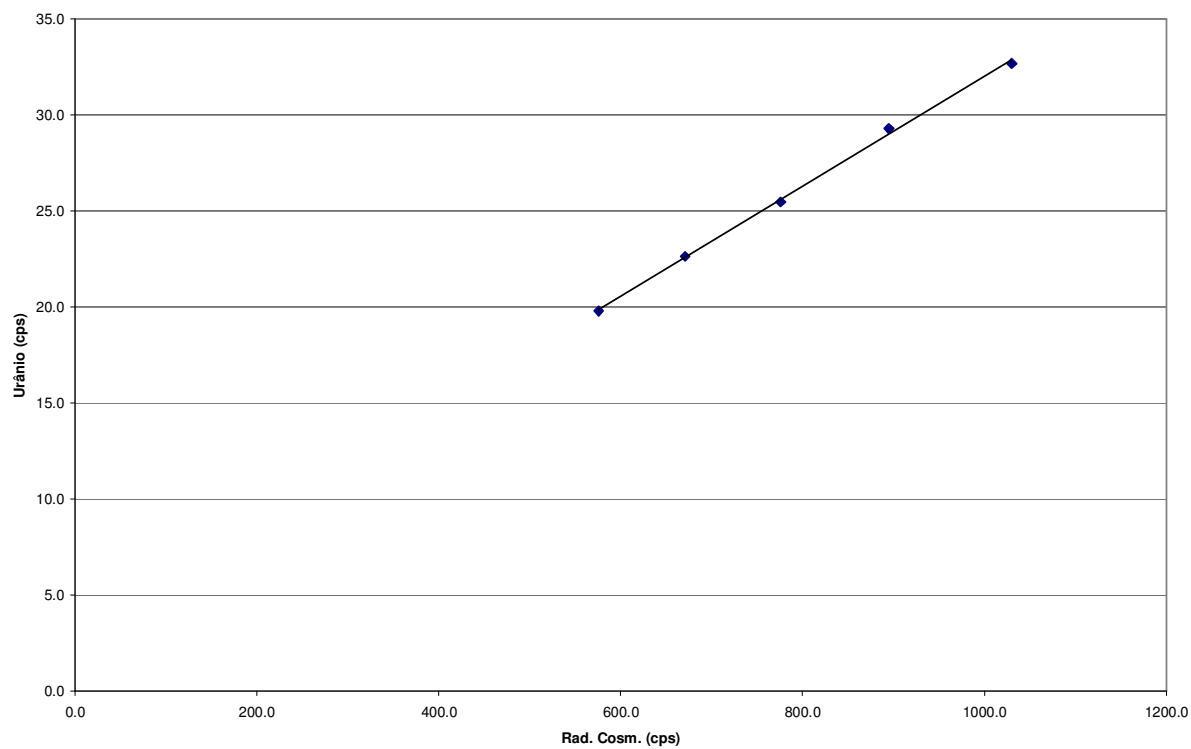
$$y = 0.0349x + 16.81$$
$$R^2 = 0.9963$$

Potássio X Cósmico



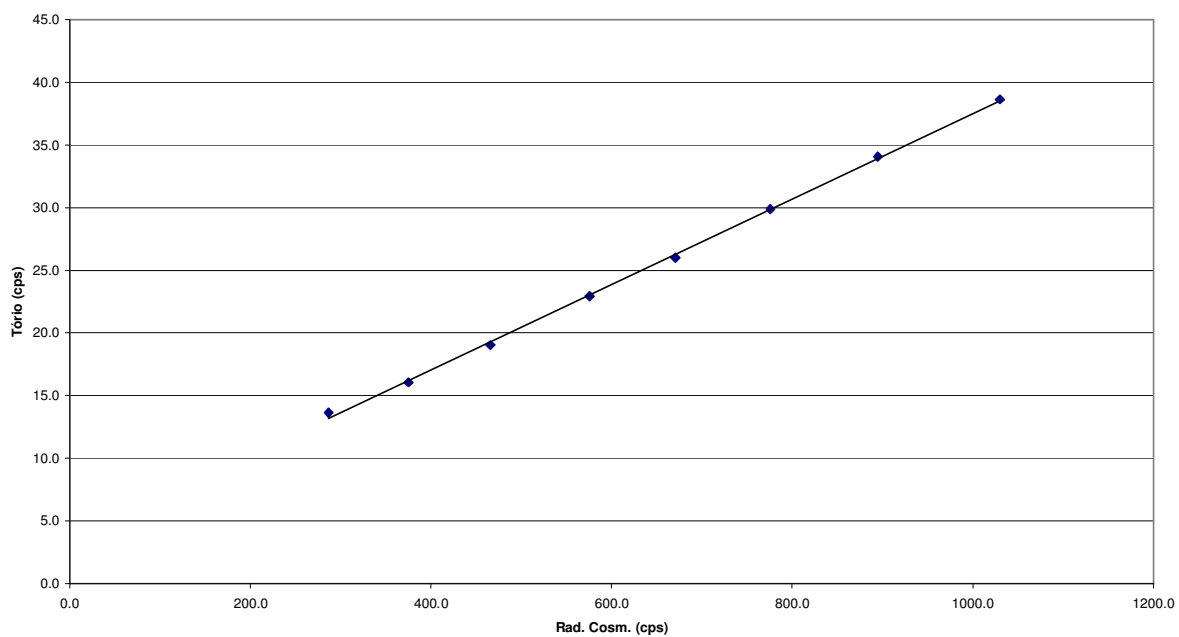
$$y = 0.0287x + 3.3535$$
$$R^2 = 0.9987$$

Urânio X Cósmico



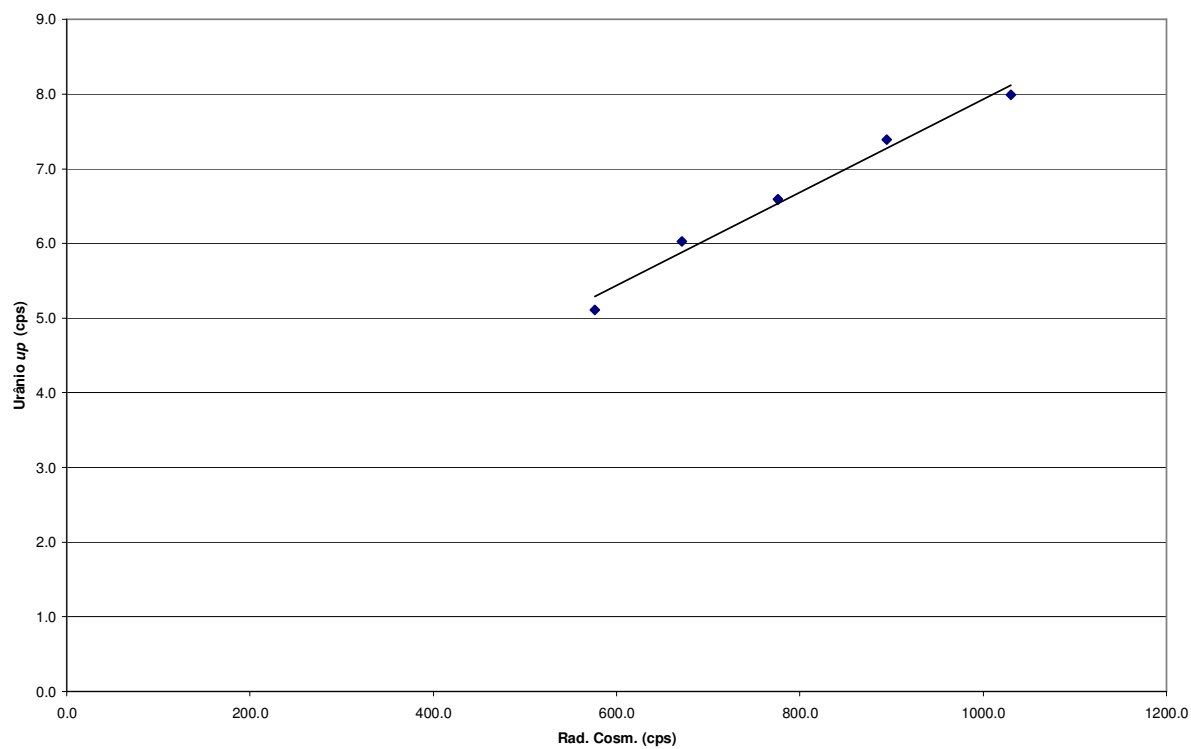
$$y = 0.0341x + 3.3953$$
$$R^2 = 0.9992$$

Tório X C3smico



$$y = 0.0062x + 1.6958$$
$$R^2 = 0.9831$$

Ur3nio "upward" X C3smico



PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-c.2

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*
DA AERONAVE E CÓSMICO

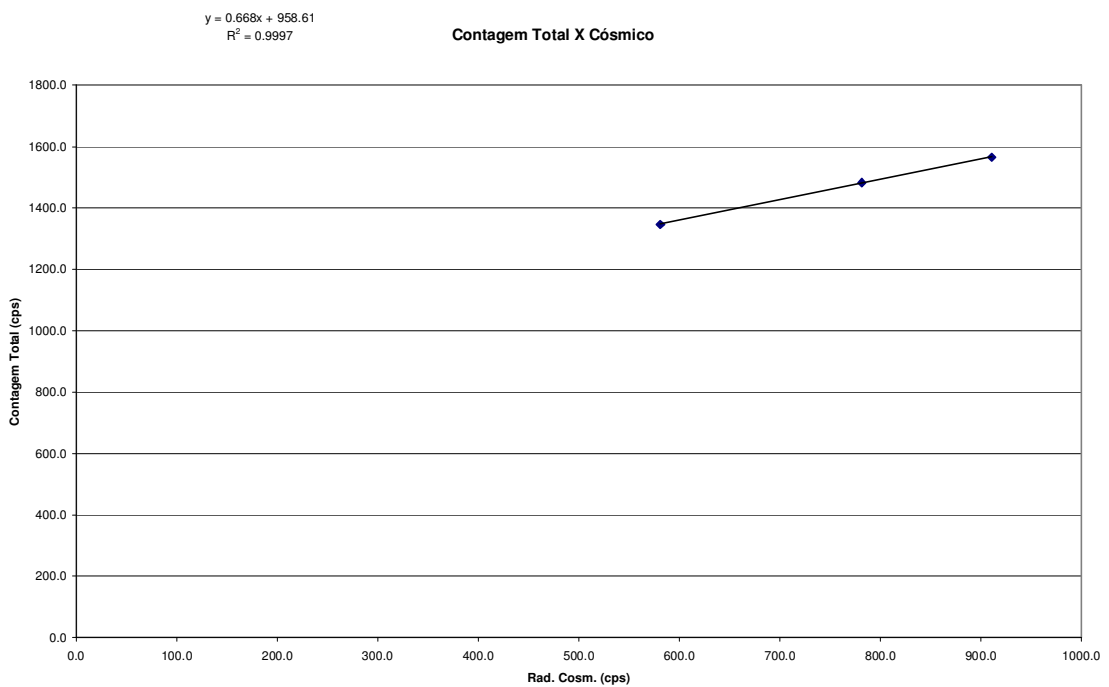
AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

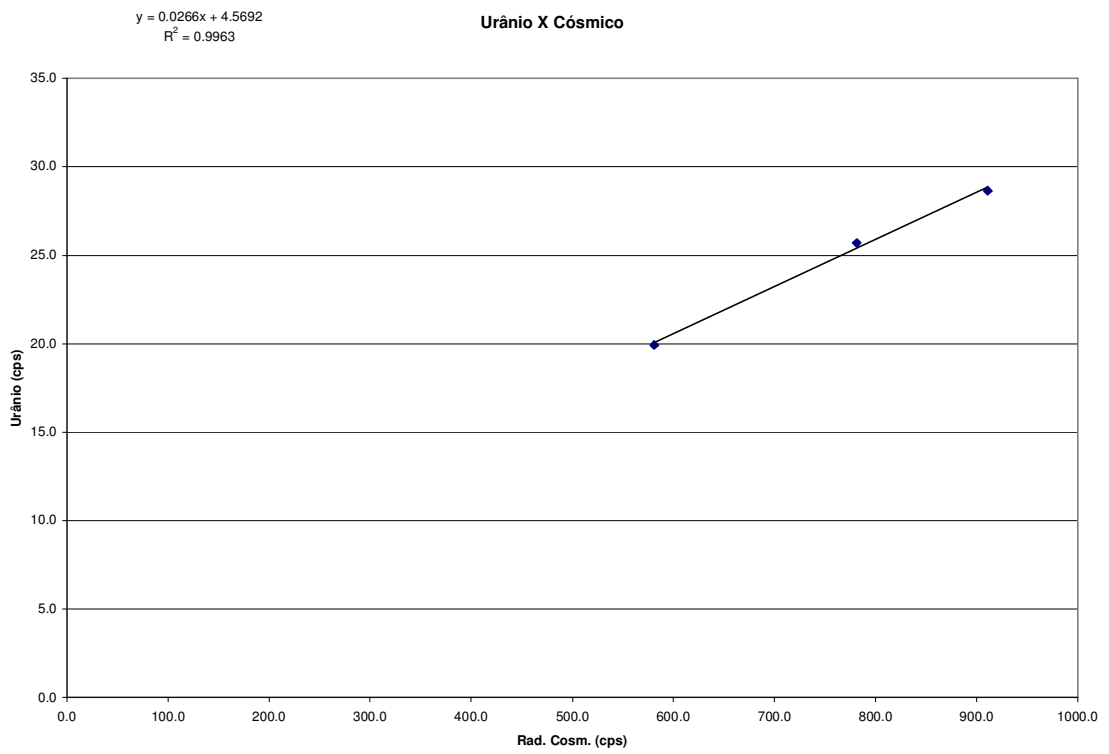
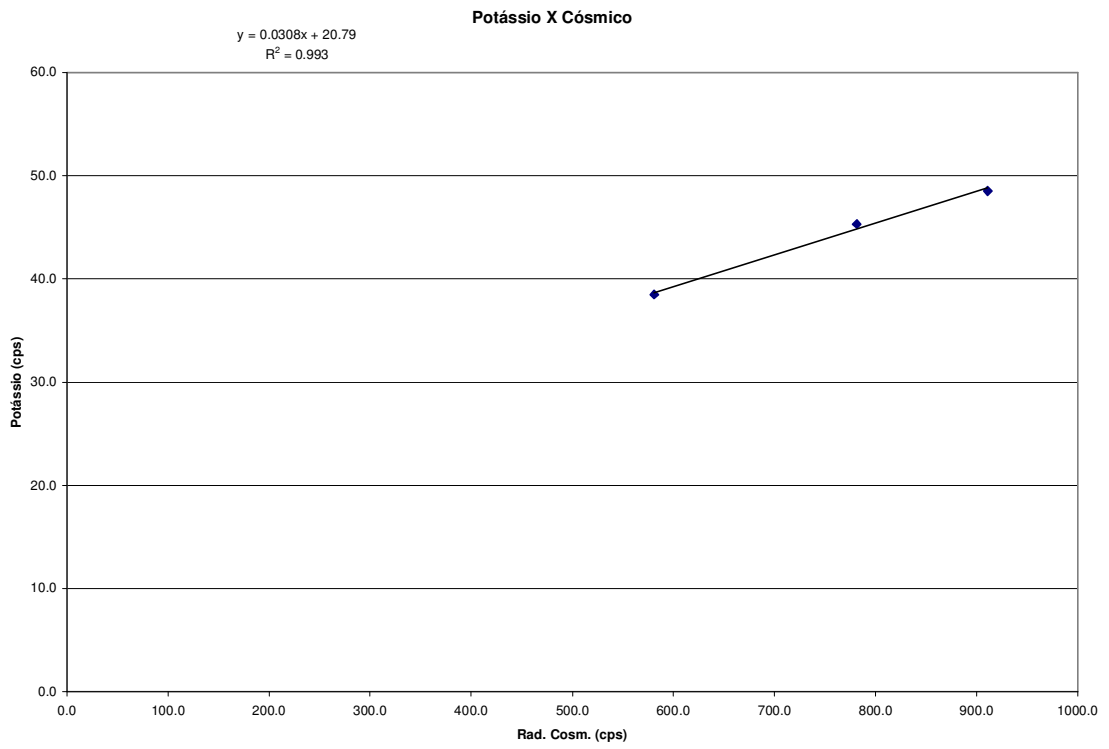
PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
30 DE DEZEMBRO DE 2004

RESULTADO DO VÔO CÓSMICO DA AERONAVE Cessna 404 –Titan – PT-FZN
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol³)
CPRM PROJETO N° 032/PR/04
Rio de Janeiro-RJ em 30 DE DEZEMBRO DE 2004

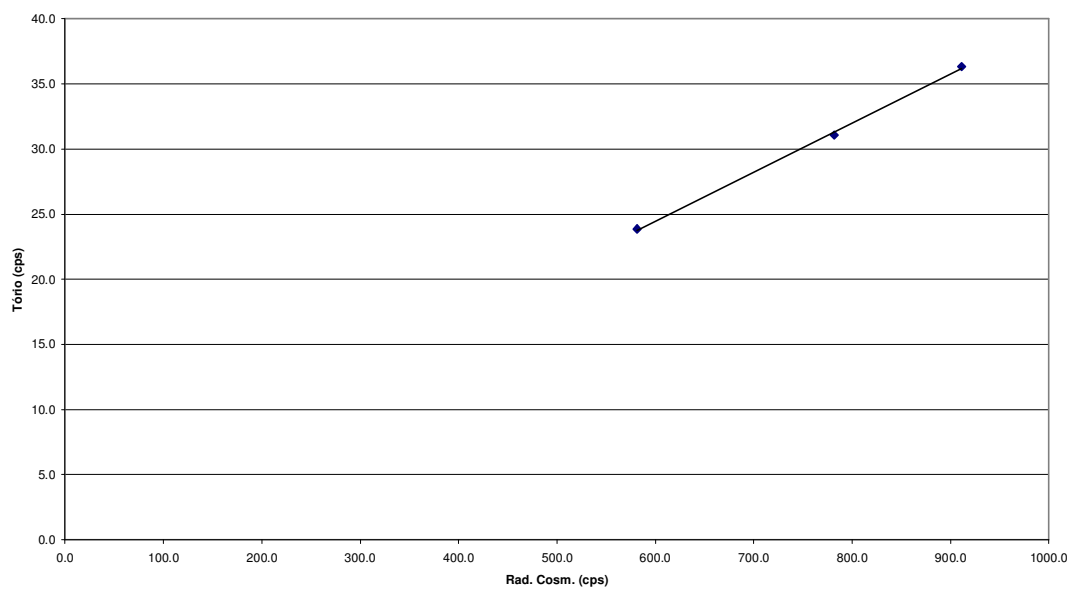
Altitude (m)	Cósmico (cps)	U (cps)	K (cps)	Th (cps)	Uup (cps)	CT (cps)
1117,4	220,3	12,2	27,5	11,6	3,6	1142,0
1765,4	285,7	13,7	29,8	13,8	4,1	1182,3
2414,3	376,5	16,7	33,1	16,8	4,9	1249,8
2738,6	433,5	17,7	34,7	18,9	5,1	1275,5
3393,7	581,3	19,9	38,5	23,9	5,7	1346,0
4047,8	781,5	25,7	45,3	31,1	7,4	1483,0
4389,7	910,8	28,6	48,5	36,3	8,1	1565,7





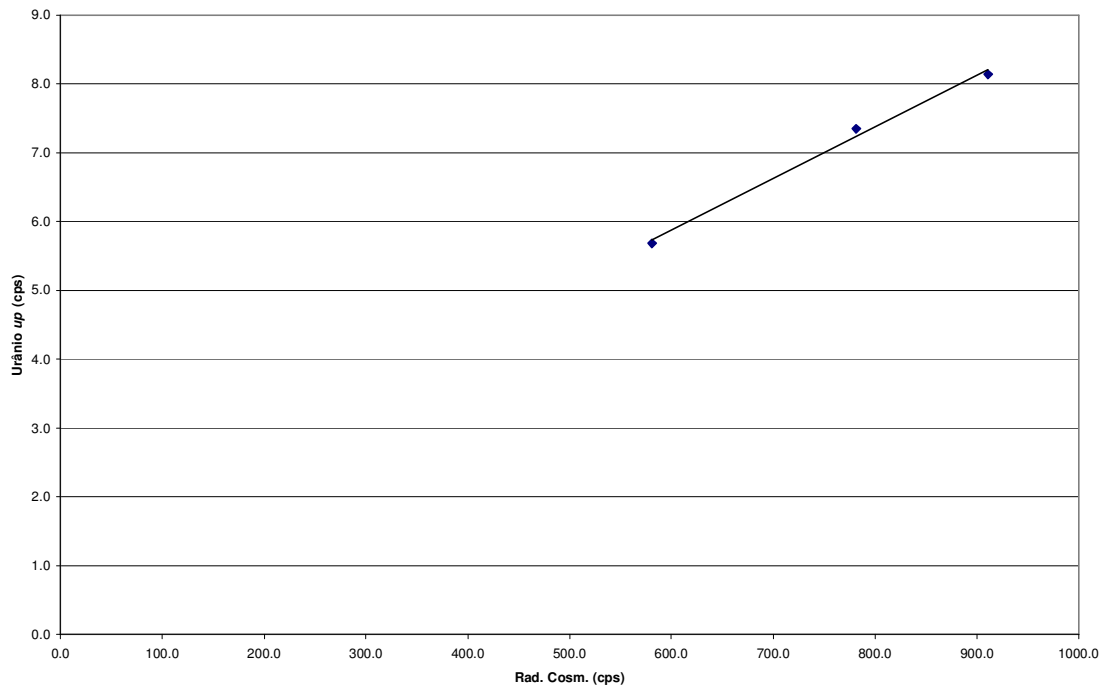
$y = 0.0377x + 1.8858$
 $R^2 = 0.9989$

Tório X C3smico



$y = 0.0075x + 1.3533$
 $R^2 = 0.9936$

Ur3nio "upward" X C3smico



PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-c.3

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

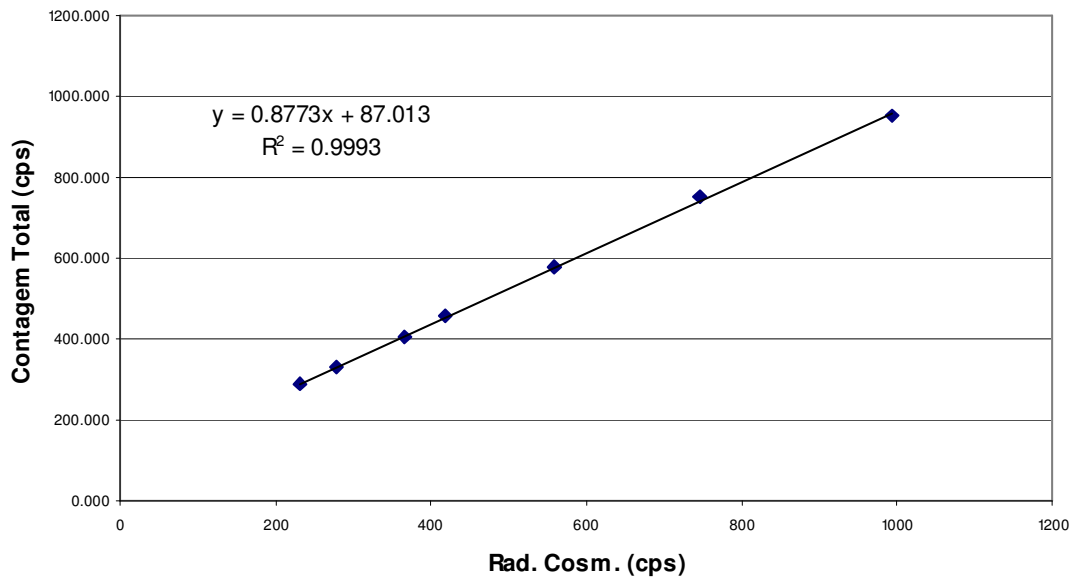
PT-WQT

RIO DE JANEIRO-RJ
15 DE OUTUBRO DE 2004

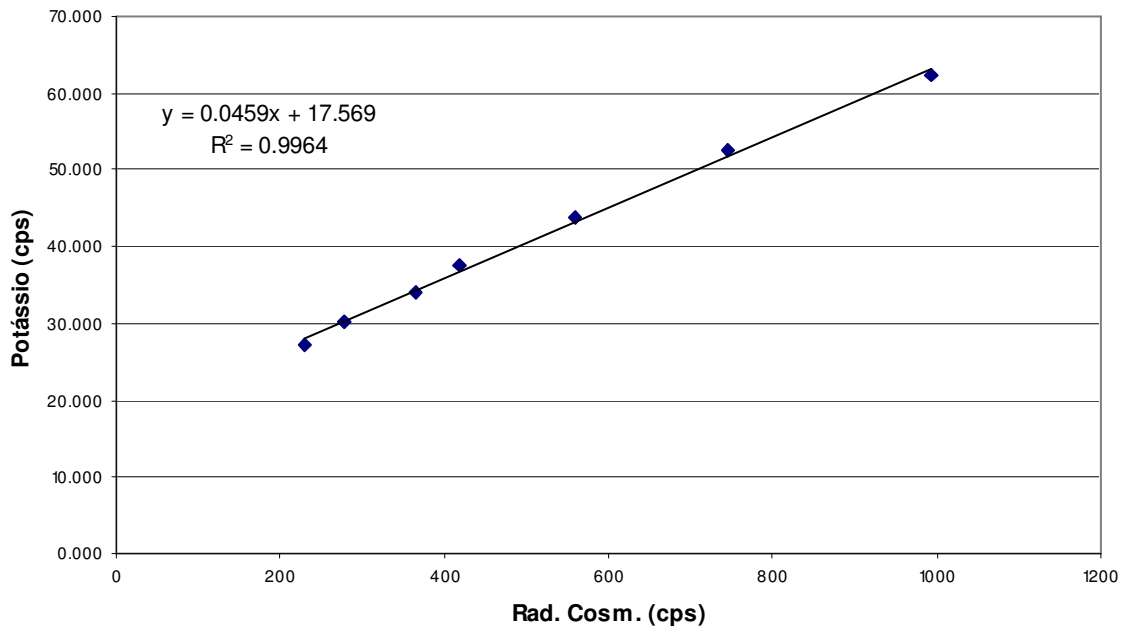
RESULTADO DO VÔO CÓSMICO DA AERONAVE Cessna 404 –Titan – PT-WQT
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol³)
CPRM PROJETO N° 032/PR/04
Porto Seguro-BA, em 15 de Outubro de 2004

Altitude (m)	Cósmico (cps)	U (cps)	K (cps)	Th (cps)	Uup (cps)	CT (cps)
1092,4	231	10,243	27,295	11,361	1,880	286,852
1568,5	279	12,141	30,221	13,168	2,276	329,257
2198,6	365	15,510	34,090	16,184	3,053	403,941
2521,4	419	18,209	37,615	18,953	3,317	457,814
3162,1	558	23,985	43,751	23,945	4,410	580,116
3816,1	746	31,453	52,622	31,256	6,013	752,047
4462,9	994	40,103	62,241	41,071	7,541	950,336

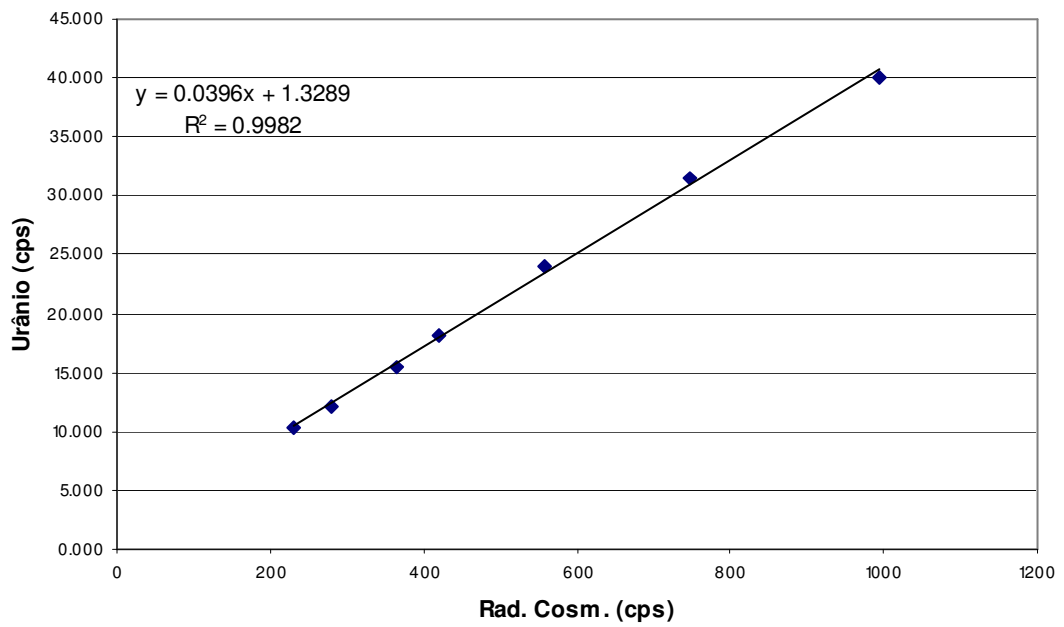
Contagem Total X Cósmico



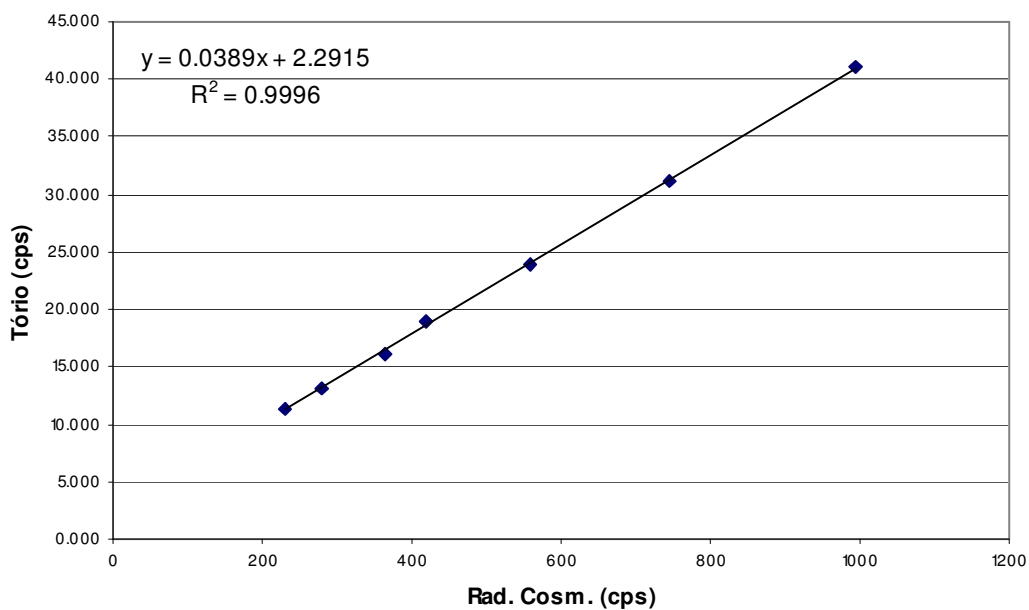
Potássio X Cósmico



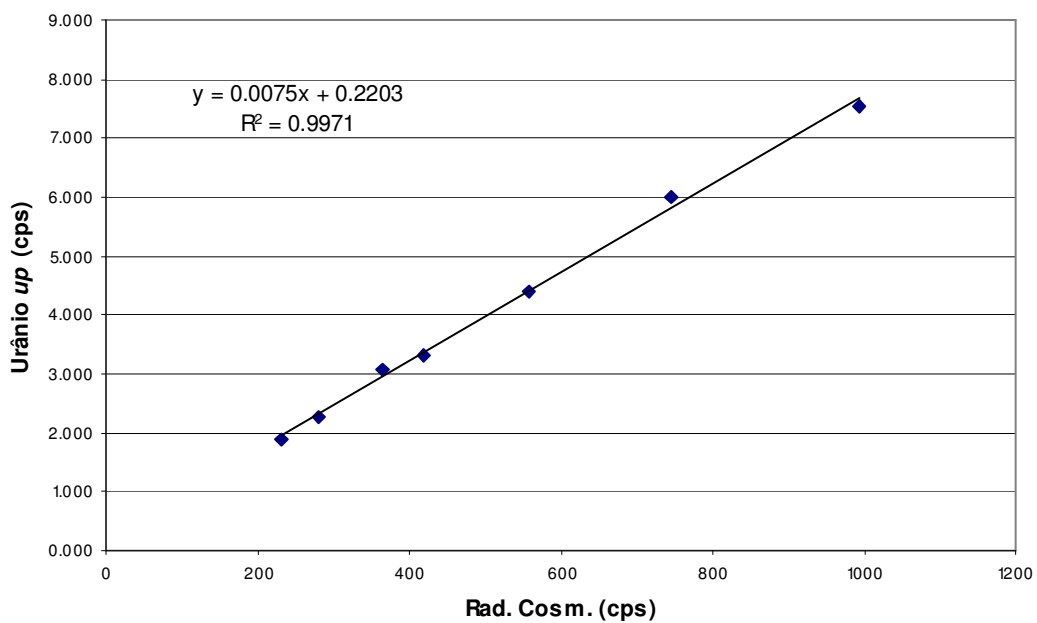
Urânio X Cósmico



Tório X C3smico



Ur3nio "Upward" X C3smico



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

ANEXO I-d

**DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-d.1

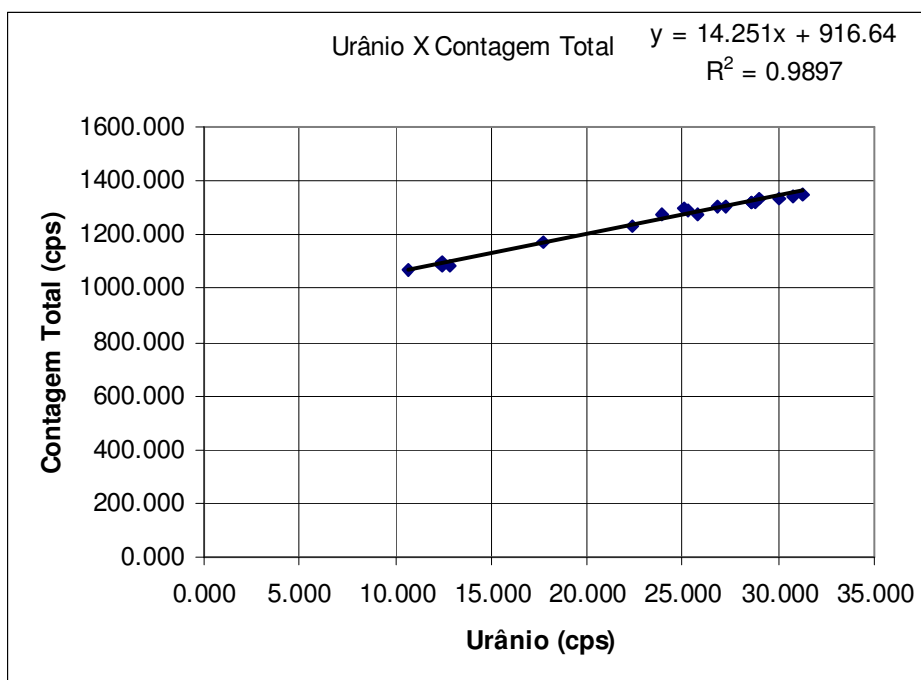
DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

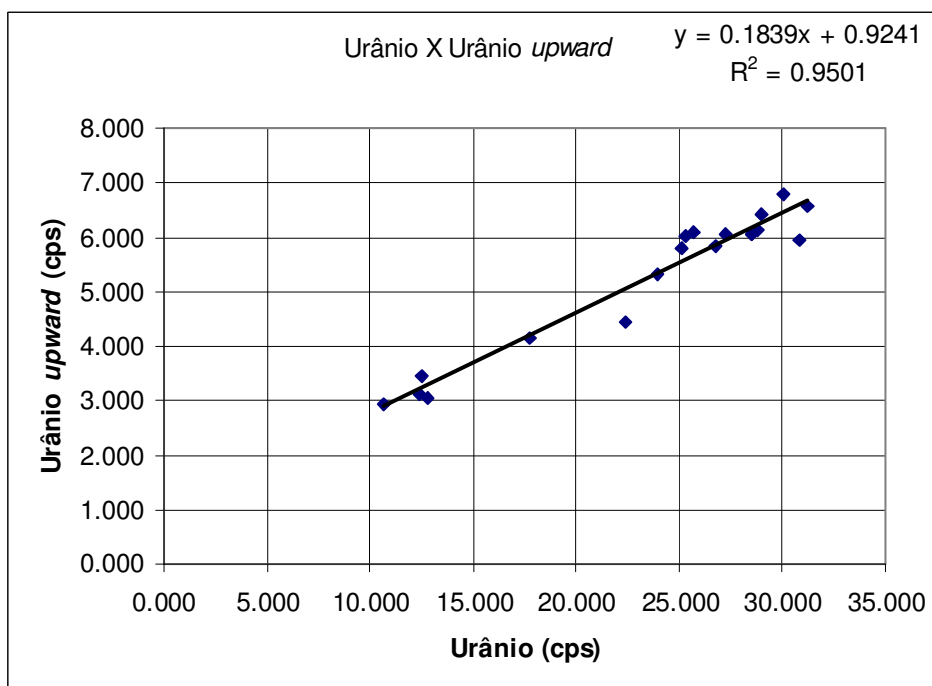
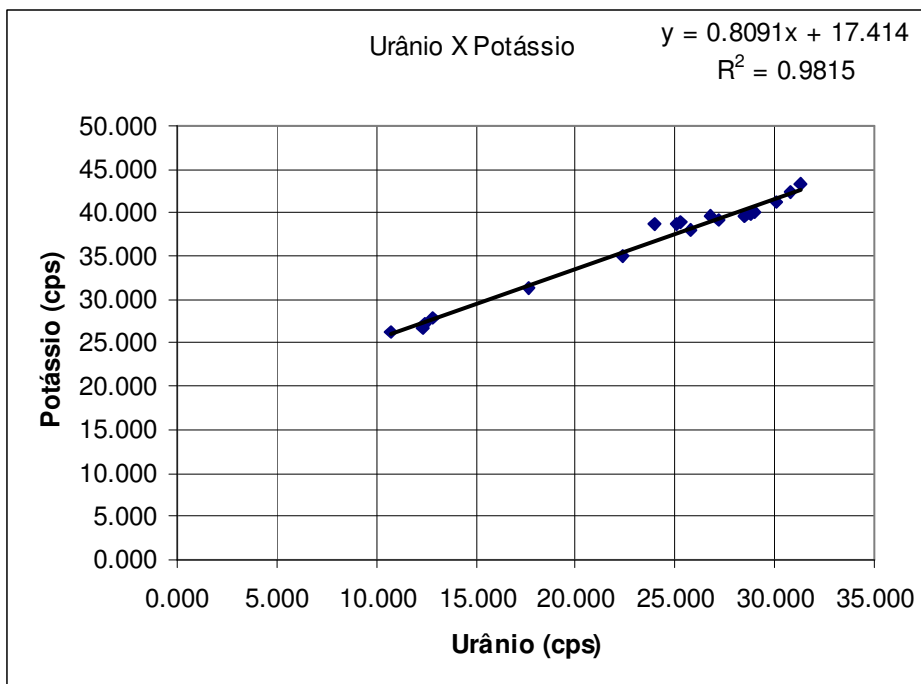
AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

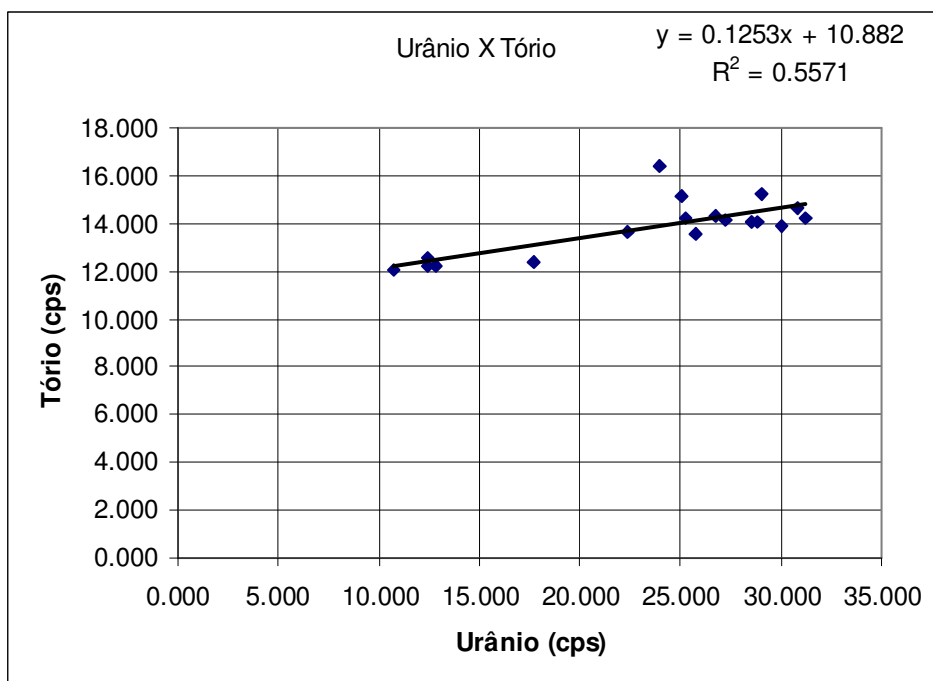
PT-FZN

(Até Voo 28)

Vôo	Urânio	Tório	Urânio <i>up</i>	Potássio	Contagem Total	Cósmico
13	12,801	12,187	3,050	27,960	1086,578	208,324
13	30,056	13,865	6,778	41,244	1336,240	210,111
14	28,531	14,050	6,048	39,693	1320,273	208,302
14	28,531	14,050	6,048	39,693	1320,273	208,302
15	12,385	12,234	3,134	26,775	1085,448	209,871
15	28,993	15,242	6,426	40,160	1337,497	207,911
16	23,961	16,417	5,304	38,721	1276,053	209,898
17	10,710	12,055	2,926	26,160	1068,231	208,261
17	25,734	13,577	6,098	38,121	1277,091	209,399
18	26,774	14,358	5,833	39,713	1304,549	213,995
21	12,474	12,578	3,440	27,304	1097,823	208,840
21	28,802	14,083	6,135	39,939	1319,726	207,783
22	25,274	14,273	6,030	38,935	1290,318	208,899
25	17,699	12,360	4,130	31,427	1172,444	211,143
25	31,245	14,202	6,577	43,384	1351,150	208,337
26	27,225	14,134	6,055	39,145	1302,359	208,376
27	22,401	13,611	4,446	35,005	1233,245	208,541
27	30,785	14,689	5,961	42,295	1344,827	208,020
28	25,081	15,123	5,791	38,822	1297,367	210,638







CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	a_{tc}	14,251
Potássio	a_k	0,8091
Urânio <i>up</i>	a_u	0,1839
Tório	a_t	0,1253

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-d.2

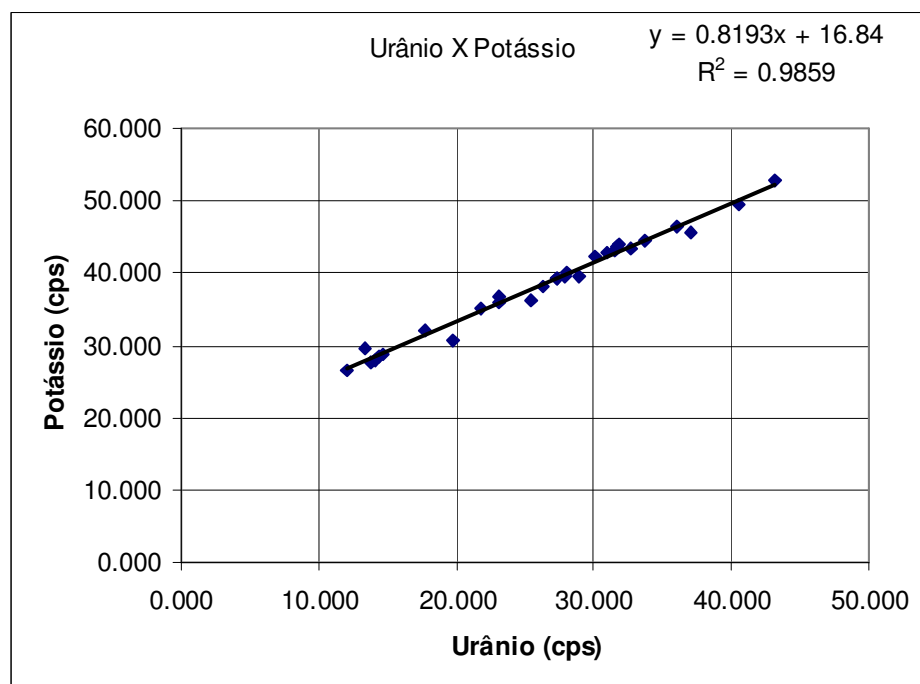
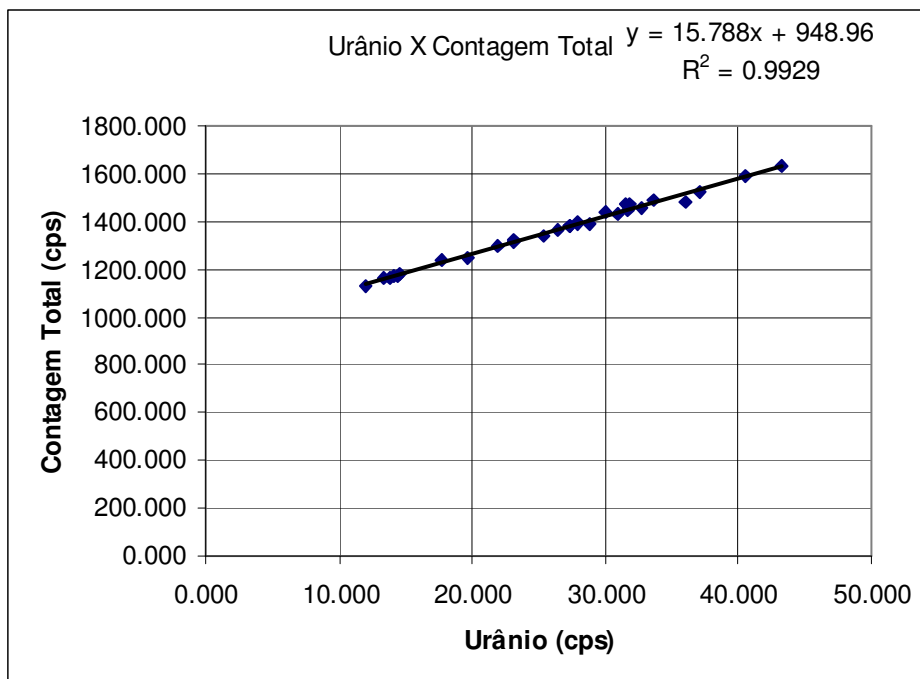
DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

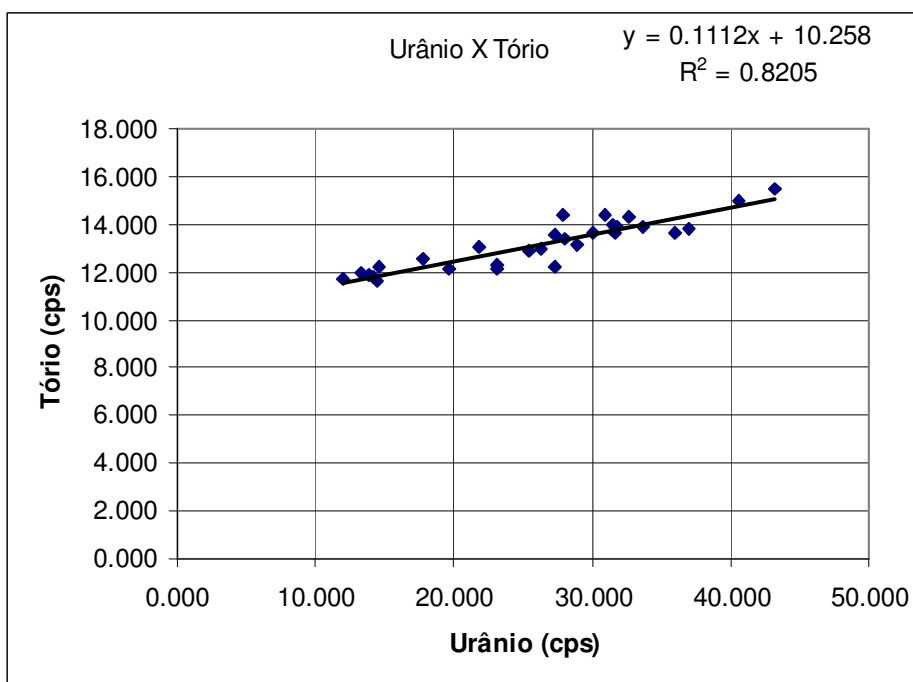
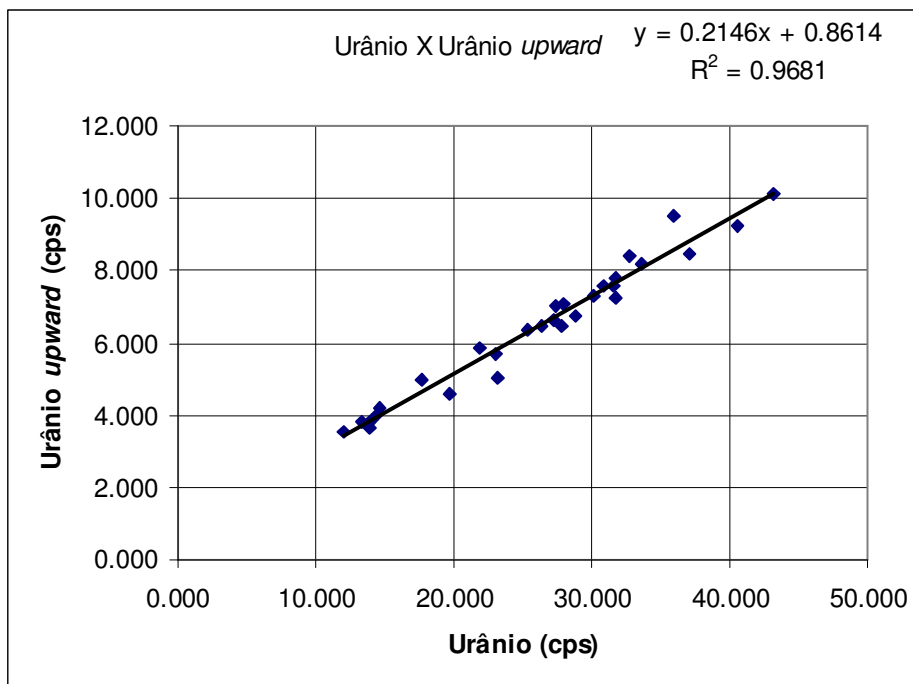
AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

(A Partir do Vôo 31)

Vôo	Urânio	Tório	Urânio <i>up</i>	Potássio	Contagem Total	Cósmico
31	25,401	12,852	6,342	36,214	1340,066	198,771
31	28,859	13,111	6,736	39,506	1388,362	200,859
32	14,448	11,660	4,063	28,550	1174,339	194,181
32	37,056	13,853	8,458	45,584	1520,796	198,135
33	33,667	13,916	8,200	44,620	1488,052	201,953
34	13,357	11,964	3,841	29,492	1166,764	197,015
34	32,683	14,318	8,398	43,284	1456,736	197,591
35	27,856	14,417	6,491	39,618	1387,541	196,943
36	17,753	12,525	4,979	32,188	1235,227	194,839
36	36,003	13,617	9,525	46,541	1485,333	197,351
37	31,795	13,937	7,256	44,043	1475,860	199,435
37	31,533	13,985	7,565	43,139	1470,119	198,839
38	23,162	12,155	5,058	35,935	1324,245	194,047
38	27,340	13,525	7,037	39,156	1381,118	198,618
39	12,019	11,741	3,520	26,664	1130,129	197,527
39	30,942	14,377	7,602	42,797	1432,706	195,572
40	13,845	11,925	3,674	27,728	1167,716	193,686
40	26,354	13,011	6,493	38,190	1363,636	194,587
41	21,850	13,046	5,874	34,991	1299,683	196,936
42	14,095	11,815	3,889	27,880	1168,802	191,962
42	31,682	13,644	7,775	43,682	1448,081	196,163
43	27,983	13,359	7,062	39,997	1399,712	198,927
44	14,620	12,194	4,199	28,697	1177,255	197,381
44	40,589	15,018	9,252	49,472	1591,272	194,962
45	30,102	13,637	7,315	42,187	1438,763	199,849
46	23,110	12,317	5,716	36,677	1314,046	199,950
46	27,318	12,207	6,662	39,164	1383,751	203,185
47	19,696	12,157	4,615	30,799	1247,681	205,791
47	43,239	15,529	10,138	52,913	1635,095	195,983





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	a_{tc}	15,788
Potássio	a_k	0,8193
Urânio <i>up</i>	a_u	0,2146
Tório	a_t	0,1112

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

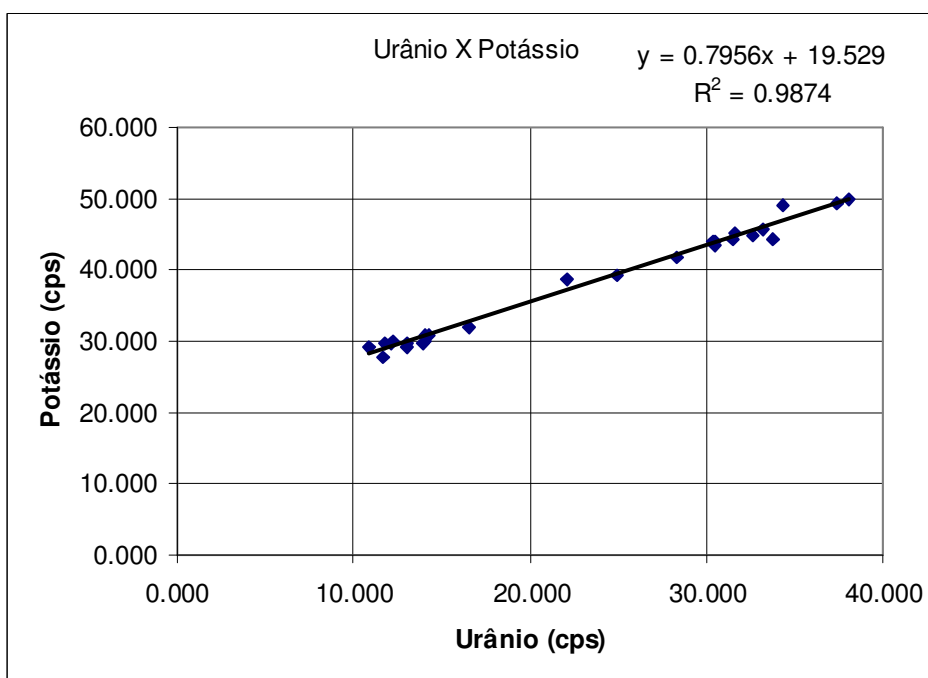
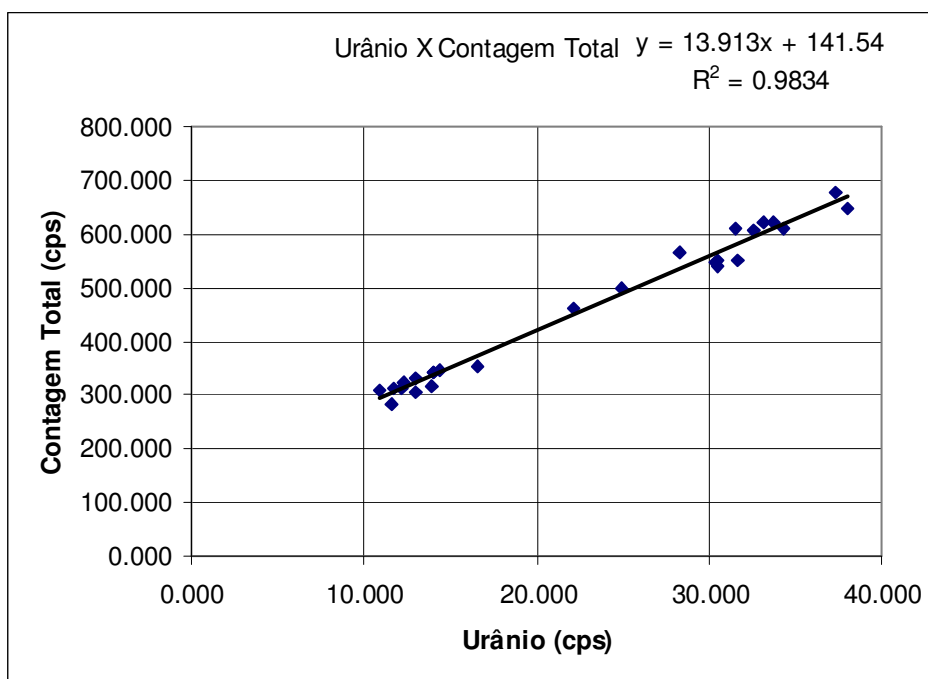
ANEXO I-d.3

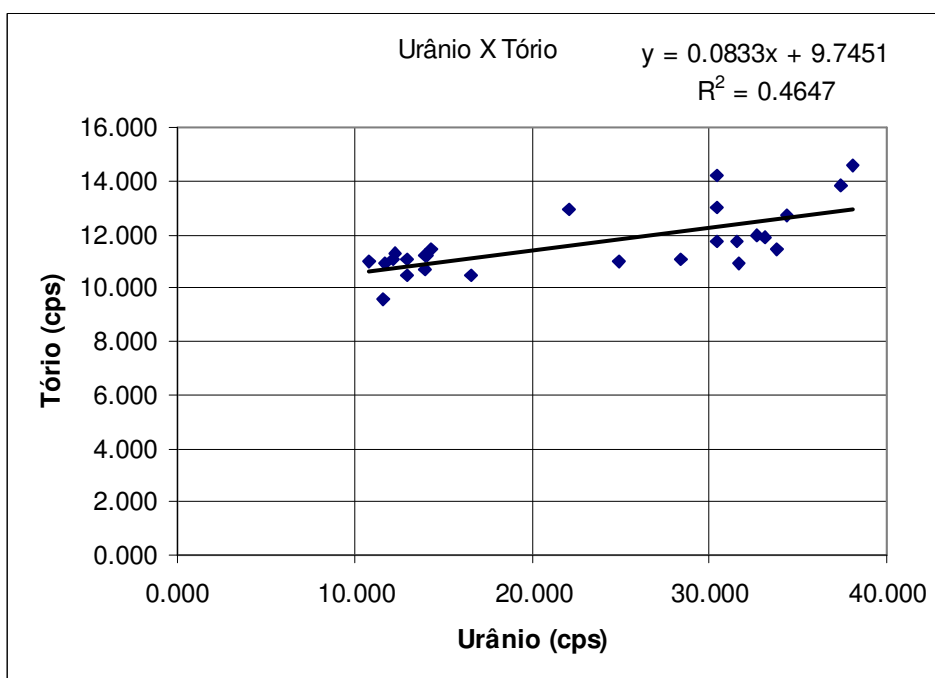
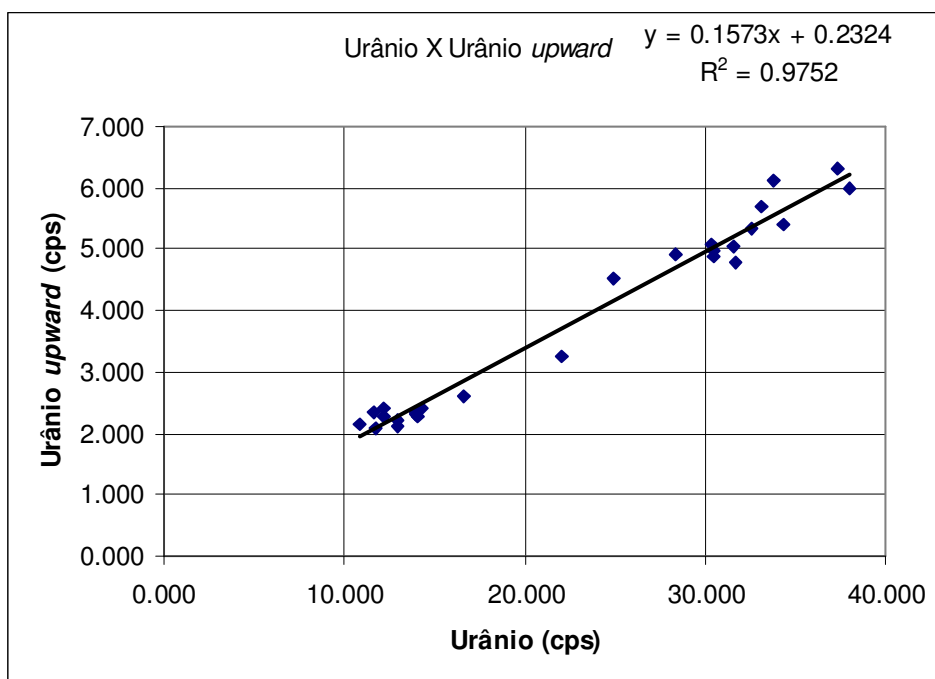
DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-WQT

Vôo	Urânio	Tório	Urânio <i>up</i>	Potássio	Contagem Total	Cósmico
5	13,940	10,690	2,360	29,770	315,930	205,000
5	30,440	14,190	4,870	43,510	550,260	208,000
7	31,660	10,880	4,790	45,020	552,080	203,000
7	34,320	12,680	5,400	49,190	608,480	199,000
8	12,980	10,430	2,210	29,700	303,650	203,000
8	30,450	11,730	4,970	44,060	538,370	206,000
9	11,630	9,550	2,330	27,640	281,080	204,000
9	30,390	12,990	5,070	43,890	547,830	209,000
10	16,590	10,430	2,600	32,090	353,070	175,000
10	38,030	14,560	5,980	49,820	646,860	203,000
15	14,040	11,250	2,290	30,830	343,750	258,000
15	32,630	11,950	5,350	44,830	606,530	223,000
17	12,240	11,260	2,400	29,970	322,520	254,000
17	24,880	11,010	4,510	39,150	499,560	221,000
18	12,150	11,090	2,290	29,690	313,790	249,000
18	28,340	11,030	4,930	41,660	565,940	224,000
19	13,010	11,040	2,130	29,210	332,830	256,000
19	33,150	11,870	5,710	45,720	619,730	223,000
20	11,760	10,900	2,070	29,740	311,090	249,000
20	31,530	11,760	5,050	44,330	611,530	219,000
21	10,870	11,010	2,150	29,090	307,060	252,000
21	33,770	11,410	6,120	44,260	621,870	227,000
22	14,000	11,230	2,310	30,060	342,700	249,000
22	37,380	13,800	6,330	49,460	678,420	282,000
23	14,330	11,440	2,410	30,970	344,740	250,000
23	22,090	12,910	3,240	38,770	460,480	279,000





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	a_{tc}	13,913
Potássio	a_k	0,7956
Urânio <i>up</i>	a_u	0,1573
Tório	a_t	0,0833

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

ANEXO I-e

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-e.1

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

MARICÁ-RJ
02 de JULHO DE 2004

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
- Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade
-
- Tabela 1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre
-
- Mapa 1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica

1 Considerações Gerais

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

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

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

No dia 02 de Julho de 2004 a Lasa Engenharia e Prospecções S.A. 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 a tálio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662 keV), como mostra a figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.

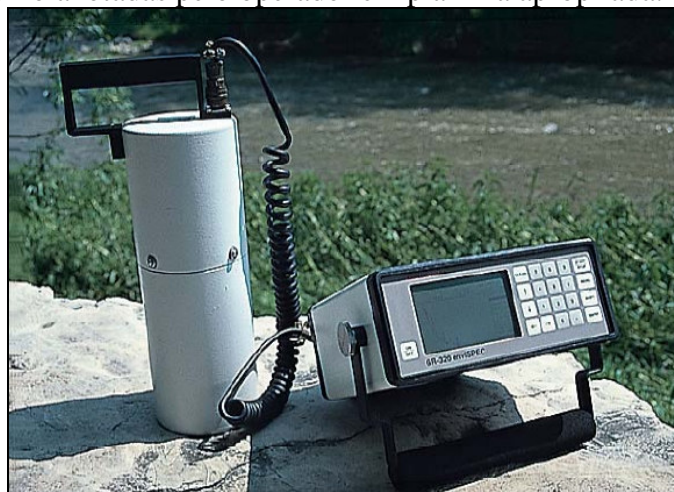


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Foram registradas 83 estações, sendo 77 sobre a pista de calibração e 6 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. Devido a impossibilidade de chegada ao local, não foram efetuadas medições entre a estaca 11S e as imediações do marco 2, e foram descartadas as estações de números 75 a 77 (amostras não representativas), sendo consideradas, para fins estatísticos, 74 estações. A Tabela 1 e o Mapa 1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a locação das mesmas na Pista de Calibração. A Figura 2 ilustra a coleta de dados terrestres. Os Quadros 1 e 2 resumem os resultados obtidos no levantamento terrestre.



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

ESTATÍSTICA (*)	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(**) (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	13,31	2,12	2,60	29,33	3601,06	699,09	193,28	258,80
DESVIO PADRÃO	2,67	0,61	0,80	7,35	726,95	156,64	37,42	62,44
ERRO NA MÉDIA(1)	0,31	0,07	0,09	0,85	84,51	18,21	4,35	7,26
INCERTEZA (%) (2)	0,02	0,03	0,04	0,03				

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

- (*) *Background* removido
- (**) Valor obtido através da expressão:

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

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ($\mu\text{R/h}$)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	-0,53*	-0,10*	-0,40*	0,67	129,33	-14,00*	-3,50*	5,33*
DESVIO PADRÃO	0,24	0,05	0,25	0,22	23,61	5,87	4,59	1,97
ERRO NA MÉDIA	0,10	0,02	0,10	0,09	9,64	2,39	1,88	0,80
INCERTEZA (%)	0,00	0,00	0,00	0,13				

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

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

3 Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PT-FZN, equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2560 pol³ *down* e 512 pol³ *up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés. A razão pela qual foram voadas linhas em várias altitudes foi o aproveitamento dos dados para calcular também os coeficientes de atenuação atmosférica (*attenuation coefficients*), os quais são utilizados para a correção altimétrica dos dados radiométricos.

4 Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no próximo resumo.

5 Conversão para Concentração de Elementos

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

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

S corresponde à sensibilidade para cada janela,

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

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

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

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

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

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

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

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
MÉDIA	2931,86	167,52	25,24	148,05
DESVIO PADRÃO	263,44	28,97	11,37	19,31
ERRO NA MÉDIA	39,27	4,32	1,70	2,88
INCERTEZA (%)	0,01	0,03	0,07	0,02

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

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	13,31	2,12	2,60	29,33	3601,06	699,09	193,28	258,80
DESVIO PADRÃO	2,67	0,61	0,80	7,35	726,95	156,64	37,42	62,44
ERRO NA MÉDIA	0,31	0,07	0,09	0,85	84,51	18,21	4,35	7,26
INCERTEZA (%)	0,02	0,03	0,04	0,03				

cpm = contagens por minuto

Quadro 4 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração.

	CT (cps / μ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
SENSIBILIDADE (S)	220,27	79,02	9,71	5,05

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

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

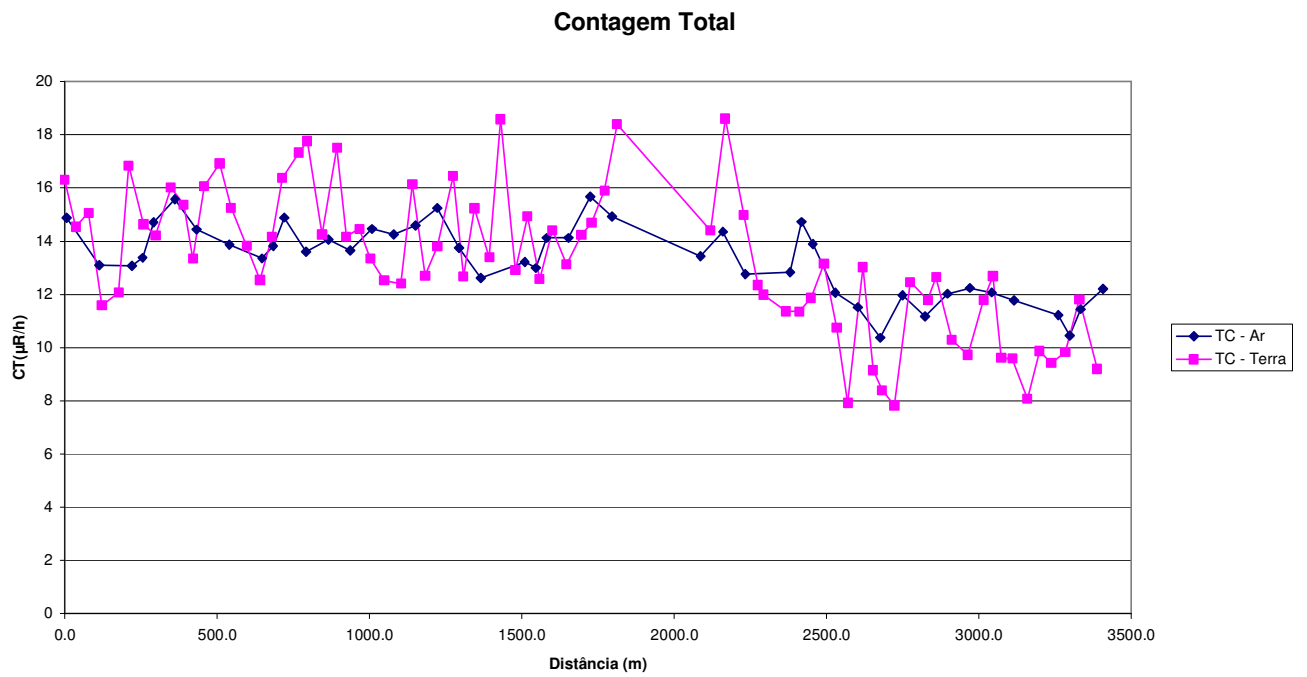


Figura 3 – Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total

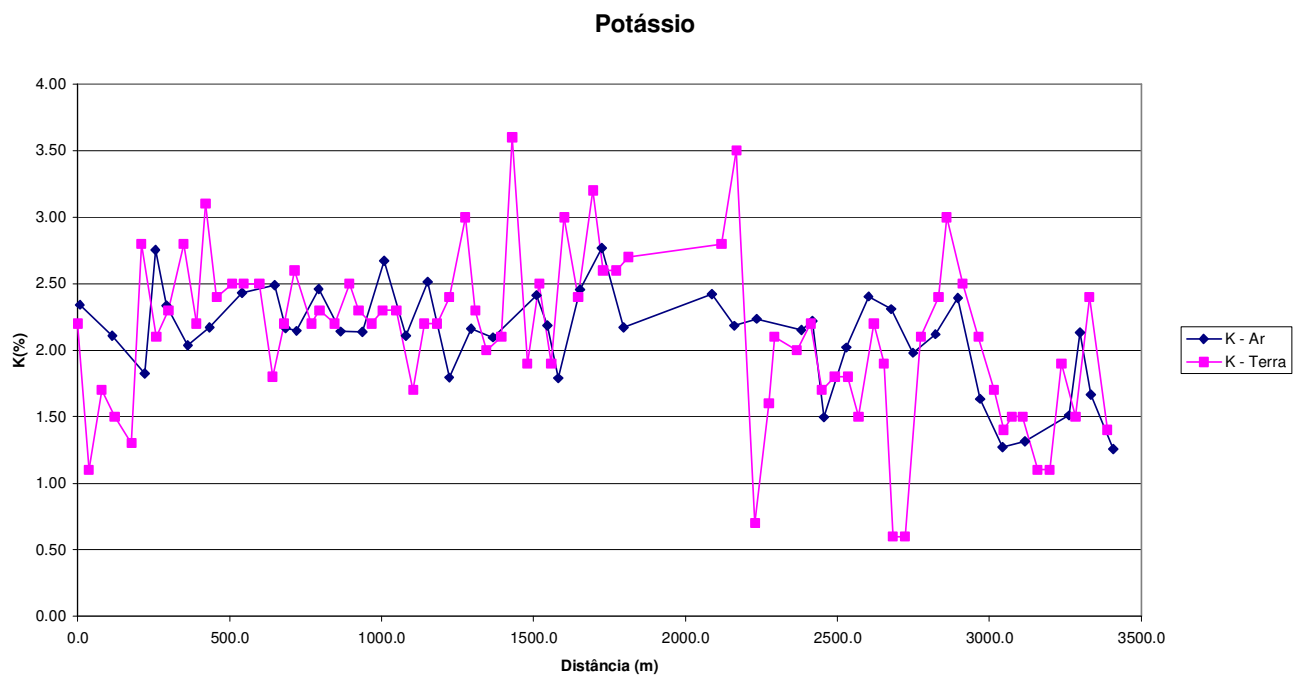


Figura 4 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio

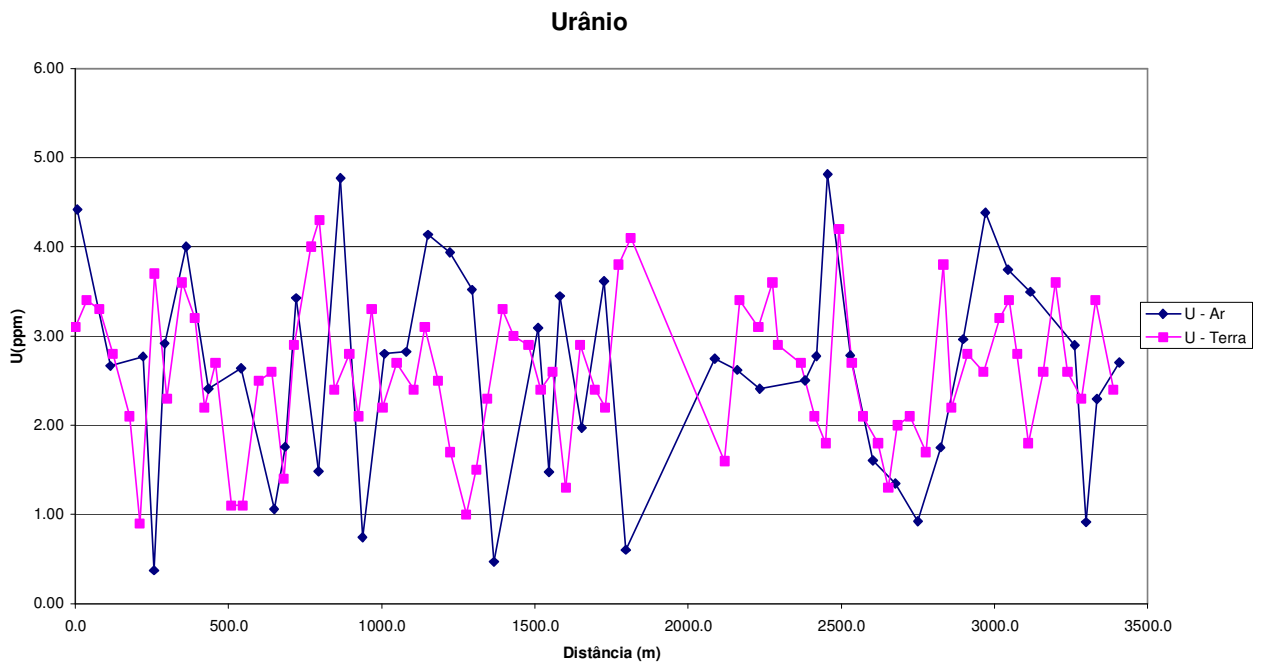


Figura 5 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio

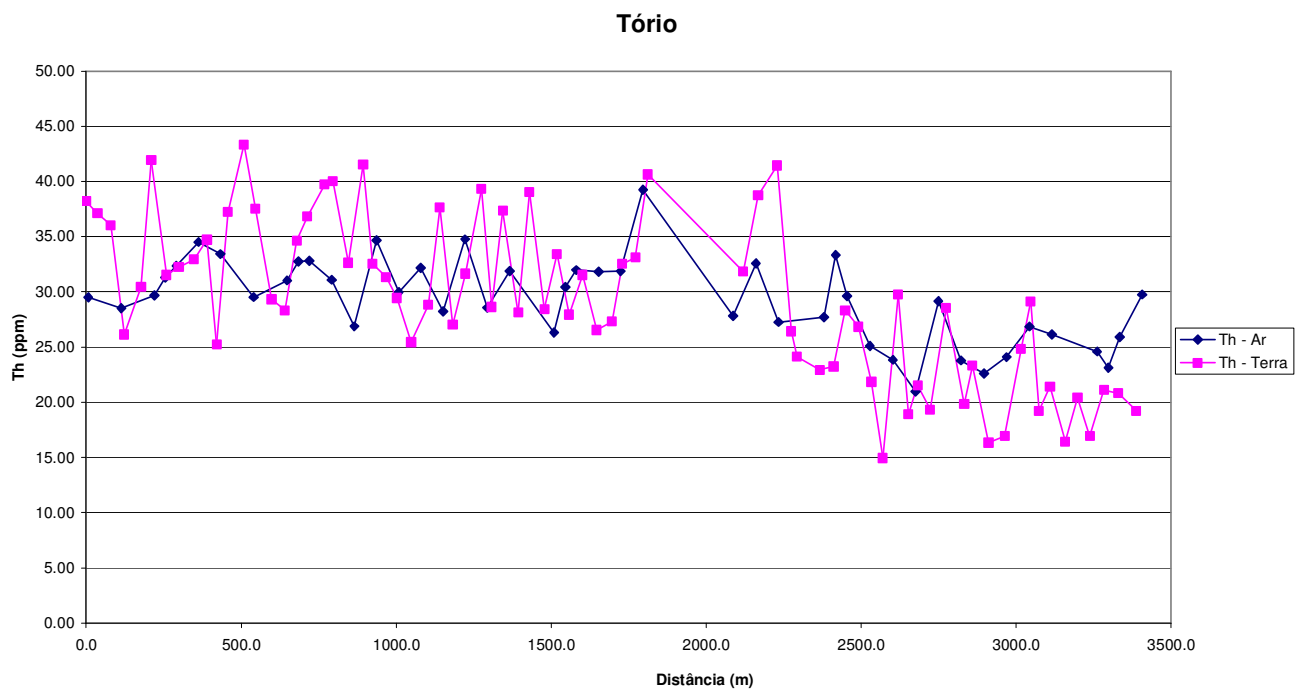


Figura 6 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 02/07/2004
 DADOS BRUTOS

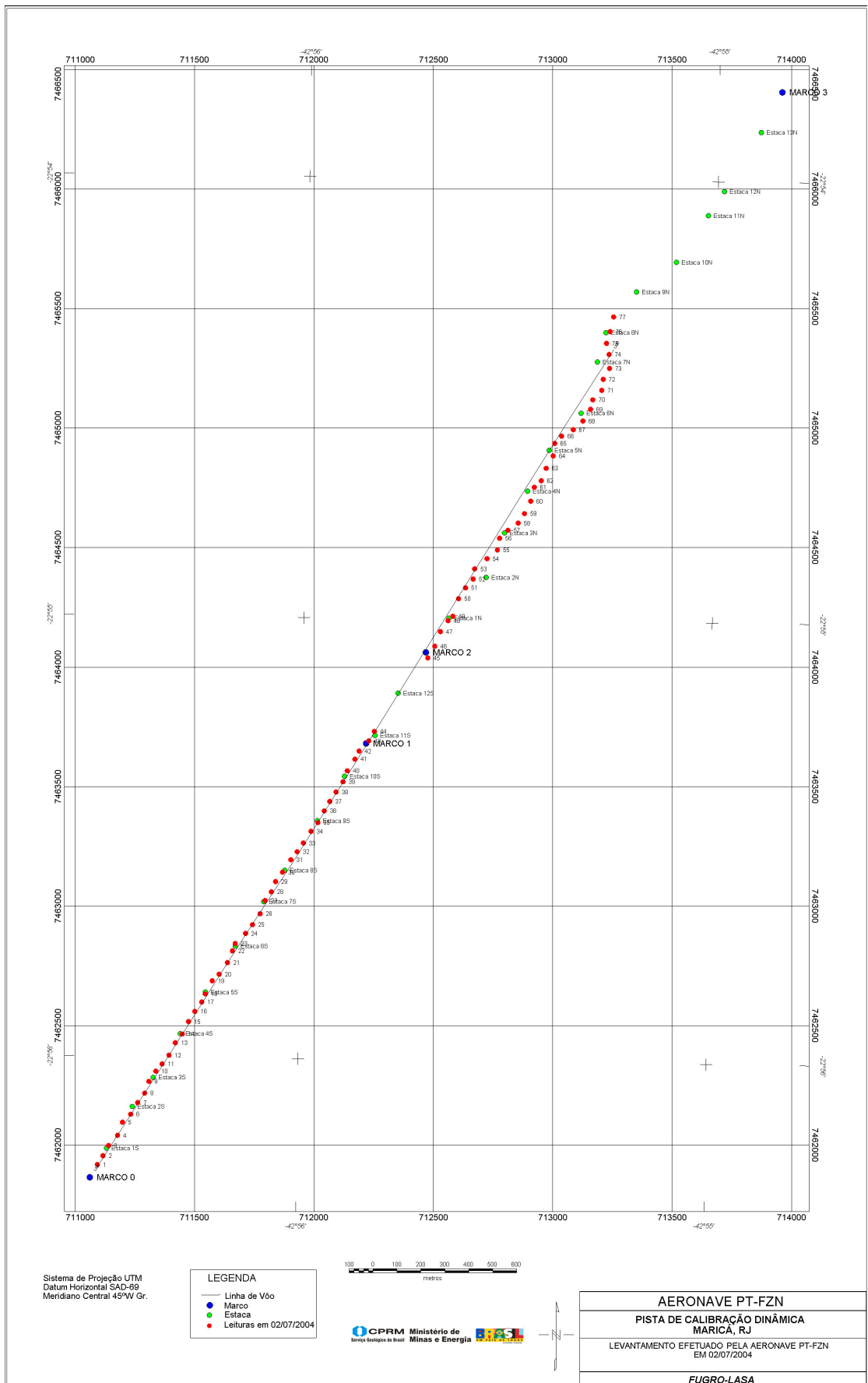
Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711049	7461875	16,5	2,2	3,1	38,9	4321	762	239	340
2		711073	7461912	14,7	1,1	3,4	37,8	3885	532	239	330
3	Estaca 1S	711096	7461954	15,2	1,7	3,3	36,7	4014	656	233	321
4		711134	7461997	11,8	1,5	2,8	26,8	3259	528	177	234
5		711154	7462052	12,3	1,3	2,1	31,1	3178	505	183	271
6		711189	7462085	17,0	2,8	0,9	42,6	4795	880	219	370
7	Estaca 2S	711218	7462134	14,8	2,1	3,7	32,2	3931	721	218	281
8		711247	7462174	14,4	2,3	2,3	32,9	4113	738	195	287
9		711265	7462223	16,2	2,8	3,6	33,6	4455	880	223	294
10	Estaca 3S	711294	7462265	15,6	2,2	3,2	35,4	4382	757	225	309
11		711320	7462296	13,5	3,1	2,2	25,9	3966	870	162	226
12		711349	7462332	16,3	2,4	2,7	37,9	4545	800	227	330
13		711376	7462384	17,1	2,5	1,1	44,0	4690	821	227	382
14	Estaca 4S	711405	7462421	15,4	2,5	1,1	38,2	4319	784	197	331
15		711431	7462473	14,0	2,5	2,5	30,0	3877	758	187	262
16		711457	7462516	12,7	1,8	2,6	29,0	3413	601	183	253
17		711486	7462555	14,4	2,2	1,4	35,3	4106	703	190	307
18	Estaca 5S	711501	7462589	16,6	2,6	2,9	37,5	4438	845	228	328
19		711530	7462644	17,5	2,2	4,0	40,4	4601	792	263	353
20		711559	7462671	18,0	2,3	4,3	40,7	4682	819	264	356
21		711594	7462720	14,4	2,2	2,4	33,3	4157	726	200	290
22	Estaca 6S	711615	7462769	17,7	2,5	2,8	42,2	4861	840	248	368
23		711627	7462799	14,4	2,3	2,1	33,2	3388	725	193	289
24		711670	7462842	14,6	2,2	3,3	32,0	4109	717	210	280
25		711699	7462878	13,5	2,3	2,2	30,1	3821	716	182	262
26		711731	7462924	12,7	2,3	2,7	26,1	3649	695	172	228
27	Estaca 7S	711752	7462979	12,6	1,7	2,4	29,5	3435	599	182	258
28		711778	7463016	16,3	2,2	3,1	38,3	4503	768	236	334
29		711796	7463058	12,9	2,2	2,5	27,7	2624	676	176	242
30	Estaca 8S	711825	7463098	14,0	2,4	1,7	32,3	3851	734	182	281
31		711860	7463150	16,6	3,0	1,0	40,0	4710	902	205	347
32		711886	7463183	12,9	2,3	1,5	29,3	3578	689	164	255
33		711912	7463220	15,4	2,0	2,3	38,0	3658	666	183	264
34		711944	7463269	13,6	2,1	3,3	28,8	3555	663	182	226
35	Estaca 9S	711973	7463305	18,8	3,6	3,0	39,7	5132	1055	226	319
36		711999	7463354	13,1	1,9	2,9	29,1	4014	671	214	301
37		712023	7463394	15,1	2,5	2,4	34,1	4398	805	212	314
38		712049	7463433	12,8	1,9	2,6	28,6	3508	634	181	249
39	Estaca 10S	712078	7463476	14,6	3,0	1,3	32,2	4564	880	191	313
40		712096	7463522	13,3	2,4	2,9	27,2	3642	724	178	234
41		712128	7463571	14,4	3,2	2,4	28,0	4554	930	205	299
42		712145	7463604	14,9	2,6	2,2	33,2	4293	814	204	306
43	Marco 1	712186	7463647	16,1	2,6	3,8	33,8	4528	848	247	331
44	Estaca 11S	712209	7463687	18,6	2,7	4,1	41,3	4723	899	256	336
45	Marco 2	712433	7463994	14,6	2,8	1,6	32,5	4265	828	181	283
46		712462	7464043	18,8	3,5	3,4	39,4	5188	1062	246	344
47		712486	7464104	15,2	0,7	3,1	42,1	4112	477	257	374
48		712518	7464150	12,5	1,6	3,6	27,1	3394	579	194	238
49	Estaca 1N	712538	7464168	12,2	2,1	2,9	24,8	3379	663	169	217
50		712562	7464242	11,5	2,0	2,7	23,6	3309	619	191	206

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT ($\mu\text{R/h}$)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
51		712591	7464287	11,5	2,2	2,1	23,9	3420	658	151	208
52	Estaca 2N	712623	7464324	12,1	1,7	1,8	29,0	3293	575	169	253
53		712629	7464367	13,3	1,8	4,2	27,5	3479	623	207	242
54		712681	7464409	10,9	1,8	2,7	22,5	3062	570	156	197
55		712724	7464445	8,1	1,5	2,1	15,6	2366	445	112	137
56	Estaca 3N	712734	7464495	13,2	2,2	1,8	30,4	3661	687	175	264
57		712768	7464528	9,3	1,9	1,3	19,6	2555	540	115	171
58		712811	7464558	8,6	0,6	2,0	22,2	2389	298	140	194
59		712838	7464598	8,0	0,6	2,1	20,0	2174	285	132	175
60		712864	7464650	12,7	2,1	1,7	29,2	3613	661	167	255
61	Estaca 4N	712879	7464708	12,0	2,4	3,8	20,5	3481	717	166	180
62		712908	7464735	12,8	3,0	2,2	24,0	3663	838	153	210
63		712929	7464787	10,5	2,5	2,8	17,0	3138	704	135	255
64		712958	7464839	9,9	2,1	2,6	17,6	2845	593	130	154
65	Estaca 5N	712964	7464891	12,0	1,7	3,2	25,5	3264	580	180	224
66		712993	7464922	12,9	1,4	3,4	29,8	3458	538	202	261
67		713042	7464949	9,8	1,5	2,8	19,9	2726	484	145	174
68		713083	7464985	9,8	1,5	1,8	22,1	2777	488	136	193
69	Estaca 6N	713115	7465034	8,3	1,1	2,6	17,1	2421	384	129	151
70		713124	7465074	10,1	1,1	3,6	21,1	2731	432	165	186
71		713161	7465113	9,6	1,9	2,6	17,6	2791	571	131	154
72		713168	7465159	10,0	1,5	2,3	21,8	2839	488	145	191
73	Estaca 7N	713194	7465205	12,0	2,4	3,4	21,5	3404	710	137	189
74		713192	7465263	9,4	1,4	2,4	19,9	2627	472	220	175
75**		713181	7465310	12,9	0,5	2,8	36,1	3436	382	166	315
76**	Estaca 8N	713196	7465359	10,9	1,3	2,6	25,1	2998	488	141	220
77**		713211	7465420	9,1	0,9	2,0	22,4	2418	374	240	196
78	*	722744	7463110	-0,5	-0,1	-0,4	0,7	121	-22	-5	6
79	*	722744	7463110	-0,8	0,0	-0,8	0,6	104	-18	-12	4
80	*	722744	7463110	-0,3	-0,1	-0,2	1,0	157	-11	0	8
81	*	722744	7463110	-0,4	-0,1	-0,3	0,5	102	-17	-3	4
82	*	722744	7463110	-0,2	0,0	-0,2	0,8	148	-9	-1	7
83	*	722744	7463110	-0,1	0,0	-0,1	0,4	144	-7	0	3

* *Background* na Lagoa de Maricá

** Amostragem não considerada no cálculo devido a impossibilidade de chegada no local exato ou proximidades.

cpm= Contagem por minuto; ppm = parte por milhão



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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-e.2

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

MARICÁ-RJ
18 DE DEZEMBRO DE 2004

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 |
| Quadro 5 | - Coeficientes de Sensibilidade |
| Tabela 1 | - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre |
| Mapa 1 | - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica |

1 Considerações Gerais

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

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

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

No dia 18 de dezembro de 2004 a Lasa Engenharia e Prospecções S.A. 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 a tálio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662 keV), como mostra a figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.

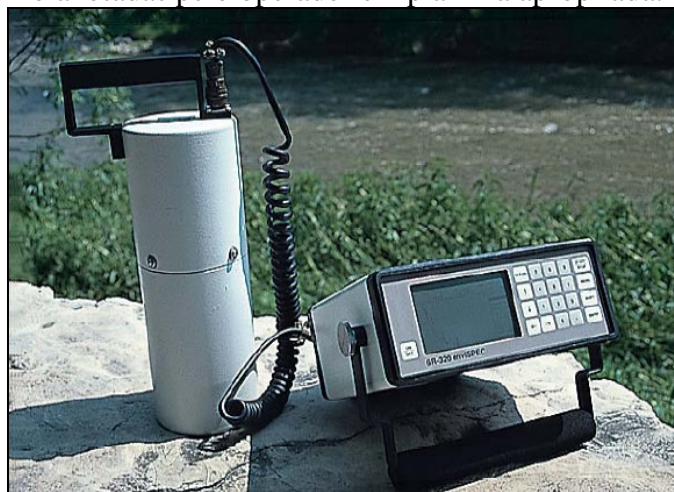


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Foram registradas 83 estações, sendo 75 sobre a pista de calibração e 8 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. Devido a impossibilidade de chegada ao local, não foram efetuadas medições entre a estaca 11S e as imediações do marco 2, sendo consideradas, para fins estatísticos, 75 estações. A Tabela 1 e o Mapa 1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a locação das mesmas na Pista de Calibração. A Figura 2 ilustra a coleta de dados terrestres. Os Quadros 1 e 2 resumem os resultados obtidos no levantamento terrestre.



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

ESTATÍSTICA (*)	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(**) (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	14,03	2,12	2,81	31,38	3829,70	732,54	206,86	274,27
DESVIO PADRÃO	3,13	0,73	0,90	8,56	854,60	191,79	39,54	74,14
ERRO NA MÉDIA(1)	0,36	0,08	0,10	0,99	98,68	22,15	4,57	8,56
INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,04	0,03				

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

- (*) *Background* removido
- (**) Valor obtido através da expressão:

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$$
 E = Taxa de Exposição (μ R/h)
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)^{1/2}
- (2) Incerteza = Erro na Média/ Média
- cpm = contagem por minuto
- 75 estações utilizadas no cálculo estatístico

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ($\mu\text{R/h}$)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	-0,38*	-0,06*	-0,30*	0,73	129,13	-16,25*	-2,38*	6,25*
DESVIO PADRÃO	0,16	0,07	0,16	0,71	38,80	7,52	3,89	5,99
ERRO NA MÉDIA	0,06	0,03	0,06	0,25	13,72	2,66	1,38	2,12
INCERTEZA (%)	0,00	0,00	0,00	0,35	0,11	0,00	0,00	0,00

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

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

3 Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PT-FZN, equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2560 pol³ *down* e 512 pol³ *up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés. A razão pela qual foram voadas linhas em várias altitudes foi o aproveitamento dos dados para calcular também os coeficientes de atenuação atmosférica (*attenuation coefficients*), os quais são utilizados para a correção altimétrica dos dados radiométricos.

4 Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no próximo resumo.

5 Conversão para Concentração de Elementos

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

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

S corresponde à sensibilidade para cada janela,

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

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

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

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

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

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

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

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
MÉDIA	3309,44	166,98	24,97	155,07
DESVIO PADRÃO	301,04	22,69	11,95	21,38
ERRO NA MÉDIA	45,91	3,31	1,74	3,12
INCERTEZA (%)	0,01	0,02	0,07	0,02

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

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	14,03	2,12	2,81	31,38	3829,70	732,54	206,86	274,27
DESVIO PADRÃO	3,13	0,73	0,90	8,56	854,60	191,79	39,54	74,14
ERRO NA MÉDIA	0,36	0,08	0,10	0,99	98,68	22,15	4,57	8,56
INCERTEZA (%)	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03

cpm = contagens por minuto

Quadro 4 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração.

	CT (cps / μ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
SENSIBILIDADE (S)	235,88	78,76	8,89	4,94

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

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

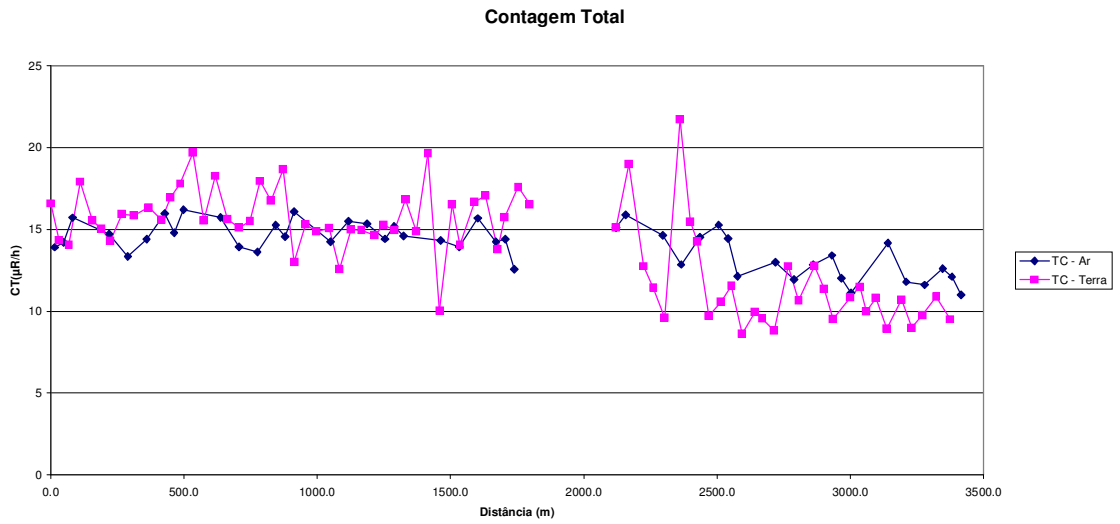


Figura 3 – Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total

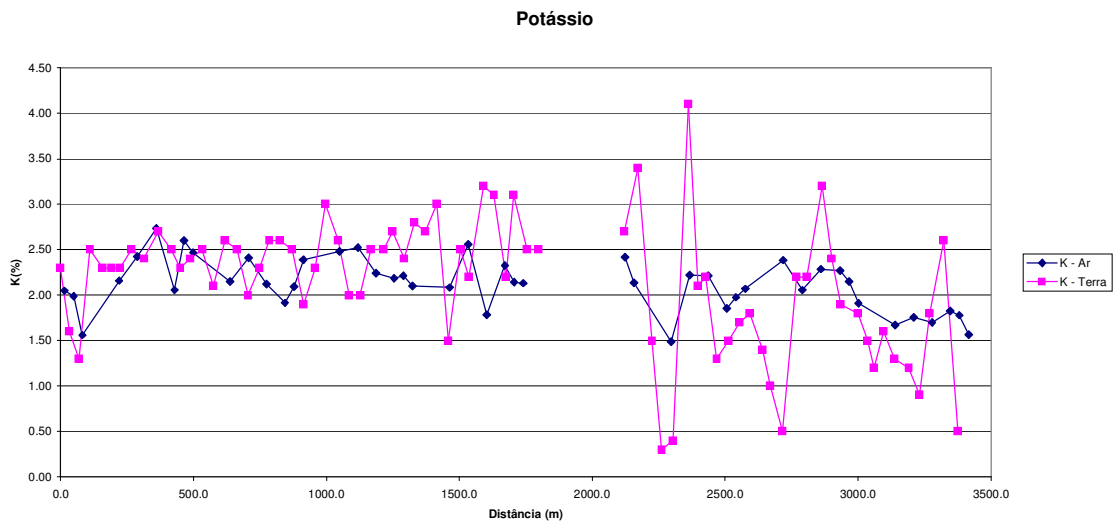


Figura 4 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio

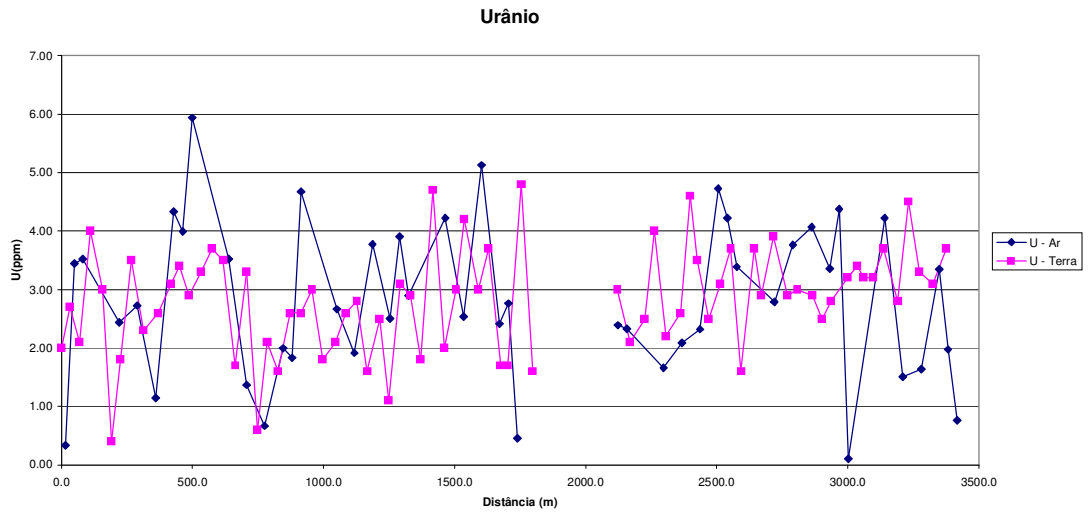


Figura 5 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio

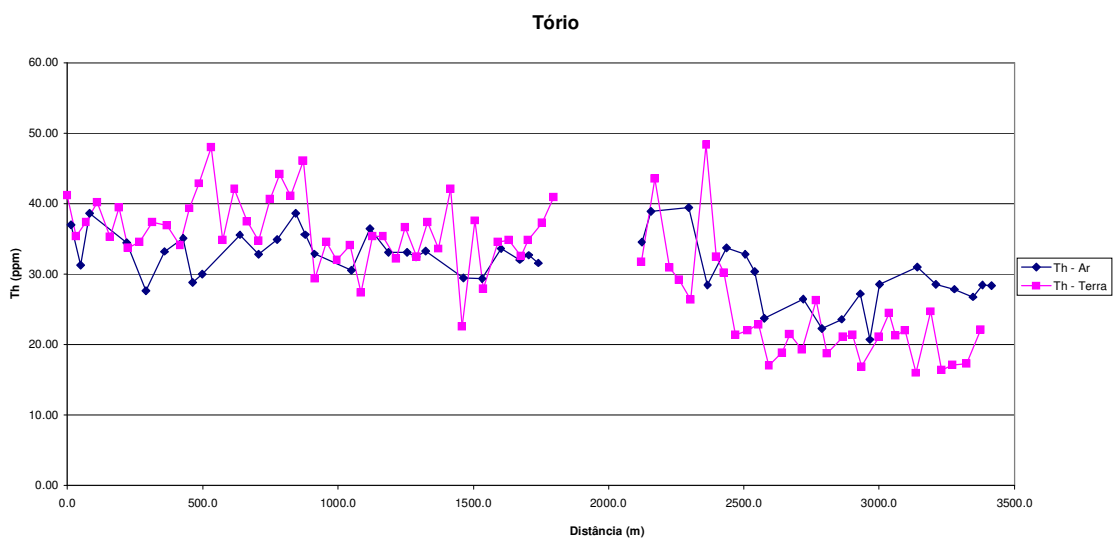


Figura 6 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

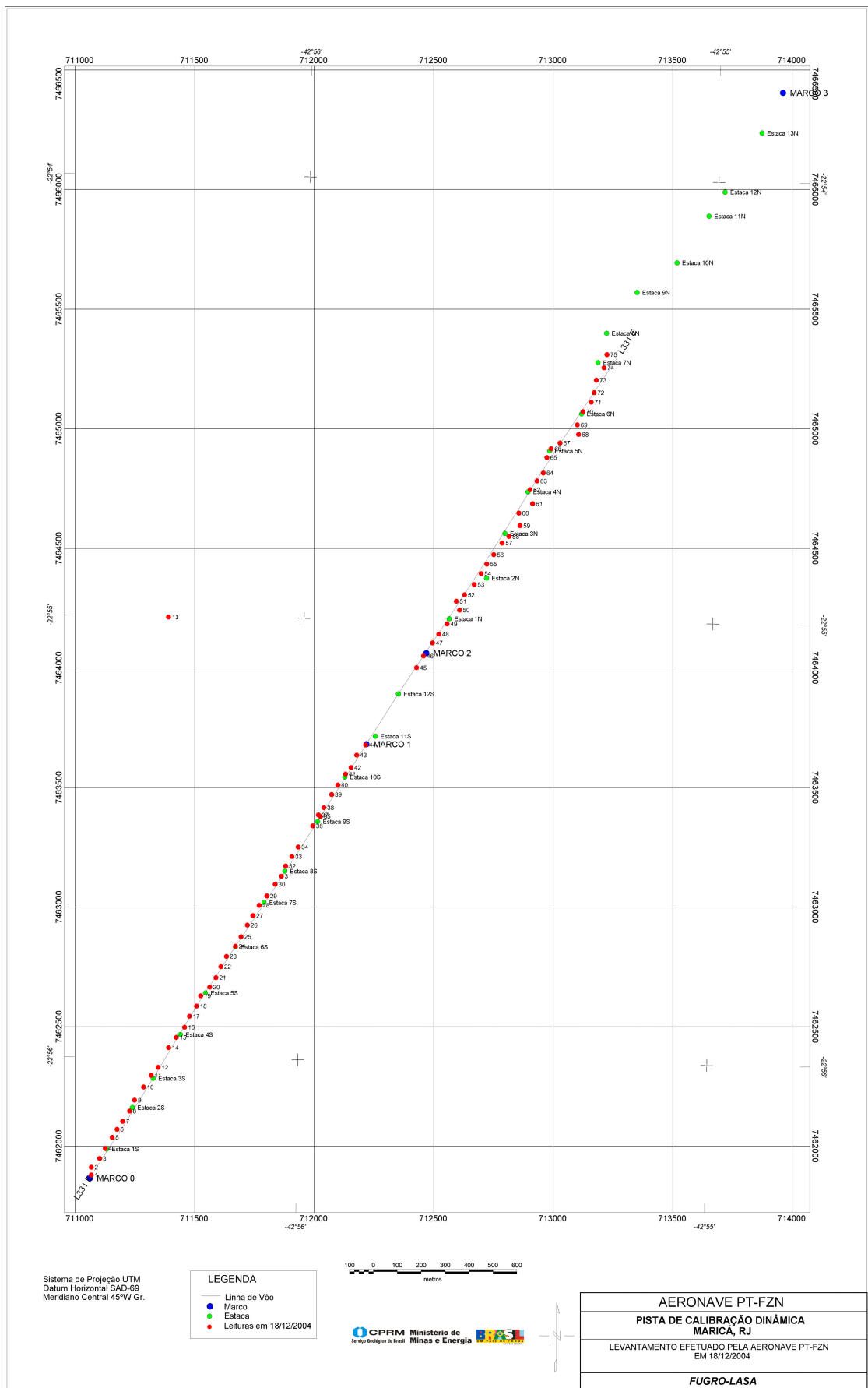
TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 18/12/2004
 DADOS BRUTOS

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711068	7461880	16,79	2,30	2,00	41,90	4555	804	235	365
2		711068	7461912	14,53	1,60	2,70	36,10	3909	617	222	315
3		711103	7461949	14,26	1,30	2,10	38,10	3994	569	220	332
4	Estaca 1S	711126	7461992	18,11	2,50	4,00	40,90	4911	871	268	358
5		711155	7462037	15,75	2,30	3,00	36,00	4348	792	227	315
6		711176	7462071	15,23	2,30	0,40	40,10	4335	747	196	348
7		711199	7462104	14,51	2,30	1,80	34,40	4097	757	196	300
8	Estaca 2S	711228	7462147	16,15	2,50	3,50	35,20	4465	829	233	308
9		711249	7462193	16,05	2,40	2,30	38,10	4471	807	224	333
10		711286	7462248	16,55	2,70	2,60	37,60	4773	866	226	327
11	Estaca 3S	711318	7462297	15,77	2,50	3,10	34,80	4477	811	223	304
12		711347	7462330	17,16	2,30	3,40	40,00	4797	823	253	349
13		711365	7462367	18,02	2,40	2,90	43,60	4801	855	261	381
14		711391	7462412	19,89	2,50	3,30	48,70	5186	915	292	425
15	Estaca 4S	711423	7462455	15,77	2,10	3,70	35,50	4255	749	237	311
16		711458	7462498	18,48	2,60	3,50	42,80	5065	898	269	374
17		711479	7462544	15,84	2,50	1,70	38,20	4479	813	211	333
18		711508	7462586	15,32	2,00	3,30	35,40	4126	718	220	309
19	Estaca 5S	711525	7462629	15,71	2,30	0,60	41,30	4527	767	206	359
20		711563	7462665	18,17	2,60	2,10	44,90	5121	880	252	391
21		711589	7462705	16,95	2,60	1,60	41,80	4734	865	227	364
22		711610	7462751	18,89	2,50	2,60	46,80	5048	888	270	408
23		711633	7462794	13,20	1,90	2,60	30,10	3828	658	191	263
24	Estaca 6S	711671	7462836	15,52	2,30	3,00	35,20	4236	785	222	308
25		711694	7462876	15,08	3,00	1,80	32,70	4278	886	188	285
26		711720	7462925	15,27	2,60	2,10	34,80	4285	827	205	304
27		711744	7462964	12,77	2,00	2,60	28,10	3580	667	182	245
28	Estaca 7S	711770	7463007	15,20	2,00	2,80	36,10	4238	712	223	315
29		711802	7463047	15,17	2,50	1,60	36,10	4327	789	201	314
30		711837	7463095	14,84	2,50	2,50	32,90	4148	800	203	287
31		711863	7463129	15,49	2,70	1,10	37,30	4422	847	197	325
32	Estaca 8S	711881	7463172	15,16	2,40	3,10	33,20	4132	782	216	290
33		711907	7463211	17,04	2,80	2,90	38,10	4626	893	234	333
34		711933	7463251	15,08	2,70	1,80	34,30	4369	828	196	299
35		712025	7463296	19,87	3,00	4,70	42,80	5430	1006	291	374
36	Estaca 9S	711994	7463339	10,25	1,50	2,00	23,30	2940	506	148	204
37		712018	7463385	16,71	2,50	3,00	38,30	4559	843	237	335
38		712041	7463416	14,26	2,20	4,20	28,60	3862	740	215	251
39		712073	7463471	16,88	3,20	3,00	35,20	4881	974	223	308
40		712099	7463510	17,27	3,10	3,70	35,50	4707	965	237	311
41	Estaca 10S	712131	7463556	13,98	2,20	1,70	33,30	3989	725	190	291
42		712154	7463583	15,96	3,10	1,70	35,50	4562	924	200	310
43		712178	7463635	17,80	2,50	4,80	38,00	4837	867	271	333
44	Marco 1	712216	7463678	16,75	2,50	1,60	41,60	4628	835	224	358
45		712428	7464001	15,32	2,70	3,00	32,40	4202	844	209	283
46	Marco 2	712457	7464050	19,20	3,40	2,10	44,30	5403	1064	249	387
47		712495	7464105	12,96	1,50	2,50	31,60	3517	571	196	276
48		712521	7464141	11,64	0,30	4,00	29,90	3038	326	217	263
49	Estaca 1N	712556	7464184	9,82	0,40	2,20	27,10	2754	303	170	236
50		712608	7464242	21,96	4,10	2,60	49,10	6125	1248	280	428
51		712595	7464279	15,69	2,10	4,60	33,20	4281	744	244	291
52		712629	7464306	14,46	2,20	3,50	30,90	4101	741	212	271
53		712670	7464348	9,93	1,30	2,50	22,10	2779	458	151	194
54	Estaca 2N	712699	7464394	10,80	1,50	3,10	22,70	3005	527	165	199
55		712722	7464434	11,75	1,70	3,70	23,60	3267	591	181	207

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
56		712751	7464473	8,83	1,80	1,60	17,70	2708	538	115	155
57		712786	7464522	10,15	1,40	3,70	19,60	2554	497	163	173
58	Estaca 3N	712815	7464549	9,77	1,00	2,90	22,20	2654	409	160	194
59		712861	7464595	9,04	0,50	3,90	20,00	2478	306	169	176
60		712856	7464647	12,95	2,20	2,90	27,00	3543	708	182	236
61		712914	7464686	10,87	2,20	3,00	19,50	3233	660	150	171
62	Estaca 4N	712903	7464745	12,97	3,20	2,90	21,80	3653	889	157	191
63		712932	7464782	11,59	2,40	2,50	22,10	3289	707	151	193
64		712958	7464815	9,74	1,90	2,80	17,60	2775	584	137	155
65		712974	7464879	11,06	1,80	3,20	21,80	3153	598	163	191
66	Estaca 5N	712991	7464916	11,71	1,50	3,40	25,20	3308	554	184	221
67		713029	7464940	10,21	1,20	3,20	22,00	2782	466	164	193
68		713106	7464976	11,01	1,60	3,20	22,70	3059	542	168	200
69		713101	7465016	9,17	1,30	3,70	16,70	2534	457	149	147
70	Estaca 6N	713125	7465071	10,92	1,20	2,80	25,40	2948	469	173	222
71		713159	7465111	9,20	0,90	4,50	17,10	2525	386	166	151
72		713171	7465151	9,97	1,80	3,30	17,80	2894	566	147	157
73		713181	7465203	11,10	2,60	3,10	18,00	3264	740	144	159
74	Estaca 7N	713213	7465255	9,71	0,50	3,70	22,80	2519	326	178	200
75		713225	7465310	11,23	0,80	1,90	30,60	3229	403	180	267
76	*	722971	7461424	-0,24	-0,10	-0,10	1,50	175	-4	5	13
77	*	722956	7461403	-0,28	0,00	-0,30	0,40	144	-11	-3	3
78	*	722967	7461387	-0,24	-0,10	-0,10	0,40	128	-21	0	4
79	*	723005	7461399	-0,23	0,10	-0,40	0,50	107	-23	-6	4
80	*	723021	7461380	-0,34	-0,10	-0,20	-0,30	74	-24	-6	-2
81	*	723025	7461405	-0,62	-0,10	-0,50	0,70	95	-20	-6	6
82	*	722996	7461424	-0,43	-0,10	-0,30	0,60	122	-19	-3	5
83	*	722957	7461452	-0,62	-0,10	-0,50	2,00	188	-8	0	17

* *Background* na Lagoa de Maricá

cpm= Contagem por minuto; ppm = parte por milhão



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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-e.3

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-WQT

MARICÁ-RJ
31 DE AGOSTO DE 2004

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 |
| Quadro 5 | - Coeficientes de Sensibilidade |
| | |
| Tabela 1 | - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre |
| | |
| Mapa 1 | - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica |

1 Considerações Gerais

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

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

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

No dia 31 de Agosto de 2004 a Lasa Engenharia e Prospecções S.A. 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 a tálio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662 keV), como mostra a figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.

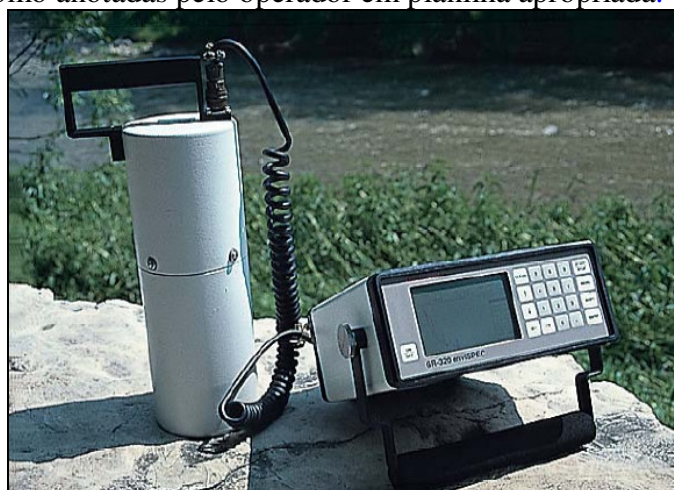


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Foram registradas 85 estações, sendo 78 sobre a pista de calibração e 7 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. Devido a impossibilidade de chegada ao local, não foram efetuadas medições entre o marco 1 e as imediações do marco 2, e foram descartadas as estações de números 75 a 78 (amostras não representativas), sendo consideradas, para fins estatísticos, 75 estações. A Tabela 1 e o Mapa 1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a locação das mesmas na Pista de Calibração. A Figura 2 ilustra a coleta de dados terrestres. Os Quadros 1 e 2 resumem os resultados obtidos no levantamento terrestre.



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

ESTATÍSTICA (*)	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(**) (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	14,31	2,17	2,26	33,34	3955,98	739,02	205,53	286,07
DESVIO PADRÃO	3,68	0,77	0,88	10,41	1003,46	200,12	54,87	94,72
ERRO NA MÉDIA(1)	0,42	0,09	0,10	1,18	113,62	22,66	6,21	10,73
INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,04	0,04				

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

- (*) *Background* removido
- (**) Valor obtido através da expressão:

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$$
 E = Taxa de Exposição (μ R/h)
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)^{1/2}
- (2) Incerteza = Erro na Média/ Média
- cpm = contagem por minuto
- 75 estações utilizadas no cálculo estatístico

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ($\mu\text{R/h}$)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	-0,4*	0,0	-0,3*	0,47	107,57	-14*	-4*	4,14
DESVIO PADRÃO	0,11	0,05	0,14	0,38	12,12	4,26	3,06	3,34
ERRO NA MÉDIA	0,04	0,02	0,05	0,14	4,58	1,61	1,15	1,26
INCERTEZA (%)	0,00	0,00	0,00	0,30	0,04	0,00	0,00	0,00

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

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

3 Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PT-WQT, equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2560 pol³ *down* e 512 pol³ *up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés. A razão pela qual foram voadas linhas em várias altitudes foi o aproveitamento dos dados para calcular também os coeficientes de atenuação atmosférica (*attenuation coefficients*), os quais são utilizados para a correção altimétrica dos dados radiométricos.

4 Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no próximo resumo.

5 Conversão para Concentração de Elementos

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

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

S corresponde à sensibilidade para cada janela,

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

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

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

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

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

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

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

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
MÉDIA	3011,46	165,47	25,62	148,20
DESVIO PADRÃO	292,29	23,97	10,01	20,87
ERRO NA MÉDIA	41,34	3,39	1,42	2,95
INCERTEZA (%)	0,01	0,02	0,06	0,02

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

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

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	14,31	2,17	2,26	33,34	3955,98	724,88	201,53	286,07
DESVIO PADRÃO	3,68	0,77	0,88	10,41	1003,46	200,12	54,87	94,72
ERRO NA MÉDIA	0,42	0,09	0,10	1,18	113,62	22,66	6,21	10,73
INCERTEZA (%)	0,03	0,04	0,04	0,04				

cpm = contagens por minuto

Quadro 4 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração.

	CT (cps / μ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
SENSIBILIDADE (S)	210,44	76,25	11,34	4,45

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

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

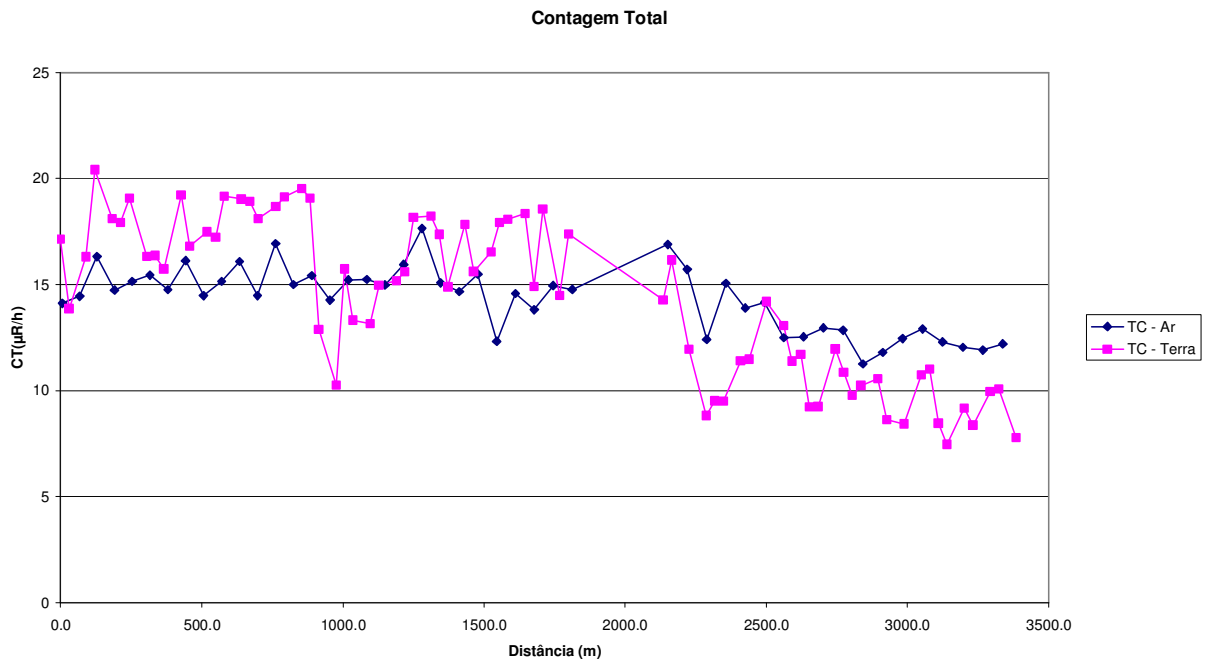


Figura 3 – Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total

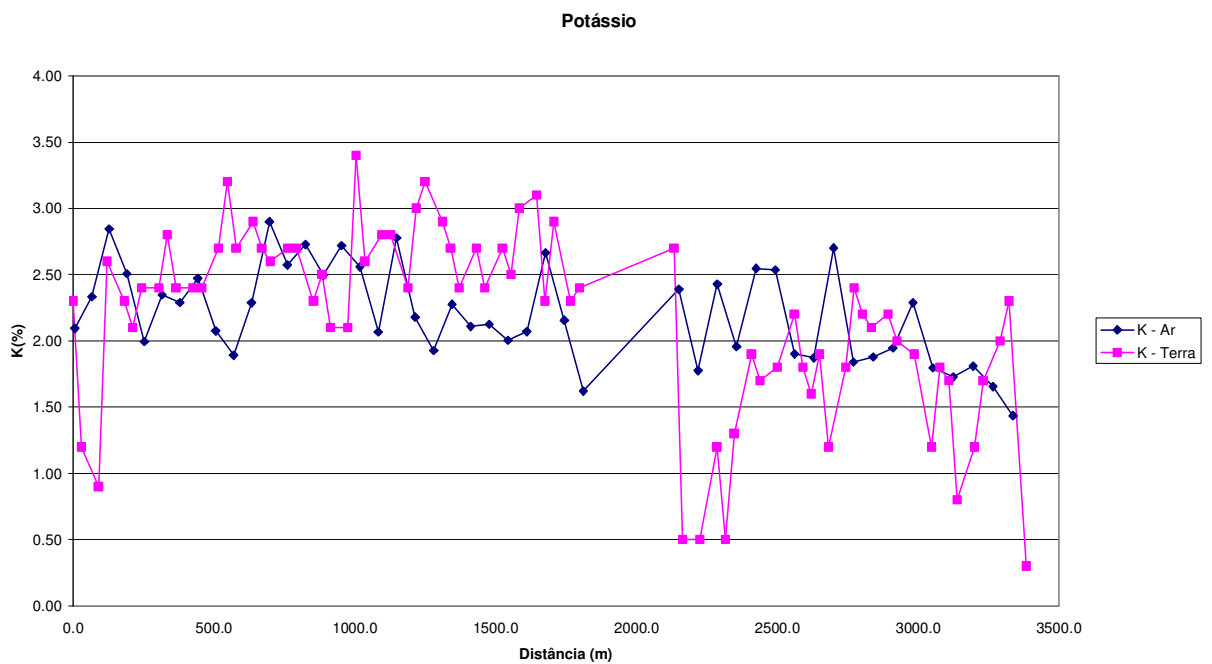


Figura 4 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio

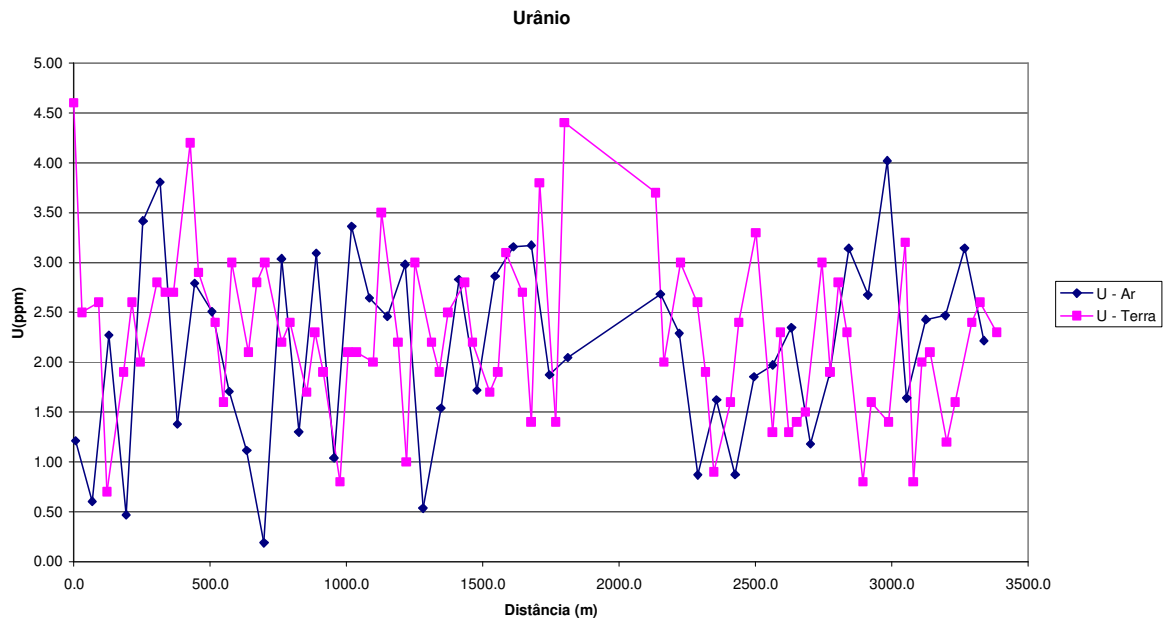


Figura 5 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio

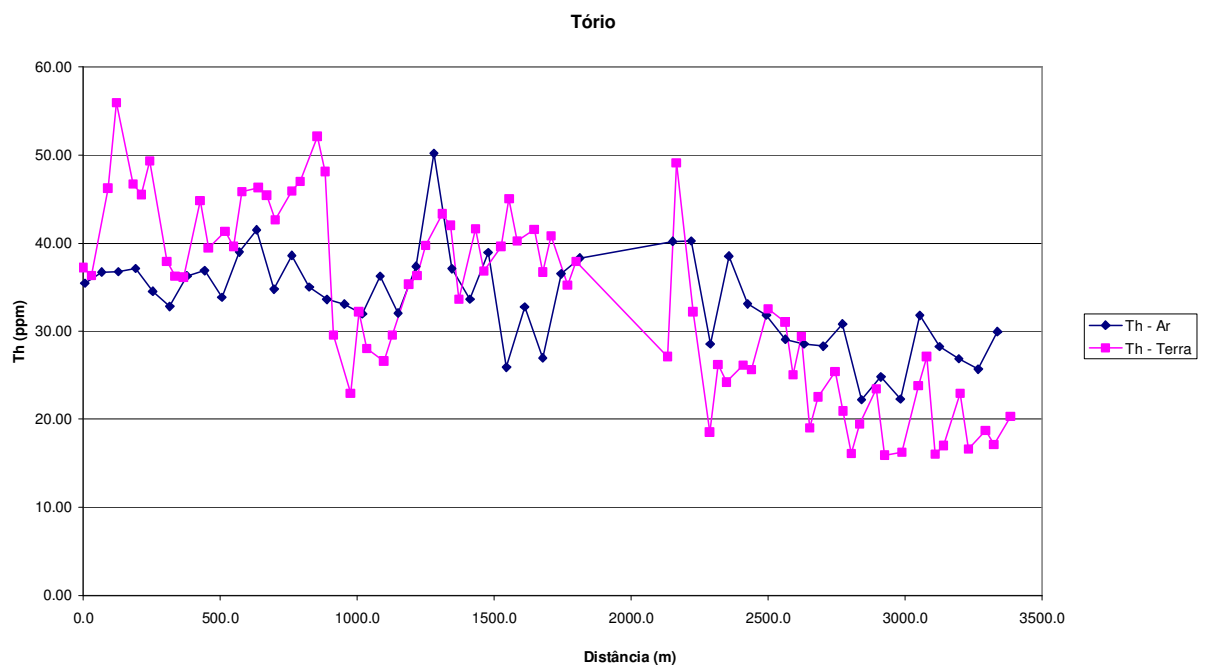


Figura 6 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 31/08/2004
 DADOS BRUTOS

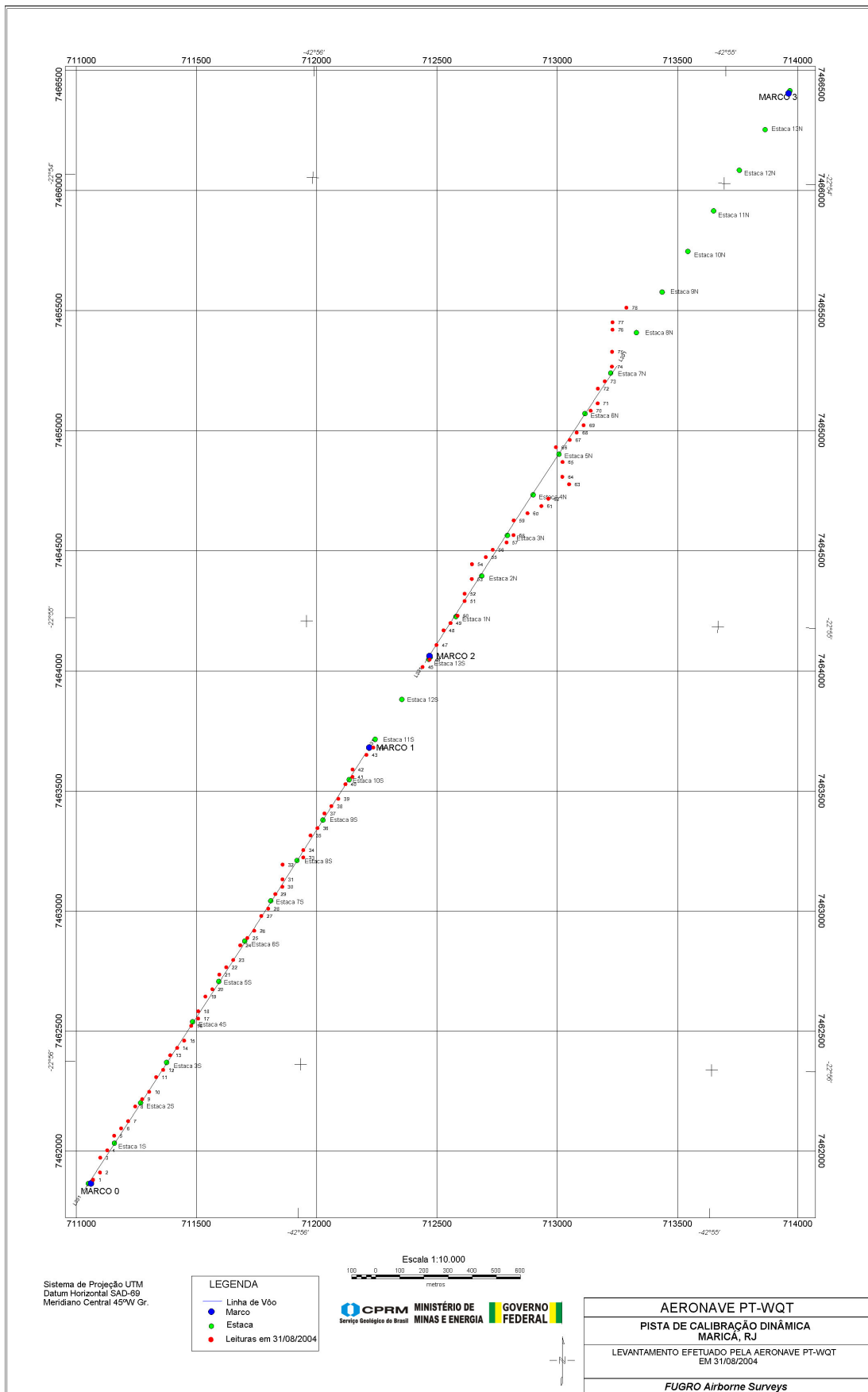
Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711070	7461882	17,3	2,3	4,6	37,7	4655	825	265	330
2		711099	7461912	14,0	1,2	2,5	36,8	3809	545	221	322
3		711100	7461973	16,5	0,9	2,6	46,7	3958	510	241	355
4		711129	7462004	20,6	2,6	0,7	56,4	5904	931	279	491
5	Estaca 1S	711158	7462065	18,2	2,3	1,9	47,2	5127	834	258	411
6		711187	7462095	18,1	2,1	2,6	46,0	5099	805	266	401
7		711216	7462126	19,2	2,4	2,0	49,8	5221	882	273	434
8		711246	7462187	16,5	2,4	2,8	38,4	4505	807	235	336
9	Estaca 2S	711274	7462217	16,5	2,8	2,7	36,7	4682	890	223	320
10		711303	7462248	15,9	2,4	2,7	36,6	4574	798	223	320
11		711333	7462309	19,4	2,4	4,2	45,3	5134	893	294	397
12		711362	7462339	17,0	2,4	2,9	39,9	4668	824	243	348
13	Estaca 3S	711391	7462400	17,6	2,7	2,4	41,8	4961	887	243	365
14		711420	7462431	17,4	3,2	1,6	40,1	4945	965	219	349
15		711449	7462461	19,3	2,7	3,0	46,3	5381	944	276	404
16		711478	7462522	19,2	2,9	2,1	46,8	5268	965	260	408
17	Estaca 4S	711507	7462552	19,1	2,7	2,8	45,9	5159	929	270	401
18		711508	7462583	18,2	2,6	3,0	43,1	5120	892	259	376
19		711537	7462644	18,8	2,7	2,2	46,4	5195	923	261	405
20		711566	7462675	19,3	2,7	2,4	47,5	5424	930	269	414
21	Estaca 5S	711595	7462736	19,7	2,3	1,7	52,6	5703	870	281	458
22		711624	7462766	19,2	2,5	2,3	48,6	5407	899	273	423
23		711653	7462796	13,0	2,1	1,9	30,0	3814	680	178	262
24		711682	7462858	10,4	2,1	0,8	23,4	3110	608	125	204
25	Estaca 6S	711711	7462888	15,9	3,4	2,1	32,7	4548	973	195	286
26		711740	7462918	13,5	2,6	2,1	28,5	3987	772	174	249
27		711770	7462979	13,3	2,8	2,0	27,1	3886	804	165	237
28		711799	7463010	15,1	2,8	3,5	30,0	4356	870	208	263
29	Estaca 7S	711828	7463071	15,3	2,4	2,2	35,8	4228	788	211	312
30		711857	7463101	15,7	3,0	1,0	36,8	4618	905	192	320
31		711857	7463132	18,3	3,2	3,0	40,2	5201	1012	247	351
32		711858	7463194	18,4	2,9	2,2	43,8	5150	951	248	382
33	Estaca 8S	711944	7463223	17,5	2,7	1,9	42,5	4926	885	236	370
34		711945	7463254	15,0	2,4	2,5	34,1	4257	781	208	298
35		711974	7463315	18,0	2,7	2,8	42,1	4965	911	251	368
36		712003	7463345	15,8	2,4	2,2	37,3	4342	796	218	325
37	Estaca 9S	712032	7463407	16,7	2,7	1,7	40,1	4711	862	222	34
38		712061	7463437	18,1	2,5	1,9	45,5	5002	865	250	397
39		712090	7463467	18,2	3,0	3,1	40,7	5069	971	252	356
40		712119	7463528	18,5	3,1	2,7	42,0	5431	984	248	366
41	Estaca 10S	712148	7463559	15,1	2,3	1,4	37,2	4374	769	203	324
42		712149	7463590	18,7	2,9	3,8	41,3	5264	963	267	361
43		712207	7463650	14,6	2,3	1,4	35,7	4141	751	195	311
44	Marco 1	712236	7463681	17,5	2,4	4,4	38,4	4769	836	265	337
45		712440	7464016	14,4	2,7	3,7	27,6	4085	823	200	242
46	Marco 2	712469	7464047	16,3	0,5	2,0	49,6	4217	457	271	432
47		712498	7464108	12,1	0,5	3,0	32,7	3213	379	211	286

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (µR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
48		712527	7464169	9,0	1,2	2,6	19,0	2571	434	139	167
49		712556	7464199	9,7	0,5	1,9	26,7	2657	308	161	233
50	Estaca 1N	712585	7464230	9,6	1,3	0,9	24,7	2764	453	134	216
51		712615	7464291	11,5	1,9	1,6	26,6	3429	600	157	232
52		712615	7464321	11,6	1,7	2,4	26,1	3150	585	170	289
53		712645	7464383	14,3	1,8	3,3	33,0	3924	652	218	289
54	Estaca 2N	712645	7464444	13,2	2,2	1,3	31,5	3838	693	173	275
55		712703	7464474	11,5	1,8	2,3	25,5	3363	592	164	223
56		712732	7464504	11,8	1,6	1,3	29,9	2815	521	132	200
57		712789	7464534	9,4	1,9	1,4	19,5	2762	552	118	170
58	Estaca 3N	712818	7464565	9,4	1,2	1,5	23,0	2789	436	138	201
59		712819	7464626	12,1	1,8	3,0	25,9	3343	614	178	227
60		712876	7464656	11,0	2,4	1,9	21,4	3226	694	136	187
61		712934	7464686	9,9	2,2	2,8	16,6	2864	626	131	146
62	Estaca 4N	712963	7464717	10,4	2,1	2,3	19,9	2967	631	138	174
63		713049	7464777	10,7	2,2	0,8	23,9	3062	648	128	208
64		713021	7464808	8,8	2,0	1,6	16,4	2598	567	108	143
65		713022	7464870	8,6	1,9	1,4	16,7	2650	544	105	146
66	Estaca 5N	712994	7464931	10,9	1,2	3,2	24,3	3027	485	175	213
67		713052	7464961	11,2	1,8	0,8	27,6	3212	587	144	240
68		713081	7464992	8,6	1,7	2,0	16,5	2454	504	117	145
69		713110	7465022	7,6	0,8	2,1	17,5	2243	322	123	153
70	Estaca 6N	713139	7465083	9,3	1,2	1,2	23,4	2621	422	132	204
71		713168	7465114	8,5	1,7	1,6	17,1	2649	514	112	150
72		713169	7465175	10,1	2,0	2,4	19,2	2839	605	136	168
73		713198	7465206	10,2	2,3	2,6	17,6	3129	655	132	154
74	Estaca 7N	713227	7465267	7,9	0,3	2,3	20,8	2194	253	142	182
75**		713228	7465328	12,9	0,4	4,8	31,9	3242	372	241	280
76**		713229	7465420	14,2	0,4	3,8	38,6	3782	410	254	337
77**		713230	7465451	13,1	1,0	3,1	33,3	3522	498	216	291
78**		713288	7465512	14,6	0,4	3,2	41,5	3736	422	257	362
79	*	723034	7461432	-0,2	0,0	-0,2	0,0	128	-6	-4	0
80	*	723005	7461402	-0,5	0,0	-0,5	0,6	111	-13	-6	5
81	*	722976	7461372	-0,3	-0,1	-0,2	0,8	104	-19	0	7
82	*	722947	7461341	-0,3	-0,1	-0,2	0,4	99	-15	-1	4
83	*	722918	7461311	-0,5	0,0	-0,5	0,0	90	-15	-9	0
84	*	722889	7461281	-0,4	0,0	-0,4	0,5	106	-13	-5	4
85	*	722860	7461250	-0,5	-0,1	-0,4	1,0	115	-18	-3	9

* *Background* na Lagoa de Maricá

** Amostragem não considerada no cálculo devido a impossibilidade de chegada no local exato ou proximidades.

cpm= Contagem por minuto; ppm = parte por milhão



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

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

ANEXO I-f

ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADO DOS TESTES

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-f.1

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
02 de JULHO DE 2004

SUMÁRIO

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

Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela 1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

- a) Médias sobre a Água
- b) Médias sobre a Terra
- c) Médias Terra - Água

Figura 1 - Coeficientes de Atenuação

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

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

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) realizados em 02.07.2004 nas proximidades de Maricá (RJ), objetivando a determinação dos coeficientes de sensibilidade para converter os dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos (% K, ppm para eU e eTh e $\mu\text{R/h}$ para o canal de contagem total), também são realizados vôos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) dos radioelementos potássio, urânio e tório, bem como para o canal de contagem total.

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

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

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

N_H é a radiação à distância H da fonte,

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

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

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

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

Os valores de μ obtidos foram calculados a partir dos valores corrigidos dos *backgrounds* da aeronave, cósmico e do radônio, bem como do efeito do espalhamento Compton, sendo apresentados no Quadro 1 a seguir:

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
Contagem Total	-0,0092
Potássio	-0,0112
Urânio	-0,0094
Tório	-0,0093

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Os valores das médias bem como os gráficos correspondentes, são apresentados na Tabela 1 e na Figura 1, a seguir:

1a. MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	1159,89	31,14	17,53	11,02
331	1157,45	33,52	18,44	9,69
332	1155,51	31,99	17,37	10,51
400	1147,85	30,04	17,01	11,08
500	1145,77	32,88	16,77	10,16
600	1129,12	30,17	16,31	9,62
700	1144,51	30,14	17,10	10,30
800	1163,94	30,34	18,35	10,87

* valores corrigidos do tempo morto

1b. MÉDIAS SOBRE A TERRA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	4411,27	314,66	96,24	177,08
331	4421,39	309,93	96,23	170,12
332	4377,17	308,52	97,51	173,71
400	3988,00	267,95	89,40	148,83
500	3557,23	229,56	77,85	127,18
600	3202,07	197,24	70,99	113,32
700	2829,18	164,98	63,03	94,93
800	2614,32	145,97	55,94	82,07

* valores corrigidos do tempo morto

1c. MÉDIAS TERRA-ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	3255,65	187,24	28,57	165,44
331	3263,94	179,63	29,39	160,43
332	3221,66	177,30	30,98	163,20
400	2840,15	149,22	29,61	137,75
500	2411,46	120,75	23,53	117,02
600	2072,95	99,02	21,03	103,70
700	1684,67	77,81	17,94	84,63
800	1450,38	68,07	13,41	71,20

*valores corrigidas do tempo morto, background e espalhamento Compton

Tabela 1 – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

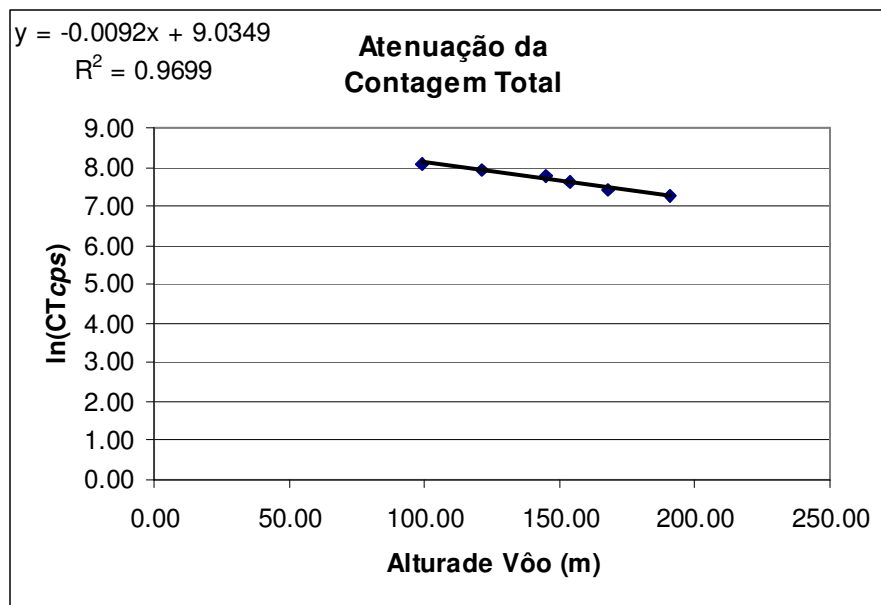


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total

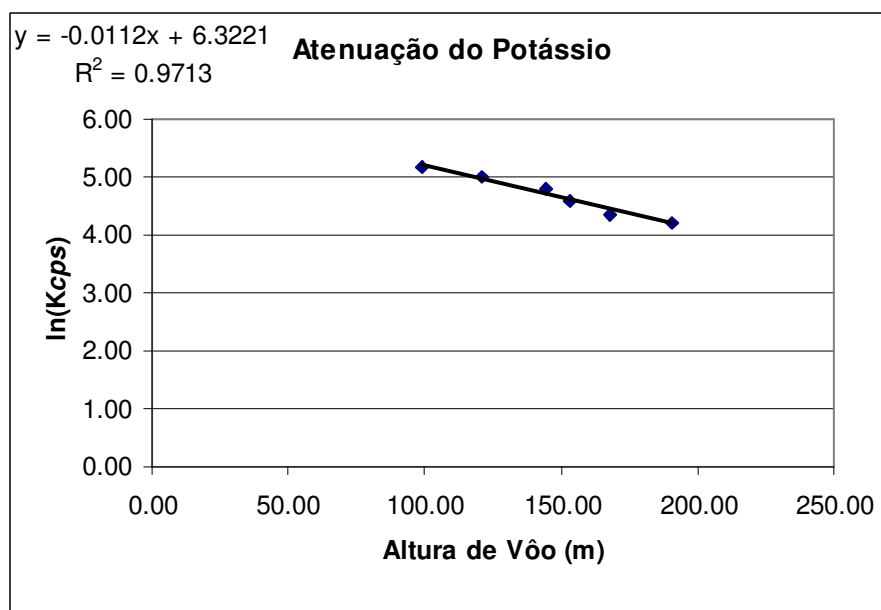


Figura 1b- Coeficiente de Atenuação - Potássio

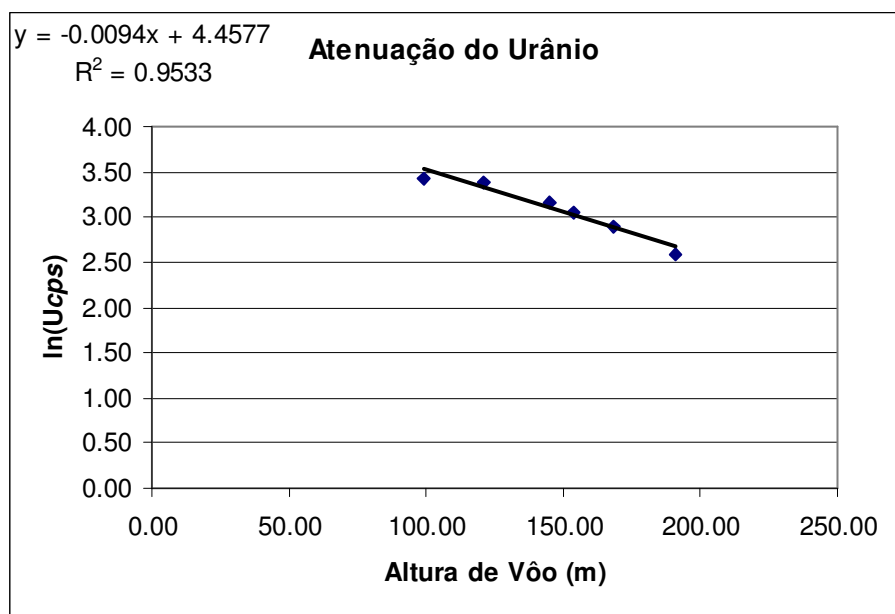


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação –Urânio

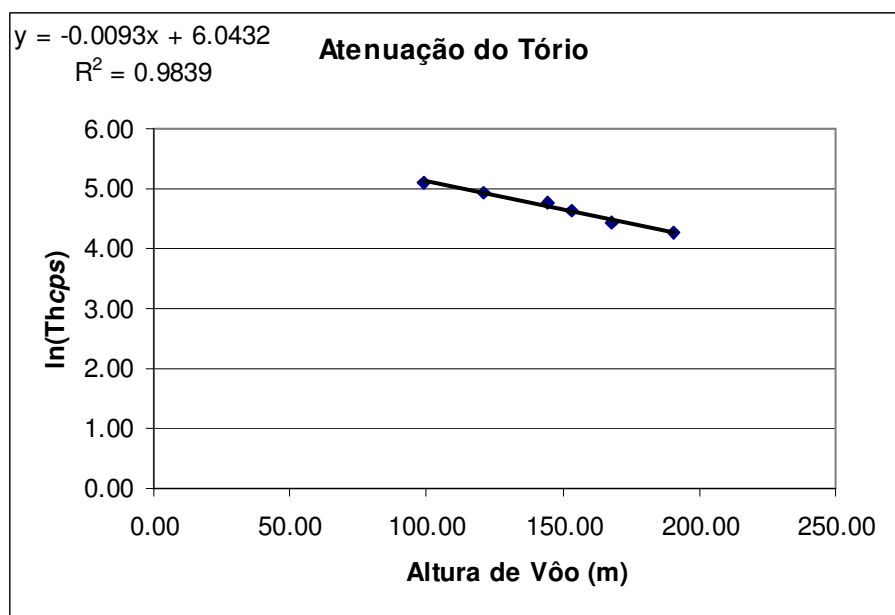


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação - Tório

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:

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

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

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

onde:

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-f.2

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-FZN

RIO DE JANEIRO-RJ
18 DE DEZEMBRO DE 2004

SUMÁRIO

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

Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela 1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

- d) Médias sobre a Água
- e) Médias sobre a Terra
- f) Médias Terra - Água

Figura 1 - Coeficientes de Atenuação

- e) Contagem Total
- f) Potássio
- g) Urânio
- h) Tório

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

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) realizados em 18.12.2004 nas proximidades de Maricá (RJ), objetivando a determinação dos coeficientes de sensibilidade para converter os dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos (% K, ppm para eU e eTh e $\mu\text{R/h}$ para o canal de contagem total), também são realizados vôos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) dos radioelementos potássio, urânio e tório, bem como para o canal de contagem total.

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

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

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

N_H é a radiação à distância H da fonte,

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

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

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

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

Os valores de μ obtidos foram calculados a partir dos valores corrigidos dos *backgrounds* da aeronave, cósmico e do radônio, bem como do efeito do espalhamento Compton, sendo apresentados no Quadro 1 a seguir:

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
Contagem Total	-0,0064
Potássio	-0,0078
Urânio	-0,0085
Tório	-0,0061

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Os valores das médias bem como os gráficos correspondentes, são apresentados na Tabela 1 e na Figura 1, a seguir:

1a, MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	1191,07	33,63	14,48	10,27
331	1185,63	33,17	15,53	10,50
332	1189,82	34,31	14,69	9,22
400	1198,64	34,13	15,57	10,07
500	1190,54	33,18	15,66	10,01
600	1201,67	31,51	15,95	10,35
700	1197,76	31,33	15,75	9,98
800	1201,42	31,73	15,41	10,73

* valores corrigidos do tempo morto

1b, MÉDIAS SOBRE A TERRA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	4635,02	305,92	90,26	164,57
331	4683,90	311,79	94,36	173,43
332	4653,45	305,22	94,02	166,08
400	4285,06	271,67	85,45	149,72
500	3768,28	225,78	73,34	127,29
600	3516,71	204,30	70,56	119,22
700	3005,58	165,73	58,50	94,60
800	3164,69	177,14	60,99	101,32

* valores corrigidos do tempo morto

1c, MÉDIAS TERRA-ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	3443,95	174,42	27,32	154,30
331	3498,27	176,31	27,73	162,93
332	3463,63	169,39	29,94	156,86
400	3086,42	147,06	24,92	139,65
500	2577,74	116,43	18,43	117,27
600	2315,04	100,65	17,45	108,87
700	1807,82	77,18	12,51	84,63
800	1963,27	84,62	13,69	90,59

*valores corrigidas do tempo morto, background e espalhamento Compton

Tabela 1 – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

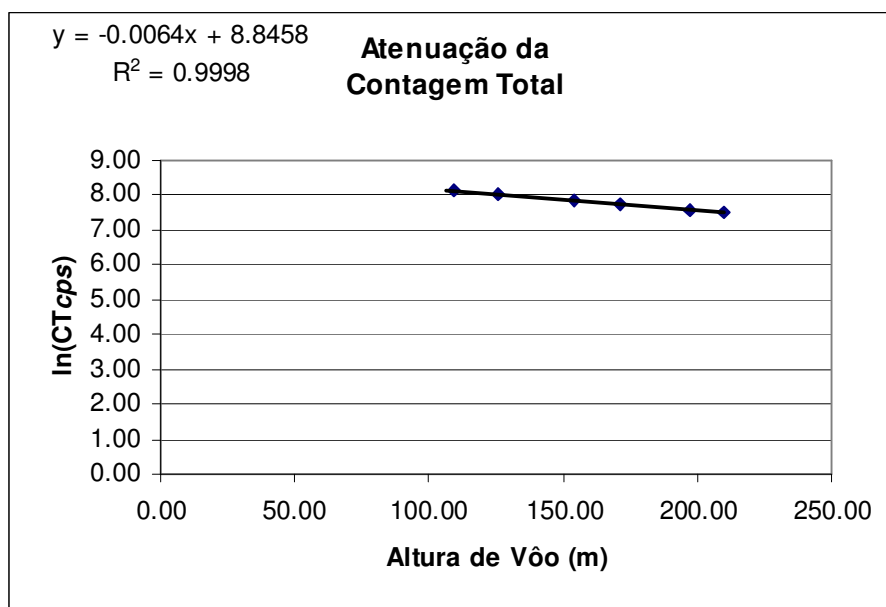


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total

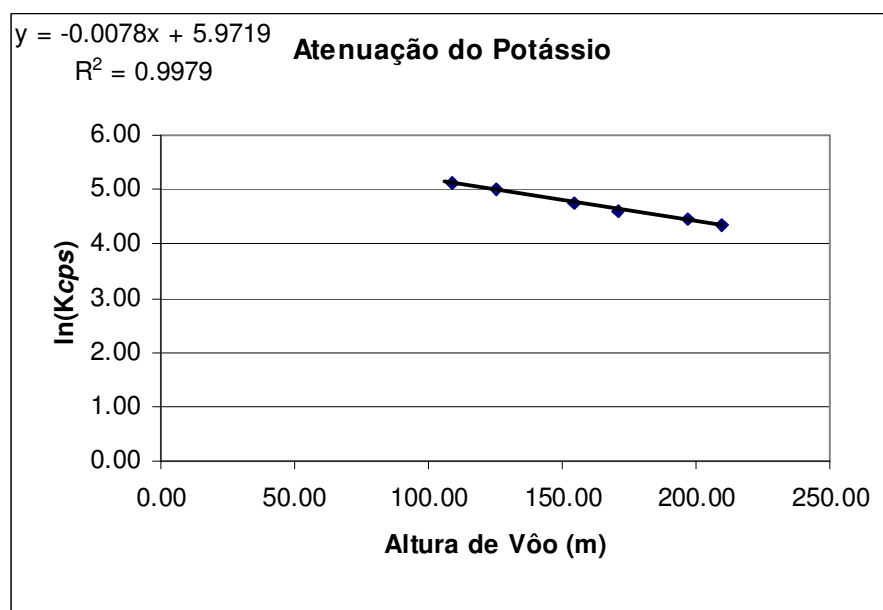


Figura 1b- Coeficiente de Atenuação - Potássio

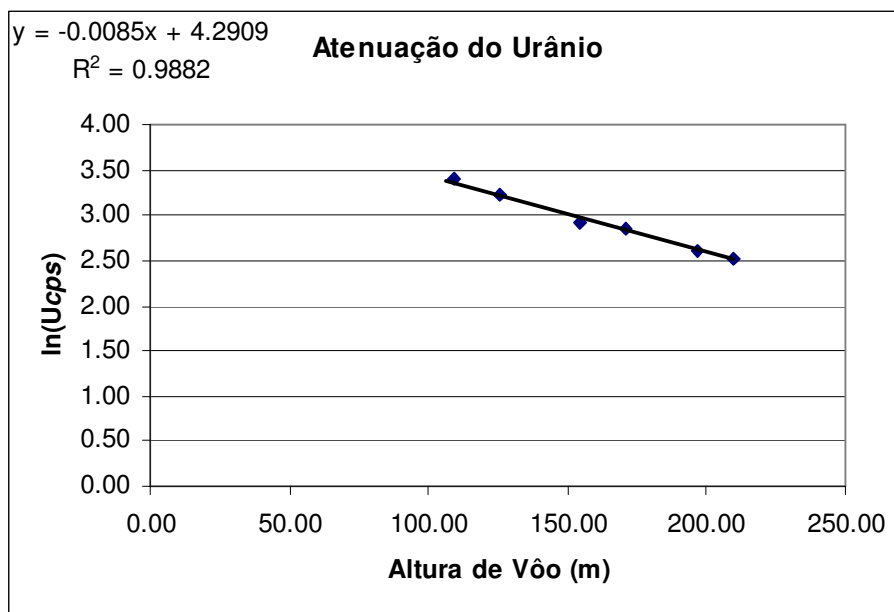


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação –Urânio

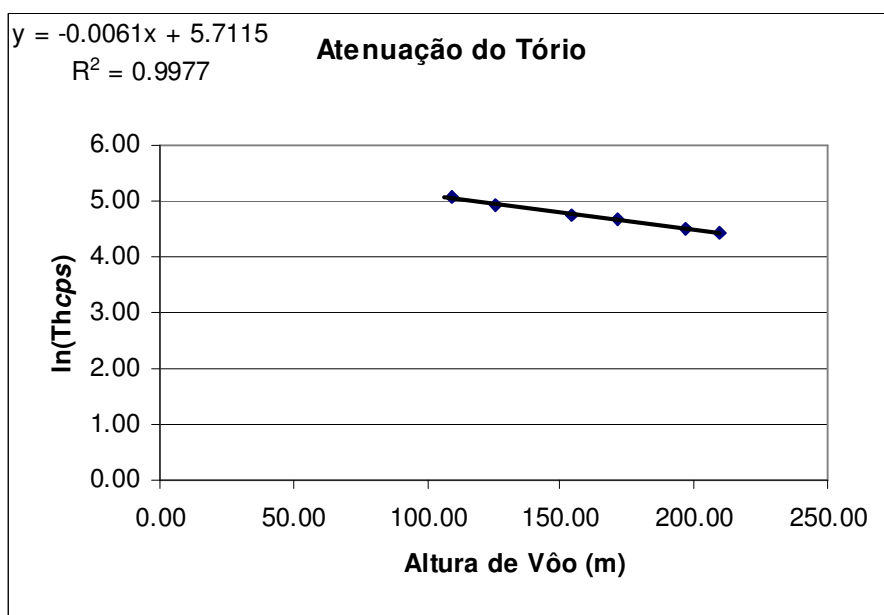


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação - Tório

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

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

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

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

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

onde:

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS
CPRM CONTRATO Nº 032/PR/04

ANEXO I-f.3

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE CESSNA 404 - TITAN

PT-WQT

RIO DE JANEIRO-RJ
31 DE AGOSTO DE 2004

SUMÁRIO

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

Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela 1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

- g) Médias sobre a Água
- h) Médias sobre a Terra
- i) Médias Terra - Água

Figura 1 - Coeficientes de Atenuação

- i) Contagem Total
- j) Potássio
- k) Urânio
- l) Tório

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

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) realizados em 31.08.2004 nas proximidades de Maricá (RJ), objetivando a determinação dos coeficientes de sensibilidade para converter os dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos (% K, ppm para eU e eTh e $\mu\text{R/h}$ para o canal de contagem total), também são realizados vôos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) dos radioelementos potássio, urânio e tório, bem como para o canal de contagem total.

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

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

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

N_H é a radiação à distância H da fonte,

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

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

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

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

Os valores de μ obtidos foram calculados a partir dos valores corrigidos dos *backgrounds* da aeronave, cósmico e do radônio, bem como do efeito do espalhamento Compton, sendo apresentados no Quadro 1 a seguir:

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
Contagem Total	-0,0069
Potássio	-0,0092
Urânio	-0,0078
Tório	-0,0067

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Os valores das médias bem como os gráficos correspondentes, são apresentados na Tabela 1 e na Figura 1, a seguir:

1a, MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	306,317	29,581	13,352	7,572
331	314,718	31,233	14,794	8,033
332	315,295	30,976	13,281	8,312
400	309,894	30,665	13,083	7,042
500	306,517	29,683	14,127	7,533
600	306,659	29,924	13,024	7,825
700	302,954	28,818	13,802	8,025
800	300,826	29,081	12,852	7,932

** valores corrigidos do tempo morto*

1b, MÉDIAS SOBRE A TERRA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	3393,498	294,757	84,144	161,084
331	3481,253	300,612	88,052	163,638
332	3456,289	296,550	87,543	160,925
400	2904,216	248,860	75,272	135,142
500	2529,558	208,980	69,007	115,454
600	2111,149	168,332	57,725	96,111
700	1782,371	142,297	50,474	81,833
800	1597,917	127,922	47,726	72,998

** valores corrigidos do tempo morto*

1c, MÉDIAS TERRA-ÁGUA*				
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	3087,181	175,096	25,065	153,512
331	3166,535	177,023	27,119	155,605
332	3140,994	173,029	28,990	152,613
400	2594,322	139,322	22,471	128,100
500	2223,041	109,902	20,252	107,921
600	1804,490	80,896	15,142	88,286
700	1479,417	65,273	10,870	73,808
800	1297,091	53,641	11,479	65,066

**valores corrigidas do tempo morto, background e espalhamento Compton*

Tabela 1 – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

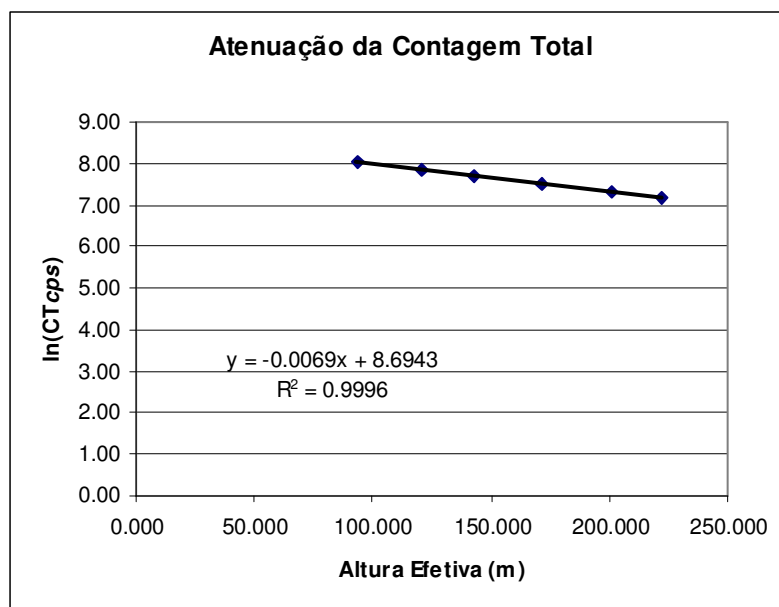


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total

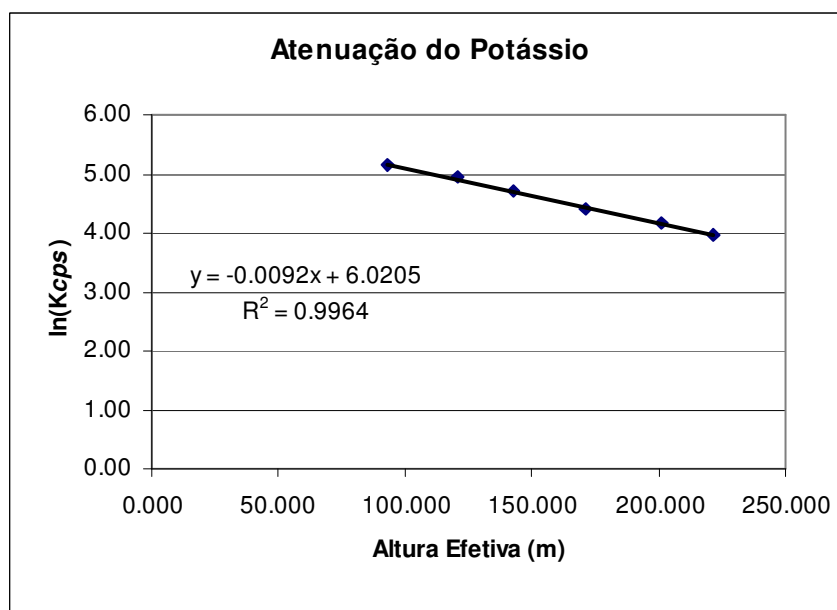


Figura 1b- Coeficiente de Atenuação - Potássio

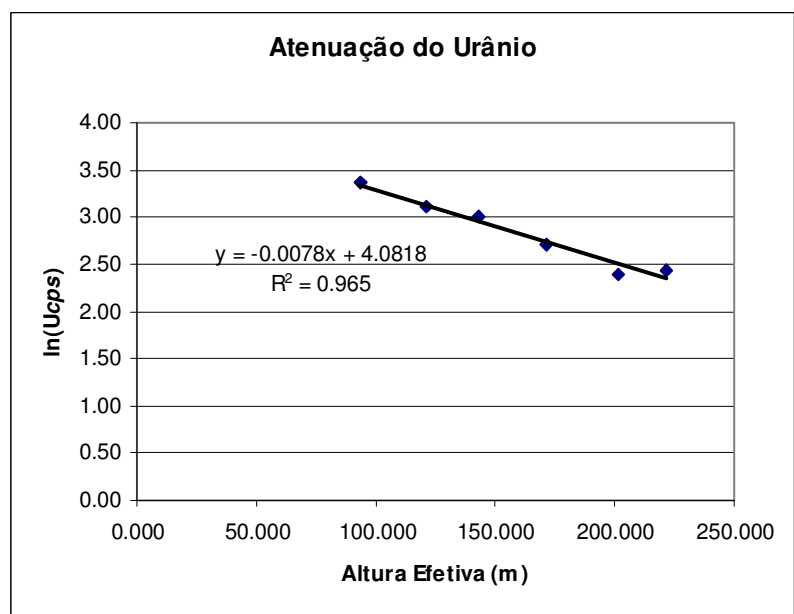


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação -Urânio

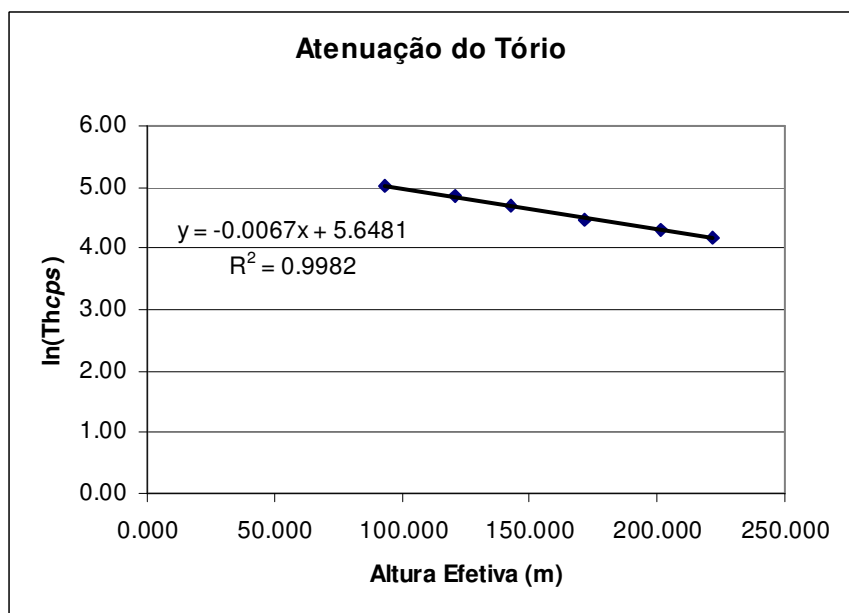


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação - Tório

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

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

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

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

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

onde:

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

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Altimetros

Anexo II-a.1 – Teste de Altímetros

PT-FZN

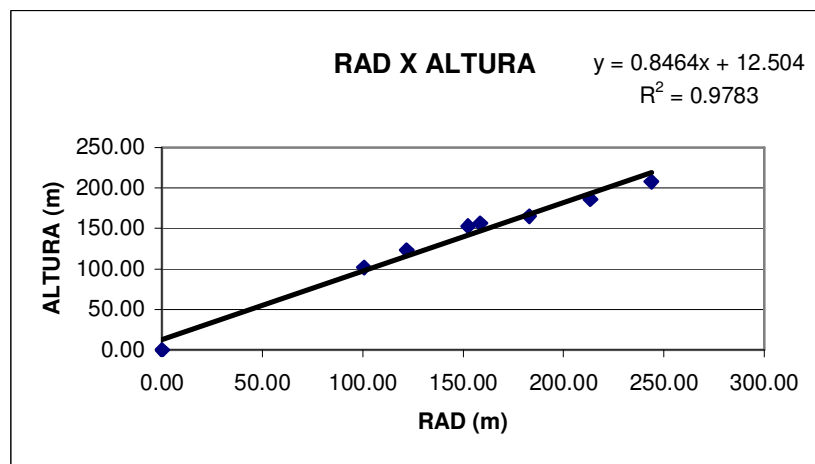
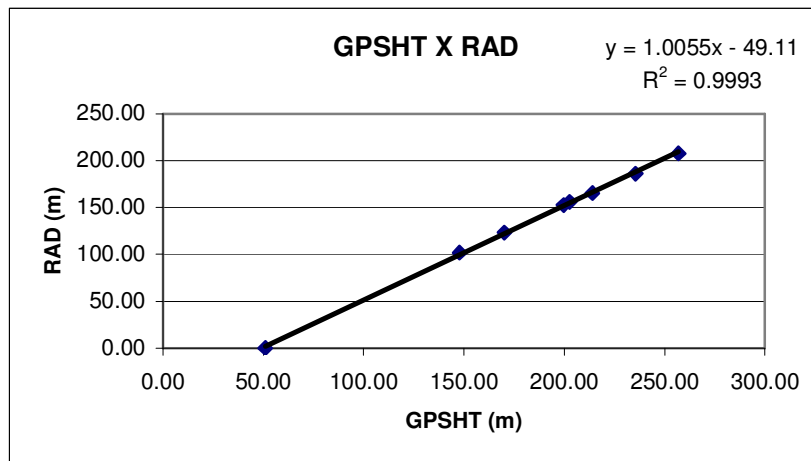
Nº Job	2419.2
Base	Porto Trombetas-PA
Aeronave	PT-FZN
Data	28/10/2004
nº Vôo	001

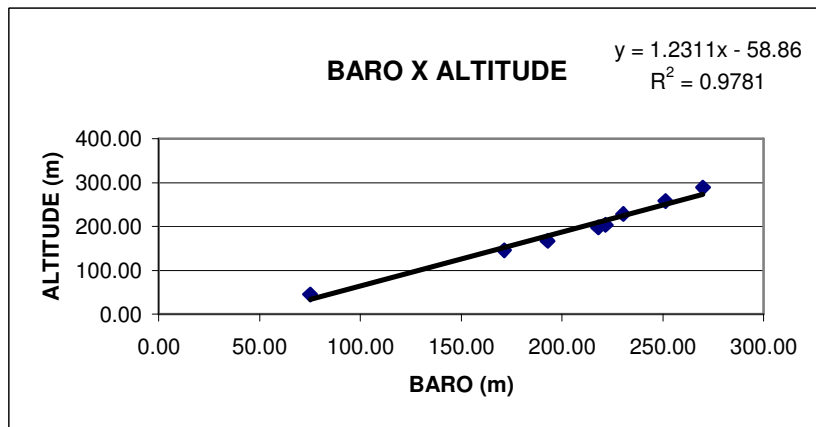
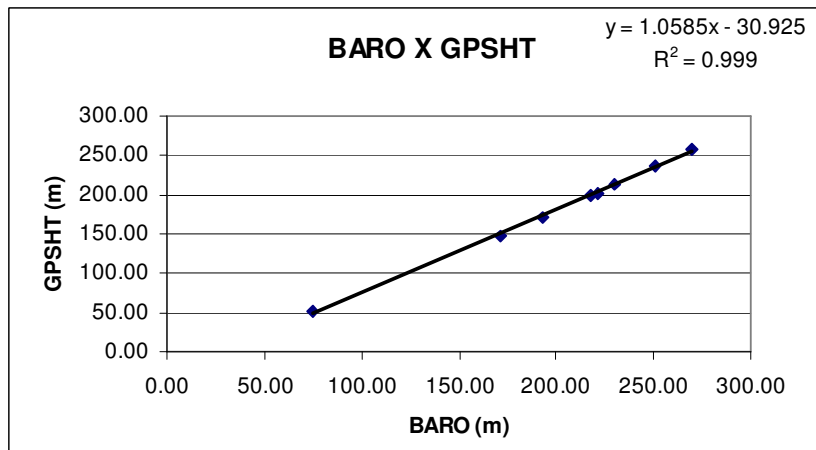
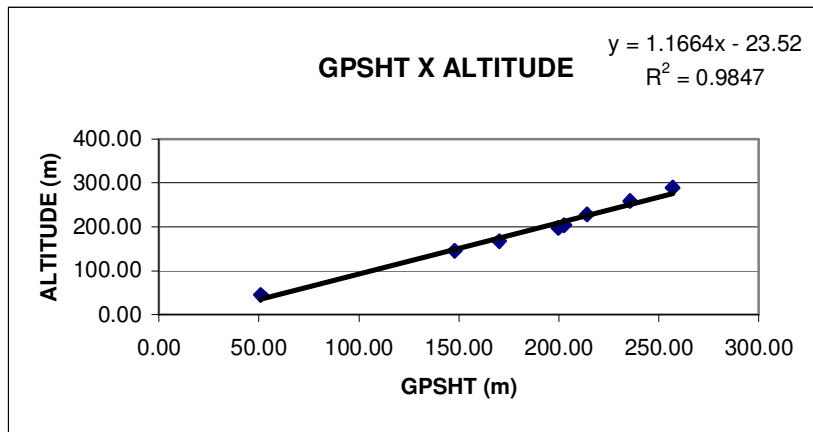
ALTITUDE DA PISTA: 45,3 m

ALTURA = ALTURA TEÓRICA

ALTITUDE = ALTITUDE TEÓRICA CORRIGIDA COM A PISTA

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RAD (m)	BARO (m)
800	243,84	289,14	256,95	207,80	269,92
700	213,36	258,66	235,64	186,06	251,20
600	182,88	228,18	214,05	165,14	230,25
520	158,50	203,80	202,67	156,22	221,56
500	152,40	197,70	199,72	152,78	217,94
400	121,92	167,22	170,25	123,34	192,86
330	100,58	145,88	147,84	101,93	171,20
0	0,00	45,30	50,96	0,00	75,14





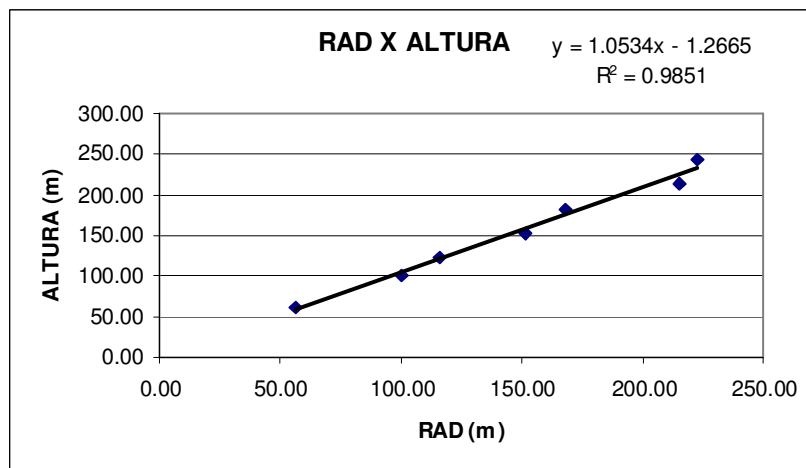
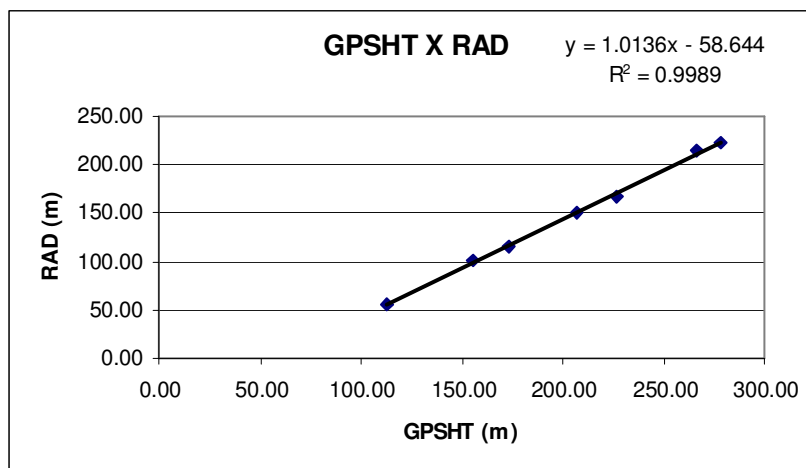
Anexo II-a.2 – Teste de Altímetros

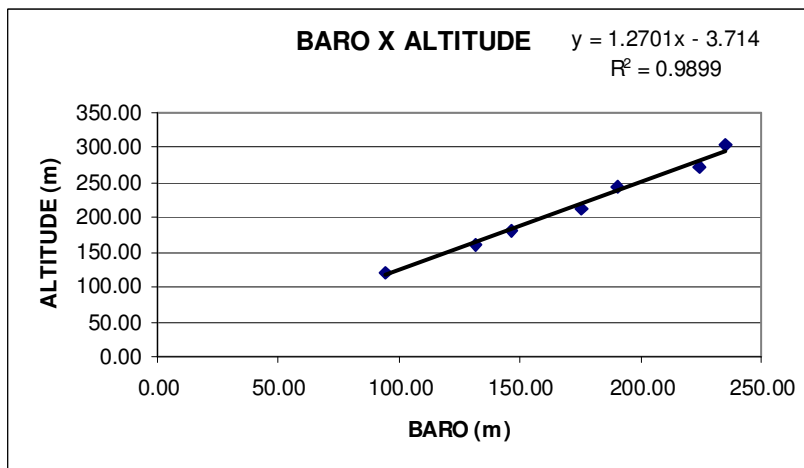
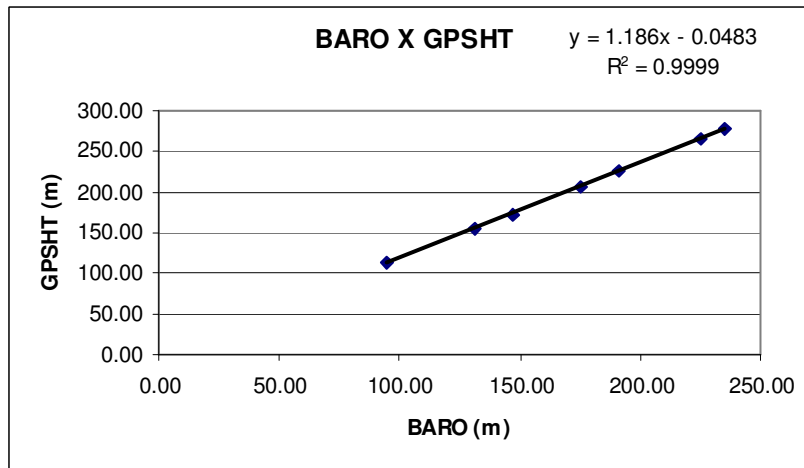
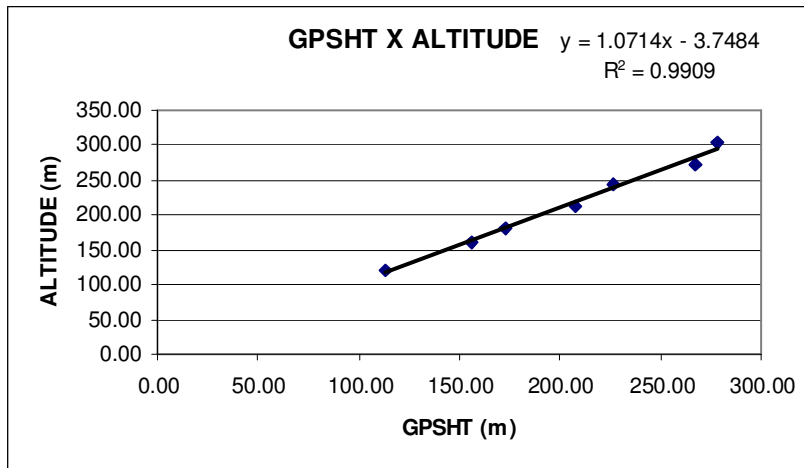
PT-WQT

Nº Job	2419.2
Base	Santarém-PA
Aeronave	PT-WQT
Data	18/11/2004
nº Voo	1

ALTITUDE DA PISTA: 60,0 m
ALTURA = ALTURA TEÓRICA
ALTITUDE = ALTITUDE TEÓRICA CORRIGIDA COM A PISTA

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RAD (m)	BARO (m)
800	243,84	303,89	278,57	222,37	234,75
700	213,36	273,41	266,74	215,32	224,69
600	182,88	242,93	226,56	168,32	190,62
500	152,40	212,45	207,35	151,26	175,58
400	121,92	181,97	172,96	115,65	146,73
330	100,58	160,63	155,74	100,57	131,43
200	60,96	121,01	113,16	56,39	94,73





ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

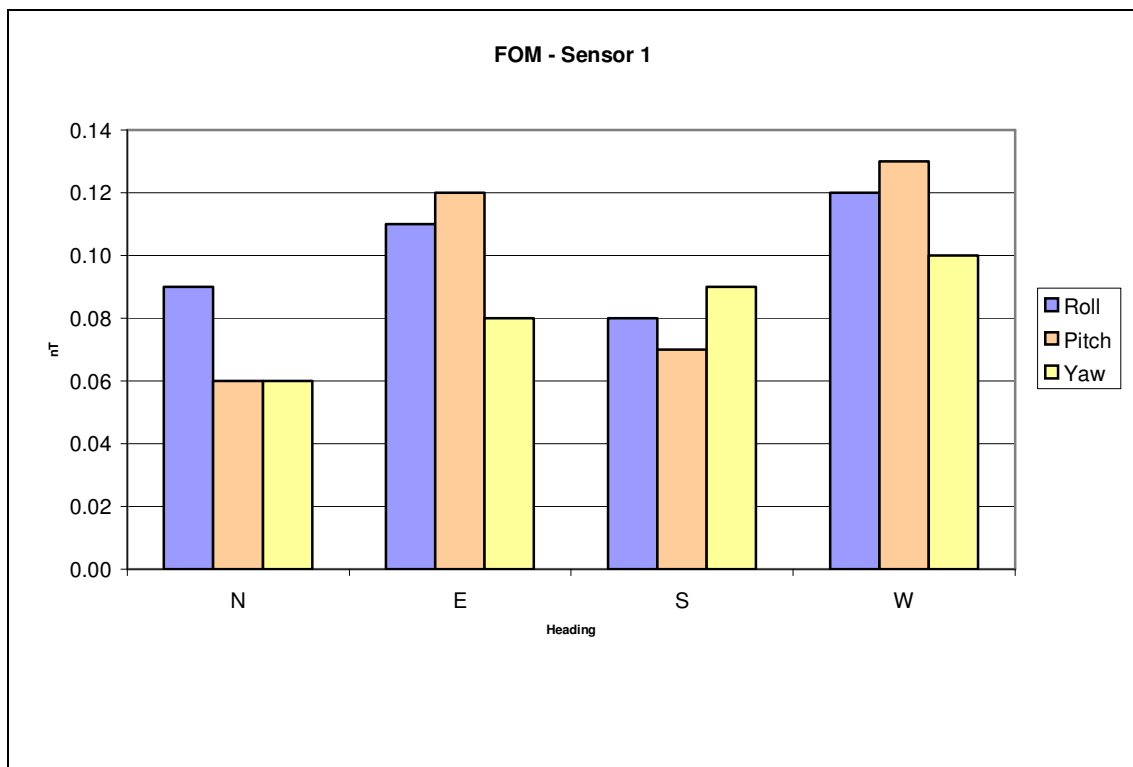
Anexo II-b – Compensação Magnética

Anexo II-b.1 – Compensação Magnética

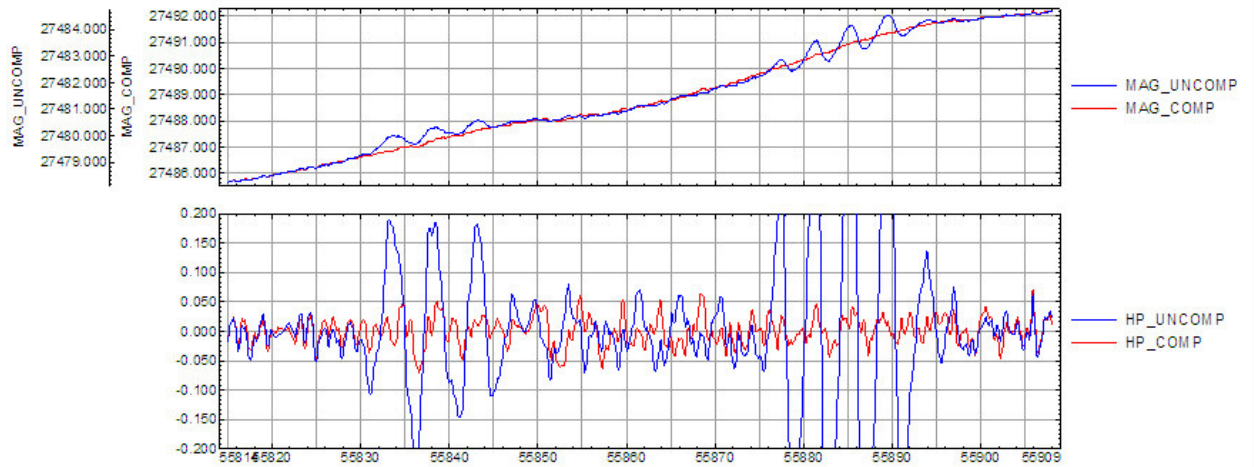
PT-FZN

Nº Job	2419.2
Base	Porto Trombetas/PA
Aeronave	PT-FZN
Data	2/11/2004
nº Vôo	2

Azimute	Direção	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL
360°	N	0,090	0,060	0,060	0,210
90°	E	0,110	0,120	0,080	0,310
180°	S	0,080	0,070	0,090	0,240
270°	W	0,120	0,130	0,100	0,350
TOTAL					1,110



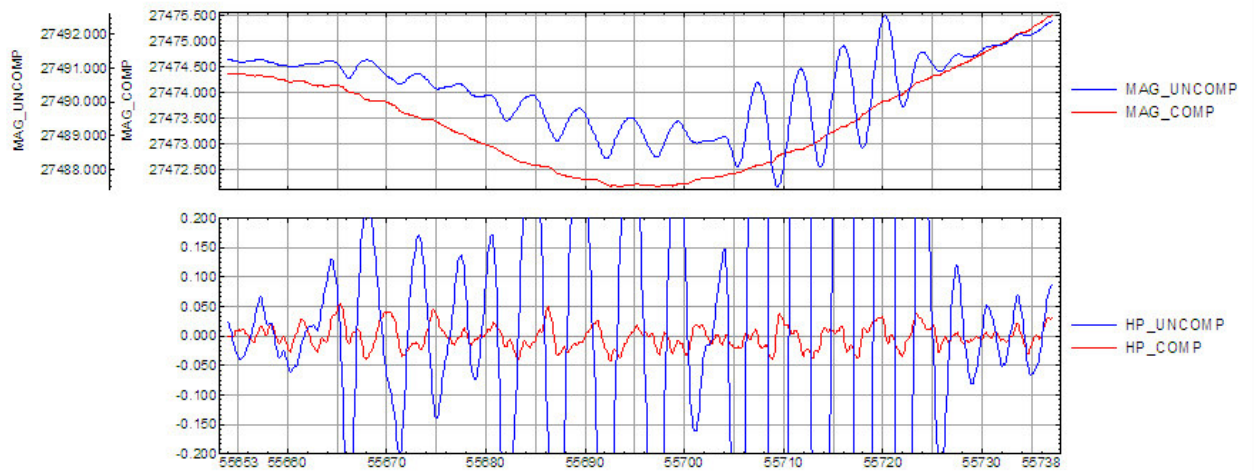
VOO 002 - FOME - JOB 2419



database: C:\job_2419_2\mag\m ag002.gdb line/group: T90.1

2004/11/16

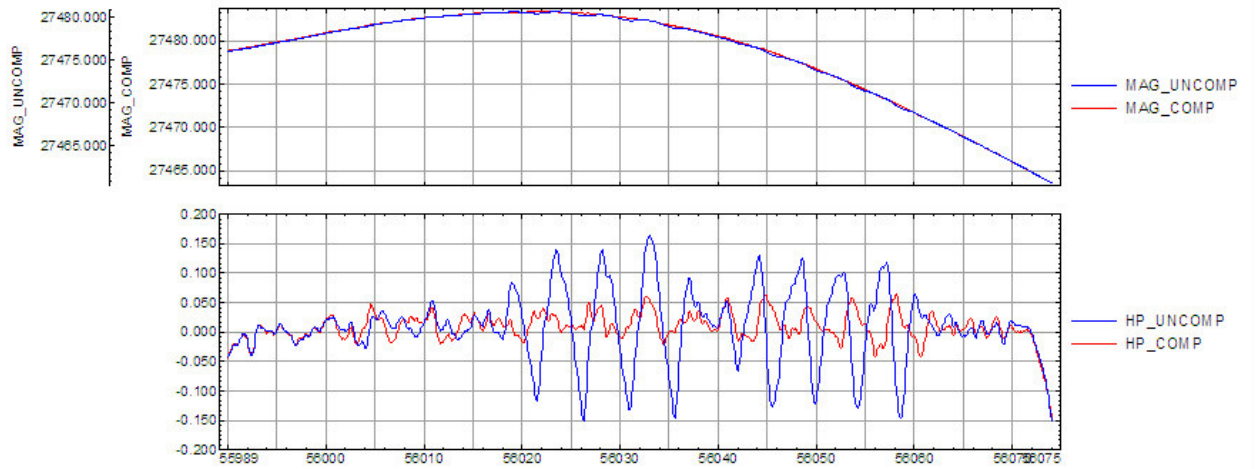
VOO 002 - FOM N - JOB 2419



database: C:\job_2419_2\mag\m ag002.gdb line/group: T360.1

2004/11/16

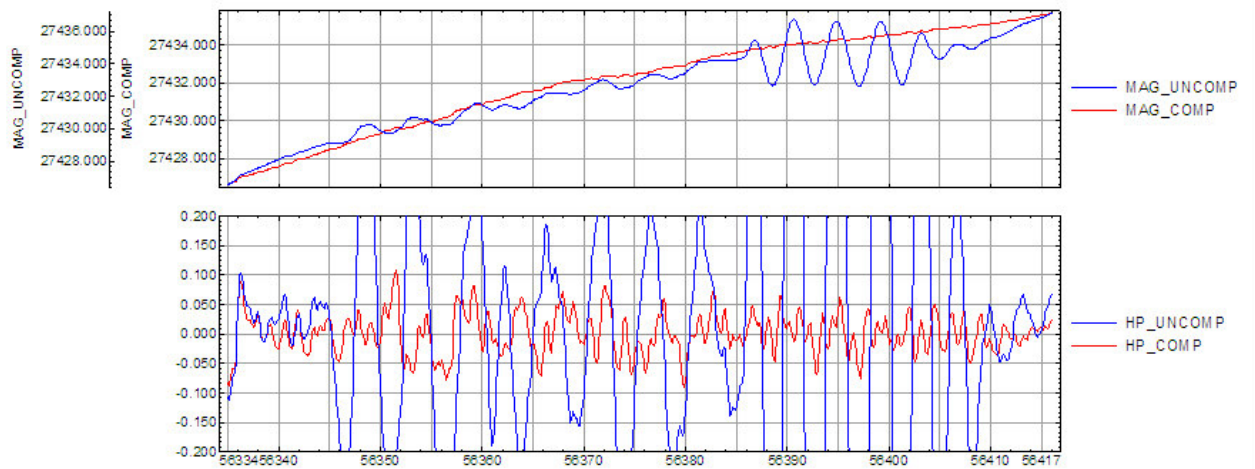
VOO 002 - FOM S - JOB 2419



database: C:\job_2419_2\mag\mag002.gdb line/group: T180.1

2004/11/16

VOO 002 - FOM W - JOB 2419



database: C:\job_2419_2\mag\mag002.gdb line/group: T270.1

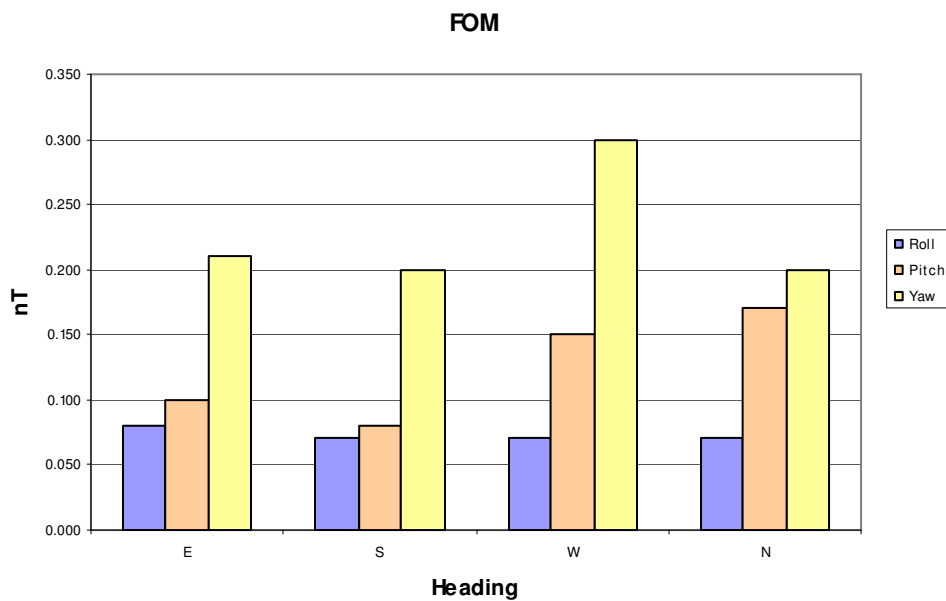
2004/11/16

Anexo II-b.2 – Compensação Magnética

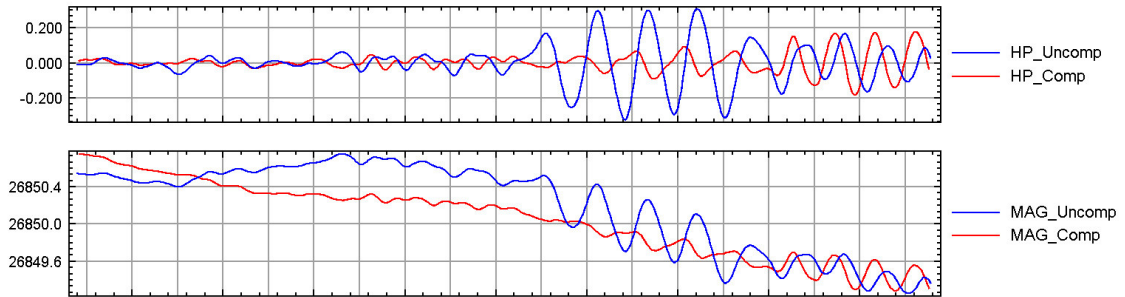
PT-WQT

Nº Job	2419.2
Base	Santarém, PA
Aeronave	PT-WQT
Data	23/11/2004
nº Vôo	6

Azimute	Direção	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL
90°	E	0,080	0,100	0,210	0,390
180°	S	0,070	0,080	0,200	0,350
270°	W	0,070	0,150	0,300	0,520
0°	N	0,070	0,170	0,200	0,440
TOTAL					1,700



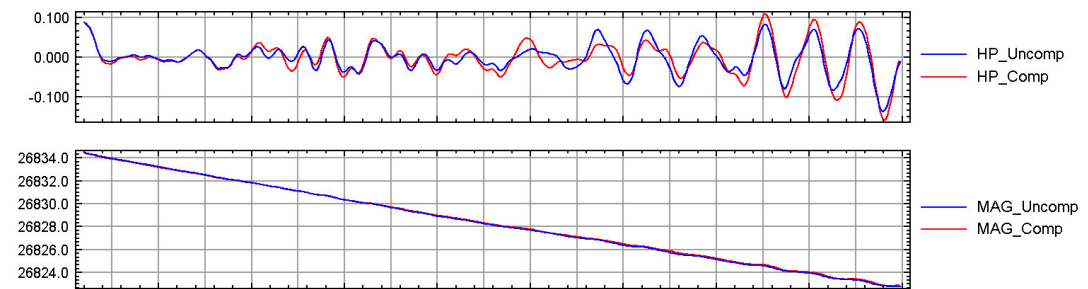
VOO 006 - FOM E - Job 2419



database: C:\job_2419.2\oasis\VOO6.gdb line/group: L91

2004/11/29

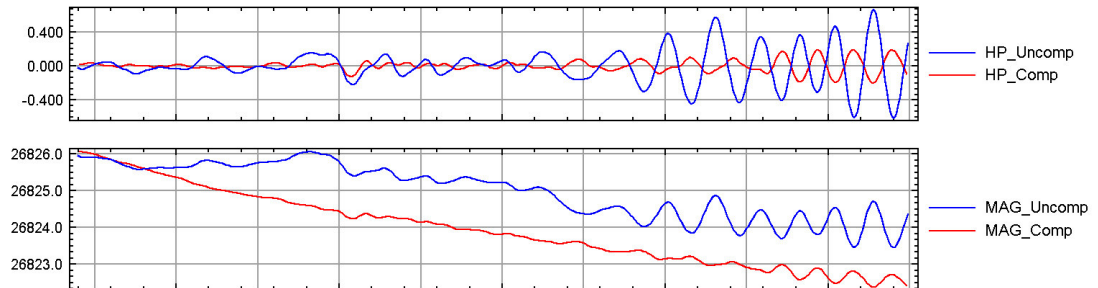
VOO 006 - FOM S - Job 2419



database: C:\job_2419.2\oasis\VOO6.gdb line/group: L181

2004/11/29

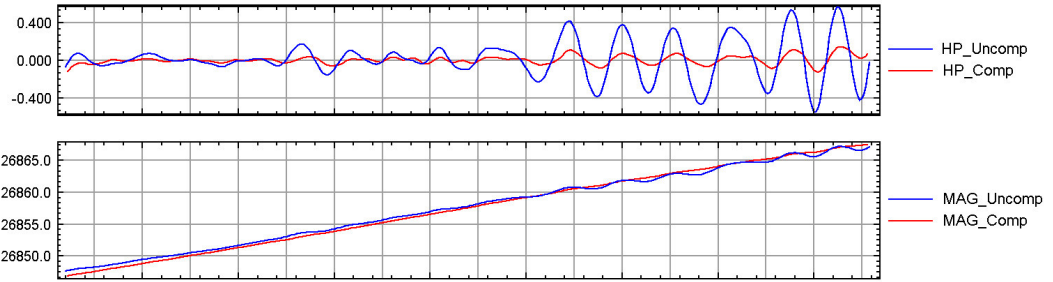
VOO 006 - FOM W - Job 2419



database: C:\job_2419.2\oasis\VOO6.gdb line/group: L271

2004/11/29

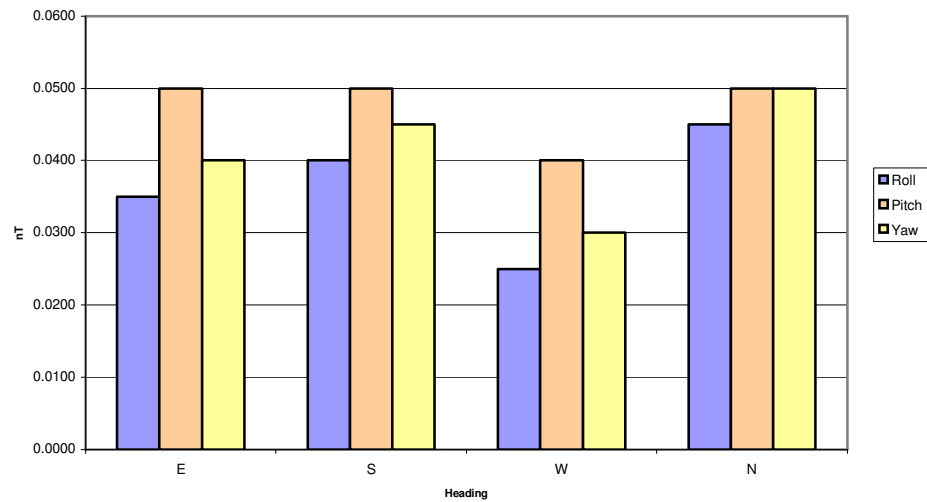
VOO 006 - FOM N - Job 2419



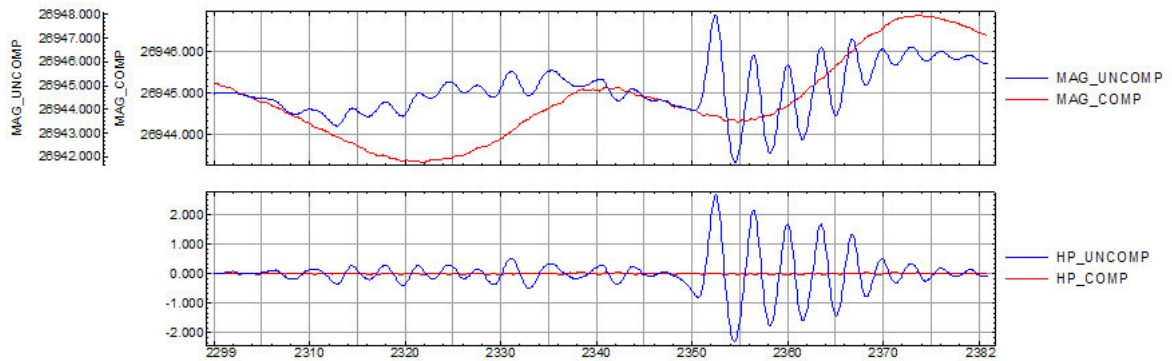
Nº Job	2419.2
Base	Santarém, PA
Aeronave	PT-WQT
Data	1/12/2004
nº Voo	14

Azimute	Direção	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL
90°	E	0,035	0,050	0,040	0,125
180°	S	0,040	0,050	0,045	0,135
270°	W	0,025	0,040	0,030	0,095
0°	N	0,045	0,050	0,050	0,145
TOTAL					0,500

FOM



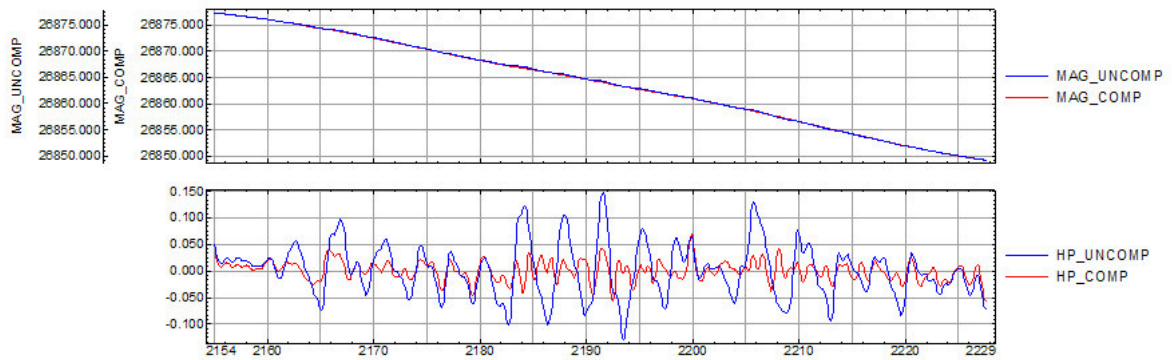
VOO 014 - FOM E - JOB 2419



database: C:\job_2419.2\FOM14.gdb line/group: L90

2004/12/01

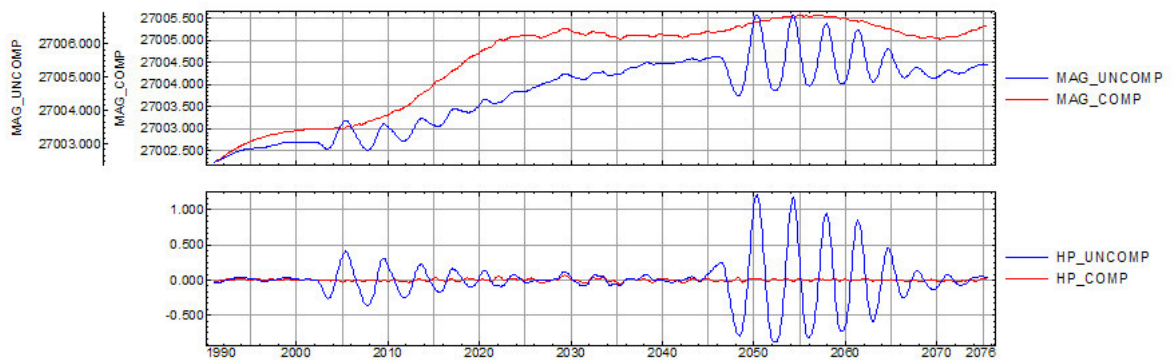
VOO 014 - FOM S - JOB 2419



database: C:\job_2419.2\FOM14.gdb line/group: L180

2004/12/01

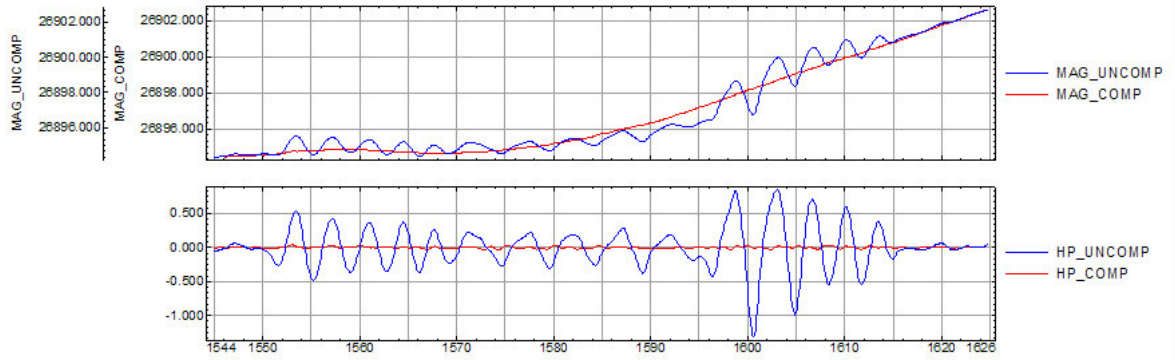
VOO 014 - FOM W - JOB 2419



database: C:\job_2419.2\FOM14.gdb line/group: L270

2004/12/01

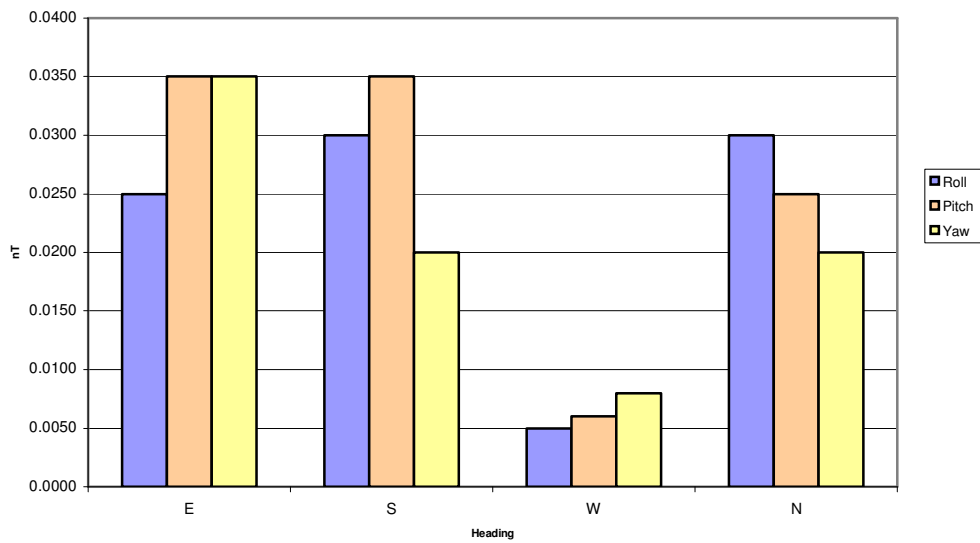
VOO 014 - FOM N - JOB 2419



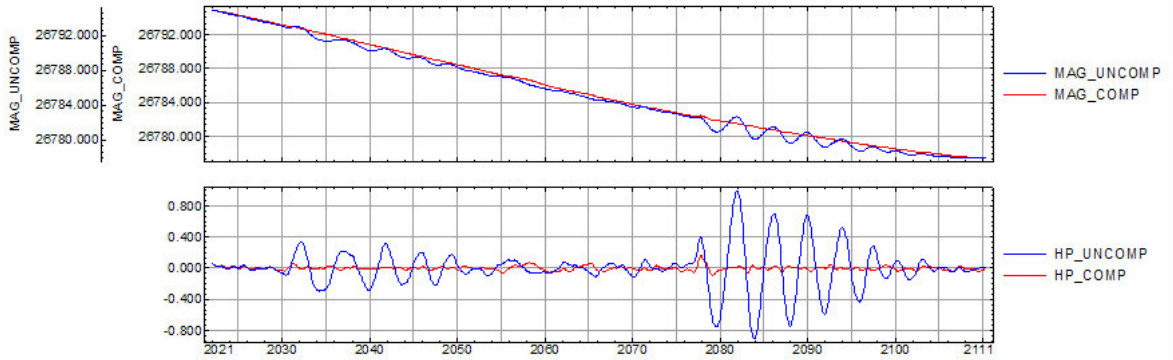
Nº Job	2419.2
Base	Santarém, PA
Aeronave	PT-WQT
Data	4/12/2004
nº Vôo	16

Azimute	Direção	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL
90°	E	0,025	0,035	0,035	0,095
180°	S	0,030	0,035	0,020	0,085
270°	W	0,005	0,006	0,008	0,019
0°	N	0,030	0,025	0,020	0,075
TOTAL					0,274

FOM



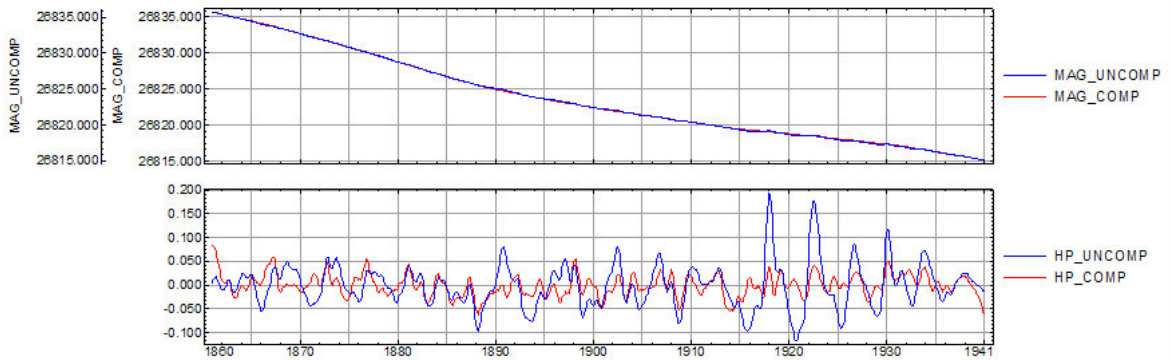
VOO 016 - FOM E - JOB 2419



database: C:\Job_2419.2\FOM16.gdb line/group: L90

2004/12/04

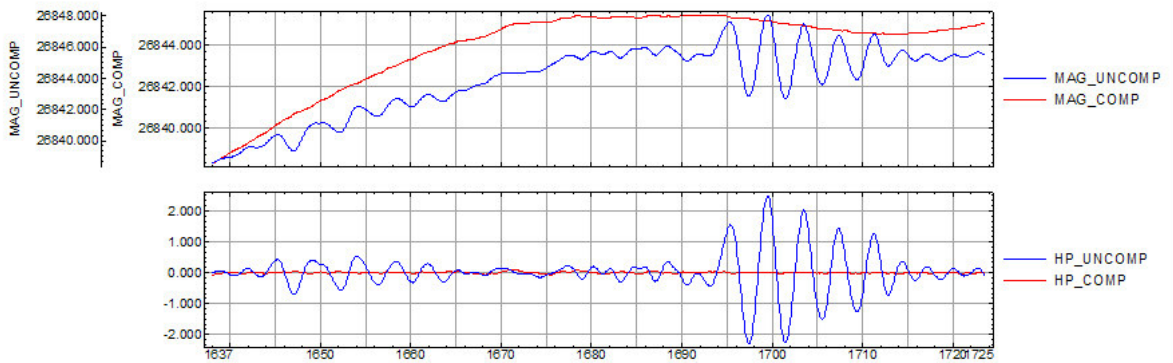
VOO 016 - FOM S - JOB 2419



database: C:\Job_2419.2\FOM16.gdb line/group: L180

2004/12/04

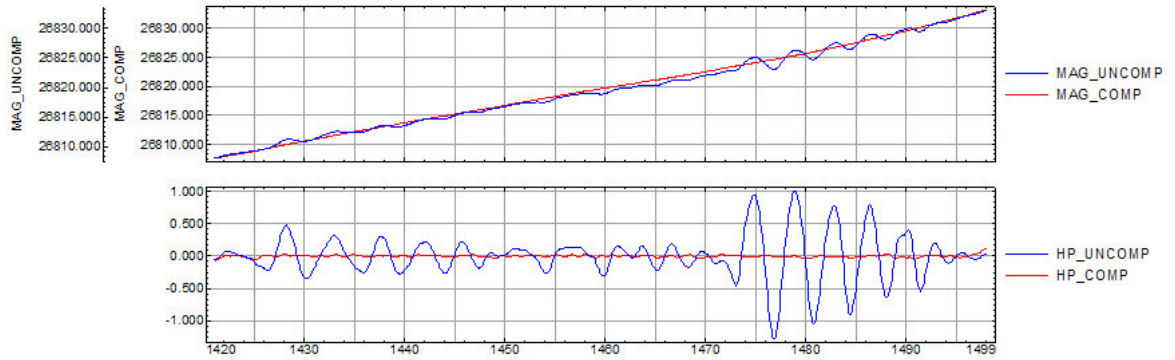
VOO 016 - FOM W - JOB 2419



database: C:\Job_2419.2\FOM16.gdb line/group: L270

2004/12/04

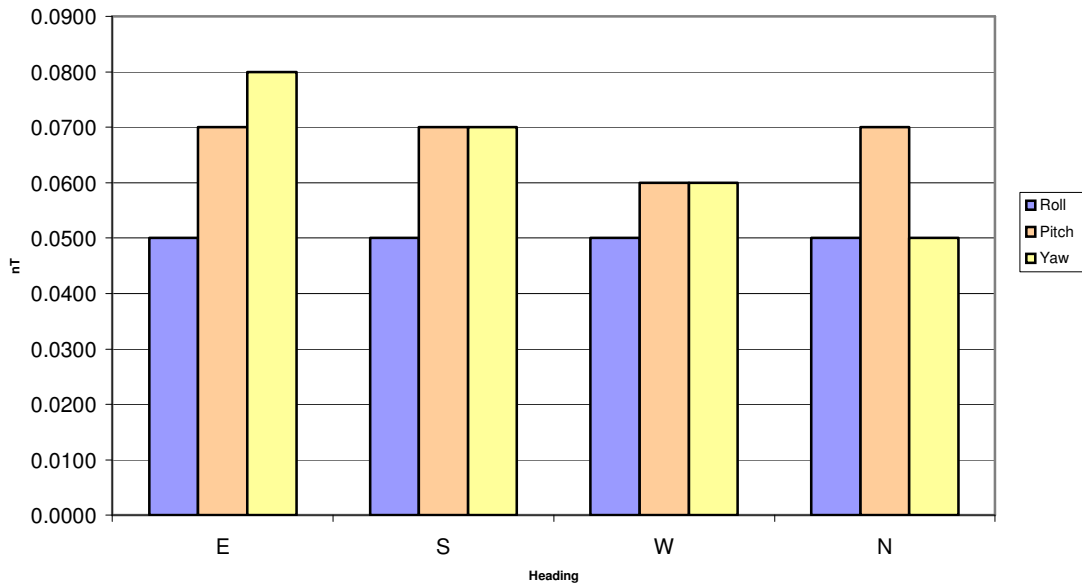
VOO 016 - FOM N - JOB 2419



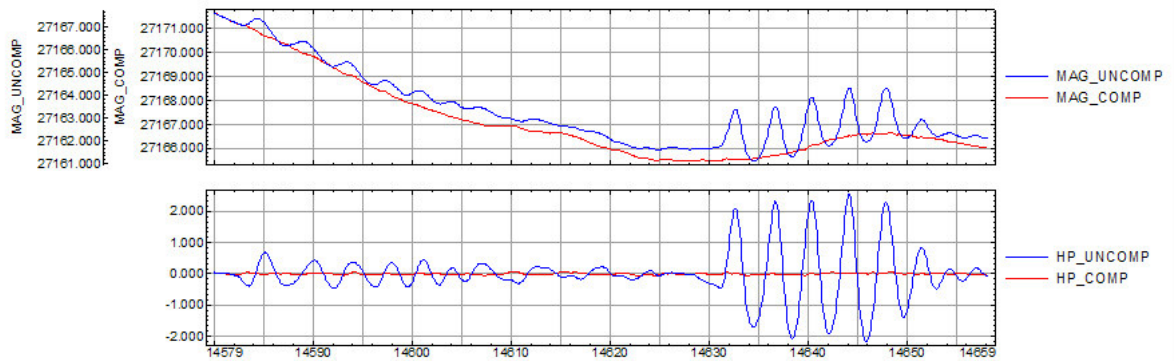
Nº Job	2419.2
Base	Santarém, PA
Aeronave	PT-WQT
Data	5/12/2004
nº Vôo	17

Azimute	Direção	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL
90°	E	0,0500	0,0700	0,0800	0,200
180°	S	0,0500	0,0700	0,0700	0,190
270°	W	0,0500	0,0600	0,0600	0,170
0°	N	0,0500	0,0700	0,0500	0,170
TOTAL					0,730

FOM



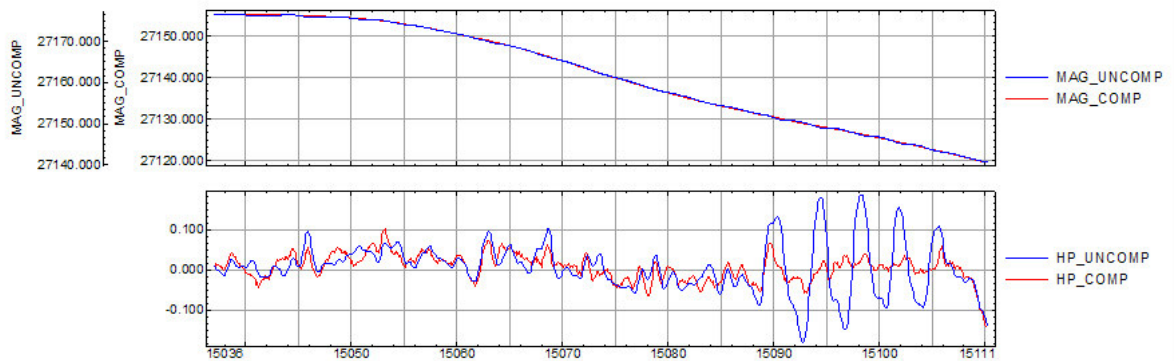
VOO 017 - FOM E - JOB 2419



database: C:\Job_2419.2\FOM17.gdb line/group: L90

2004/12/05

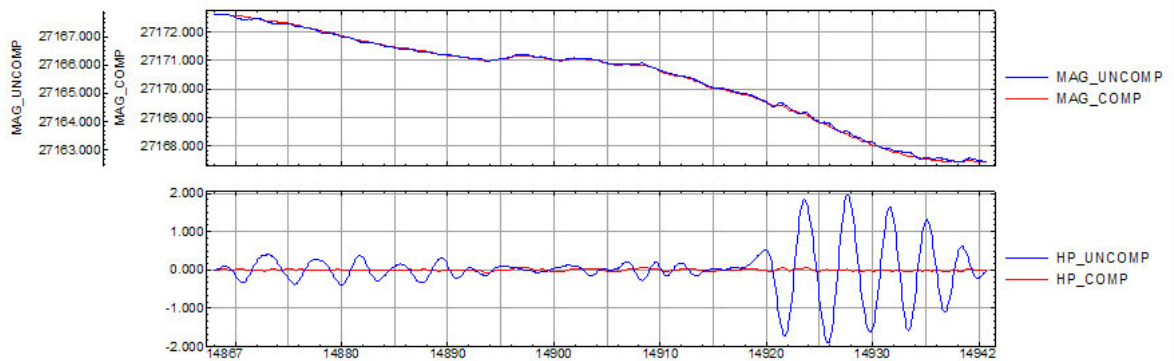
VOO 017 - FOM S - JOB 2419



database: C:\Job_2419.2\FOM17.gdb line/group: L180

2004/12/05

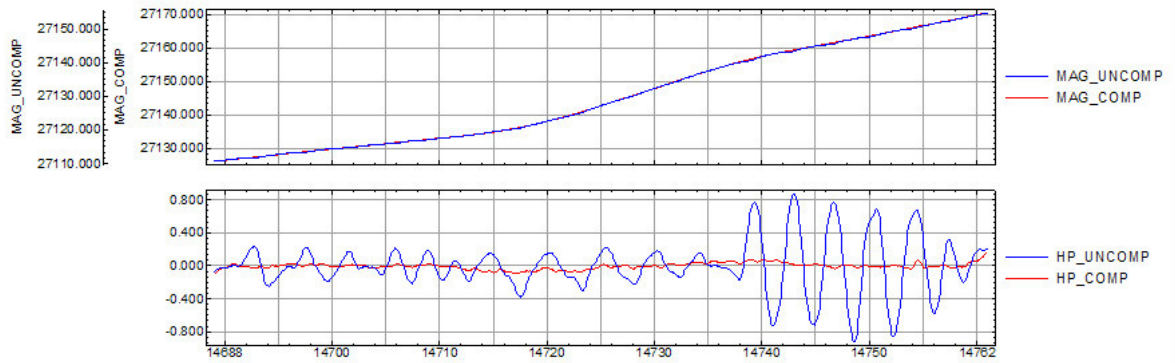
VOO 017 - FOM W - JOB 2419



database: C:\Job_2419.2\FOM17.gdb line/group: L270

2004/12/05

VOO 017 - FOM N - JOB 2419



ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO

ANEXO IV – CONTEÚDO DOS CD-ROMs

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

10 CD-ROMs compõem a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

CD-ROM	Conteúdo
CD#01	- Banco de Dados <i>Geosoft</i> (Magnetometria e Gamaespectrometria) - Grids
CD#02	- Arquivo XYZ Gamaespectrometria (Linhas de Vôo) - Arquivo XYZ Gamaespectrometria (Linhas de Controle) - Arquivo XYZ Magnetometria (Linhas de Vôo) - Arquivo XYZ Magnetometria (Linhas de Controle)
CD#03	- Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Sinal Analítico do Campo Magnético Total - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Traço de Linha de Vôo - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Taxa de Exposição da Contagem Total - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Concentração de Potássio
CD#04	- Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Concentração de Urânio - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Concentração de Tório - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Razão Urânio/Potássio - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Razão Tório/Potássio - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Razão Urânio/Tório - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Ternário – K-U-Th - Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> – Modelo Digital do Terreno
CD#05	- Arquivos de Plotagem HPGL – Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) - Arquivos de Plotagem HPGL – 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total - Arquivos de Plotagem HPGL – Sinal Analítico do Campo Magnético Total - Arquivos de Plotagem HPGL – Traço de Linha de Vôo
CD#06	- Arquivos de Plotagem HPGL – Taxa de Exposição da Contagem Total - Arquivos de Plotagem HPGL – Concentração de Potássio - Arquivos de Plotagem HPGL – Concentração de Urânio - Arquivos de Plotagem HPGL – Concentração de Tório
CD#07	- Arquivos de Plotagem HPGL – Razão Urânio/Potássio - Arquivos de Plotagem HPGL – Razão Tório/Potássio - Arquivos de Plotagem HPGL – Razão Urânio/Tório - Arquivos de Plotagem HPGL – Modelo Digital do Terreno - Arquivos de Plotagem HPGL – Ternário – K-U-Th
CD#08	- Arquivo de Perfis da Linha 10010 a 10621
CD#09	- Arquivo de Perfis da Linha 10630 a 19332 - Arquivo de Cruzamentos
CD#10	- Arquivo do Relatório Final

Estrutura dos Arquivos de Mapas (CD-ROMs #3 e #4):

Arquivo	Descrição	Escala
*_01.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Y-B-III	1:100.000
*_02.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Y-B-VI	1:100.000
*_03.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Y-D-III	1:100.000
*_04.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Y-D-VI	1:100.000
*_05.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Z-A-I	1:100.000
*_06.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Z-A-IV	1:100.000
*_07.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Z-C-I	1:100.000
*_08.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Z-C-IV	1:100.000
*_09.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA SA.21-V-B-III	1:100.000
*_10.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA SA.21-V-B-VI	1:100.000
*_11.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA SA.21-X-A-I	1:100.000
*_12.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA SA.21-X-A-III	1:100.000
*_I.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Y-B	1:250.000
*_II.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Y-D	1:250.000
*_III.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Z-A	1:250.000
*_IV.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA NA.21-Z-C	1:250.000
*_V.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA SA.21-V-B	1:250.000
*_VI.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA SA.21-X-A	1:250.000
*_500.MAP	GEOSOFT MAP FOLHA ÚNICA	1:500.000

Observações:

- A codificação para os arquivos presentes nos **CD-ROMs #3 e #4** é apresentada a seguir, onde o asterisco presente na tabela anterior refere-se aos seguintes temas:

1DV = 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

MAG = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

SIGN = Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

MDT = Modelo Digital do Terreno

FPATH = Traço de Linhas de Vôo

TC = Contagem Total

K = Potássio (%)

U = Urânio (ppm)

TH = Tório (ppm)

THK = Razão Tório/Potássio

UTH = Razão Urânio/Tório

UK = Razão Urânio/Potássio

TERN = Ternário (K-U-Th)

Exemplos:

MAG_04.MAP – *Geosoft* MAP da Folha NA.21-Y-D-VI Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

SIGN_IV.MAP – *Geosoft* MAP da Folha NA.21-Y-D Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

THK_500.MAP – *Geosoft* MAP da Folha Única na Escala 1:500.000 da Razão Tório/Potássio

Estrutura dos Arquivos de Plotagem (CD-ROMs #5, #6, e #7):

Arquivo	Descrição	Escala
*_01.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Y-B-III	1:100.000
*_02.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Y-B-VI	1:100.000
*_03.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Y-D-III	1:100.000
*_04.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Y-D-VI	1:100.000
*_05.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Z-A-I	1:100.000
*_06.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Z-A-IV	1:100.000
*_07.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Z-C-I	1:100.000
*_08.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Z-C-IV	1:100.000
*_09.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA SA.21-V-B-III	1:100.000
*_10.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA SA.21-V-B-VI	1:100.000
*_11.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA SA.21-X-A-I	1:100.000
*_12.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA SA.21-X-A-III	1:100.000
*_I.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Y-B	1:250.000
*_II.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Y-D	1:250.000
*_III.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Z-A	1:250.000
*_IV.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA NA.21-Z-C	1:250.000
*_V.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA SA.21-V-B	1:250.000
*_VI.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA SA.21-X-A	1:250.000
*_500.PRN	ARQUIVO HPGL FOLHA ÚNICA	1:500.000

Observações:

A codificação para os arquivos presentes nos **CD-ROMs de 5 a 7** segue a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas Geosoft (*.MAP)

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

Arquivos de GRIDS (CD-ROM #1):

Arquivo	Conteúdo	Unidade
Mag.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
Mag_s.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF) (<i>shadow</i>)	-
ldv.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
ldv_s.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (<i>shadow</i>)	-
MagSign.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
MagSign_s.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total (<i>shadow</i>)	-
TC_EXP.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
K_Perc.grd	Concentração de Potássio	%
U_ppm.grd	Concentração de Urânio	ppm
Th_ppm.grd	Concentração de Tório	ppm
THK.grd	Razão Tório/Potássio	-
UK.grd	Razão Urânio/Potássio	-
UTH.grd	Razão Urânio/Tório	-
MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m
MDT_s.grd	Modelo Digital do Terreno (<i>shadow</i>)	-

Arquivos de Banco de Dados GDB (CD-ROM#1):

Arquivo	Conteúdo	CD#
Gama.gdb	Gamaespectrometria	1
Mag.gdb	Magnetometria	1

Arquivos de Banco de Dados XYZ (CD-ROM#2):

Arquivo	Conteúdo	CD#
Gamaline.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo	2
Gamatie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Contrôle	2
Magline.XYZ	Magnetometria da Linha Linhas de Vôo	2
Magtie.XYZ	Magnetometria Linhas de Contrôle	2

Arquivos de Perfis (CD-ROMs #8, e #9):

Arquivo	Conteúdo	CD#
Trombet1.asc	Da Linha 10010 a 10621	8
Trombet2.asc	Da Linha 10630 a 19332	9

Arquivos de Cruzamentos (CD-ROM#9):

Arquivo	Conteúdo	CD#
Cruz.asc	Cruzamentos	9

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 TROMBETAS

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

FOLHA 1 de 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO E CONTROLE	NÚMERO DA LINHA	Linha de Voo												
		X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	F10.0	F11.6	
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	COORDENADA UTM LESTE (m)	COORDENADA UTM NORTE (m)	FIDUCIAL (F10.1)	MAGB (BRUTO) (nT)	MAGC (CORRIGIDO) (nT)	MAGR (-IGRF) (nT)	ALTURA BAROMÉTRICA (m)	ALTURA (m)	LONGITUDE (GRAUS DECIMAS)	LATITUDE (GRAUS DECIMAS)	F10.0	F11.6		
REGISTRO Nº	NOME DO ARQUIVO	COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES										
	MAGLINE.XYZ			COORDENADAS UTM: DATUM HORIZONTAL_SAD-69, MERIDIANO CENTRAL 57 ° W Gr.										

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOF) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE CONTROLE - TIE)

FOLHA 1 de 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CONTROLE	TIE	NÚMERO DA LINHA	X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	COORDENADA UTM LESTE (m)	COORDENADA UTM NORTE (m)	FIDUCIAL (F10.1)	MAGB (BRUTO) (nT)	MAGC (CORRIGIDO) (nT)	MAGR (-GRF) (nT)	ALTURA BAROMÉTRICA (m)	ALTURA (m)	LONGITUDE (GRAUS DECIMAS)	LATITUDE (GRAUS DECIMAS)		
	F10.0	F10.0	(F10.1)	(F10.2)	(F10.2)	(F10.2)	(F10.2)	(F10.2)	(F11.6)	(F11.6)		(F11.6)
REGISTRO N°	NOME DO ARQUIVO	COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES								
	MAGTIE.XYZ			COORDENADAS UTM: DATUM HORIZONTAL SAD-69, MERIDIANO CENTRAL 57° W Gr.								

PROJETO AEROGEOFÍSICO TROMBETAS

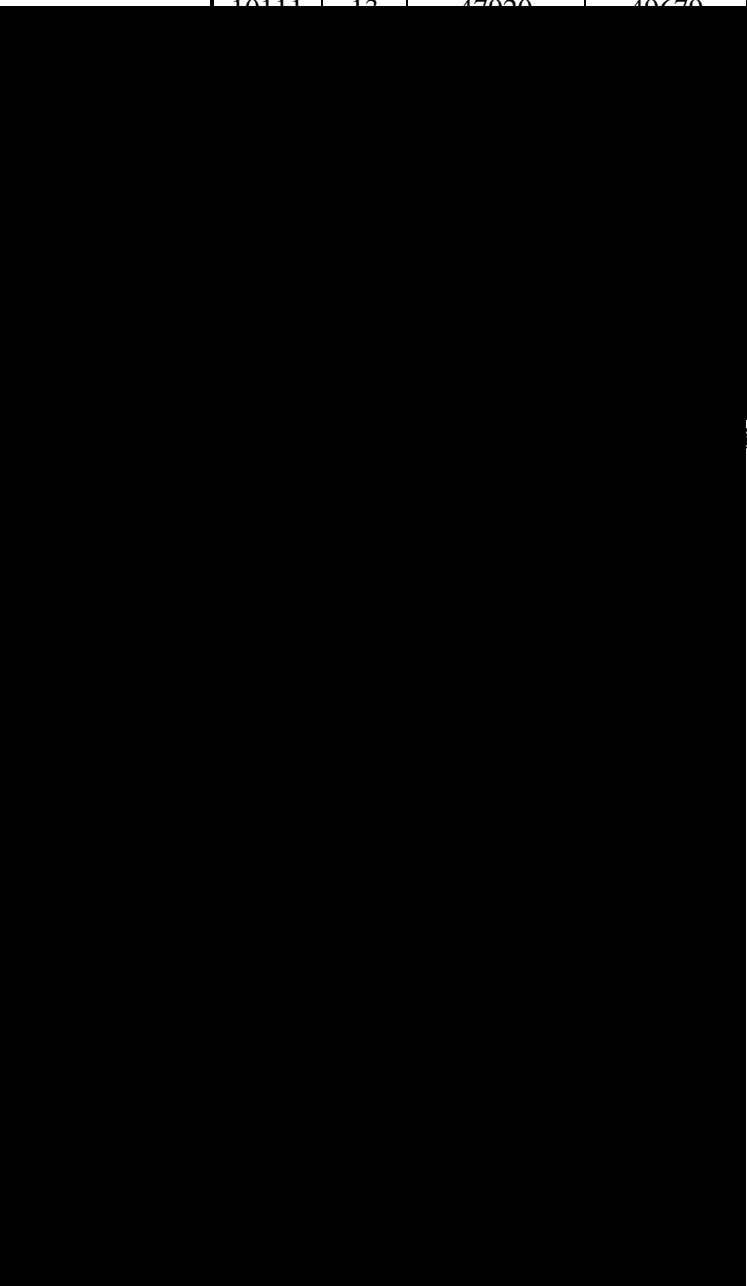
ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOF) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE CONTROLE - TIE)

FOLHA 1 de 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VOO	TIE	NÚMERO DA LINHA	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8											
	COORDENADA UTM LESTE (m)	COORDENADA UTM NORTE (m)	FIDUCIAL (F10.0)	THC (GPS) (F10.2)	UC (GPS) (F10.2)	KC (GPS) (F10.2)	CTC (GPS) (F10.2)	LJ_PPM (PPM) (F10.2)	TH_PPM (PPM) (F10.2)	K_FERC (%) (F10.2)											
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13																
	CT_MRH (microRaentgen/h)	ALTURA (m)	ALTURA GPS (m)	LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)	LATITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)																
	(F10.2)	(F10.2)	(F10.2)	(F11.6)	(F11.6)																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
REGISTRO N°		NOME DO ARQUIVO	COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES																
		GAMATE.XYZ			COORDENADAS UTM: DATUM HORIZONTAL SAD-69, MERIDIANO CENTRAL 57°W Gr.																

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

Linha	Vôo	Fid. Inicial	Fid. Final
10010	3	44358	48290
10020	3	52400	56156
10030	5	42526	46503
10040	5	53766	56754
10041	7	50858	51700
10050	7	43201	47163
10060	7	55543	58564
10061	9	49407	50240
10070	9	45254	46615
10071	9	46985	49310
10072	25	46715	47145
10080	9	53990	56035
10081	11	46700	47940
10082	14	72960	73640
10090	11	42497	46600
10100	11	53600	55870
10101	13	46100	47840
10110	12	65259	67516
10111	12	47000	48670



52077(02)06248.09D764529276Fe)15086.4850.627(219292997(6)Ej)634

Linha	Vôo	Fid. Inicial	Fid. Final
10760	22	1161	5044
10770	21	9393	13071
10780	21	8116	11779
10790	21	4189	8009
10800	20	13033	16702
10810	20	9090	12886
10820	20	5290	8969
10830	20	1293	5165
10840	19	5103	8803
10850	19	1121	4995
10861	23	8183	11866
10871	23	4175	8057
10880	18	5385	9169
10890	18	1295	5247
10900	18	7916	11629
10910	18	3824	7791
10920	17	8092	11862
10930	17	4017	7966
10940	15	17306	21190
10950	15	13079	17138
10960	15	9073	12945
10970	21	979	4862
10980	10	4478	6491
10981	21	4988	6881
10990	10	14304	18200
11000	10	5425	8492
11001	10	2070	3146
11010	9	5470	9442
11020	9	977	5140
11030	9	14480	16417
11031	10	8656	10578
11040	9	12195	14245
11041	10	11775	13813
11050	9	8101	12030
11060	9	3785	7957
11070	8	5048	9018
11080	8	873	4933
11090	8	8201	11921
11091	8	12552	12841
11100	8	3908	8062
11110	7	8826	12900
11120	7	4415	8537
11130	5	8001	11996
11140	5	3556	7835
19010	4	66701	68137
19020	4	68496	69993
19030	4	70198	71628

Linha	Vôo	Fid. Inicial	Fid. Final
19040	4	71850	73355
19050	6	67753	69172
19060	6	69392	70914
19070	6	71163	72569
19080	6	72943	74424
19090	8	68915	70339
19100	8	70574	72070
19110	10	64852	66292
19120	10	66526	67992
19130	10	68221	69668
19140	10	69887	71360
19150	10	71599	73035
19160	10	73266	74722
19171	16	66972	68502
19181	16	68717	70107
19191	16	70327	71855
19200	11	51871	53287
19210	11	48473	49228
19211	16	73272	74041
19220	9	52766	53785
19221	16	72355	72743
19230	9	50638	51805
19231	11	51016	51366
19240	7	52210	53695
19250	7	53925	55318
19260	5	52149	53537
19270	5	50236	51763
19280	5	48648	50038
19290	5	46921	48450
19300	7	47476	49031
19310	7	49253	50619
19320	3	50780	52105
19330	3	49261	50088
19332	3	50202	50524