

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME  
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

I/2004

**PROJETO AEROGEOFÍSICO  
DISTRITO MINERAL TUNUÍ-CAPARRO**

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

**VOLUME I  
TEXTO TÉCNICO**

2001  
**LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A.**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

José Jorge de Vasconcelos Lima  
Ministro de Estado

Luiz Gonzaga Leite Perazzo  
Secretário Executivo

Luciano de Freitas Borges  
Secretário de Minas e Metalurgia

**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**  
**Serviço Geológico do Brasil**

Umberto Raimundo Costa  
Diretor-Presidente

Paulo Antônio Carneiro Dias  
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento - DRI

Luiz Augusto Bizzi  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

Thales de Queiroz Sampaio  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

Alfredo de Almeida Pinheiro Filho  
Diretor de Administração e Finanças - DAF

Carlos Schobbenhaus Filho  
Departamento de Geologia - DEGEO

Luís Marcelo Fontoura Mourão  
Divisão de Geofísica - DIGEOF

**Superintendências Regionais**

José Armindo Pinto  
Superintendente de Belém

Oswaldo Castanheira  
Superintendente de Belo Horizonte

Mário de Carvalho  
Superintendente de Goiânia

Fernando Pereira de Carvalho  
Superintendente de Manaus

Cladis Antônio Pressoto  
Superintendente de Porto Alegre

Marcelo Soares Bezerra  
Superintendente de Recife

José Carlos Vieira G. da Silva  
Superintendente de Salvador

José Carlos Garcia Ferreira  
Superintendente de São Paulo

## APRESENTAÇÃO

Com base no Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB) e do seu Subprograma Levantamentos Aerogeofísicos, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, elaborou, em janeiro de 2000, a proposta intitulada *Levantamentos Aerogeofísicos na Amazônia*. Esta proposta indica 28 áreas de projetos a serem levantadas por aeromagnetometria e aerogamaespectrometria em terrenos pré-cambrianos, totalizando uma área de cerca de 1,6 milhão de km<sup>2</sup> (em torno de 75% da área total de terrenos pré-cambrianos na Amazônia) e uma extensão de cerca de 3,3 milhões km de perfis.

O critério adotado para a definição dessas áreas de projetos baseou-se em três tipos característicos de Blocos (1, 2 e 3) e estes, por sua vez, são classificados, respectivamente, nas *regiões*, nas *províncias* e nos *distritos*, como a seguir:

- **Blocos do Tipo 1:** Áreas com baixo nível de conhecimento geológico, sem qualquer ou insatisfatório recobrimento aerogeofísico, apesar de exibirem potencialidade mineral reconhecida a partir de trabalhos localizados. Estas áreas, denominadas *regiões*, serão aerolevantadas com o espaçamento entre as linhas de voo de 0,5 km;
- **Blocos do Tipo 2:** Áreas já reconhecidas como Províncias Minerais devido ao expressivo número de ocorrências minerais já detectadas nas mesmas. Essas áreas, denominadas *províncias*, serão aerolevantadas com espaçamento entre as linhas de voo de 0,5 km;
- **Blocos do Tipo 3:** Áreas já caracterizadas como Distritos Minerais, comportando levantamento de semi-detalle para melhorar o controle das ambiências a partir das assinaturas geofísicas e de suas correlações com as áreas mineralizadas, visando à determinação de novos alvos. Essas áreas, denominadas *distritos*, serão aerolevantadas com o espaçamento entre as linhas de voo de 0,5 km.

A partir dessa mencionada proposta, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 17 de fevereiro de 2000, firmou com a GEOMAG S.A. Prospecções Aerogeofísicas o Contrato nº 002/PR/00 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos dos Projetos Aerogeofísicos Província Mineral Parima-Uraricoera (RR), Distrito Mineral Traíras (AM) e Distrito Mineral Tunuí-Caparro (AM).

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro foi executado no período de 13 de março a 13 de abril de 2001.

Foi utilizada como base de operações o local denominado São Gabriel da Cachoeira (AM), sendo usada uma aeronave GulfStream Aerocommander 500 de prefixo PT-LMK equipada com magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de césio da SCINTREX, modelo CS-2, gamaespectrômetro multicanal Picodas, modelo PGAM-1000 e sistema de navegação GPS Astech C24 Gpsc card de 12 canais.

Para o recobrimento do projeto foram dispendidas cerca de 41,35 horas de voo, que resultaram no levantamento efetivo de 3.281,30 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM em uma área de cerca de 1.522,26 km<sup>2</sup>. O processamento dos dados foi realizado entre os meses de março a agosto de 2001.

Os produtos finais do Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (4 exemplares), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a IV), os quais incluem os seguintes temas apresentados sob a forma de 30 mapas coloridos na escala 1:50.000, segundo o corte cartográfico ao milionésimo:

- Mapas de Contorno Magnético 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.).

Também estão sendo incluídos os seguintes temas sob a forma de 11 mapas coloridos integrados (Folha Única) na escala 1:100.000, para toda a área do projeto: Magnético reduzido do IGRF em pseudo-iluminação (Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico), Magnético reduzido do IGRF em contorno 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 duas (02) coleções de 30 Mapas Digitais de Traço de Linhas de Voo (escala 1:50.000) e do Mapa Digital do Modelo Digital do Terreno (escala 1:100.000), 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 arquivos XYZ e em malhas de tamanho 125 x 125 m, ambos no formato da GEOSOFT, como também arquivos digitais de todos os mapas do projeto nas citadas escalas, todos gravados em CD-ROM.

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

**Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro**

**ÍNDICE DOS VOLUMES**

**VOLUME I - TEXTO TÉCNICO**

**VOLUME II - ANEXOS**

- MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DO CANAL DE POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)

**VOLUME III - ANEXOS**

- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DO CANAL DE URÂNIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DO CANAL DE TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 3)

**VOLUME IV - ANEXOS**

- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DO CANAL DE POTÁSSIO NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DO CANAL DE URÂNIO NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DO CANAL DE TÓRIO NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)
- MAPA INTEGRADO RADIOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO TERNÁRIA POTÁSSIO, URÂNIO e TÓRIO NA ESCALA 1:100.000 (Folha Única)

**PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO MINERAL  
TUNUI-CAPARRO**

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

**VOLUME I - TEXTO TÉCNICO**

**SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. AQUISIÇÃO DE DADOS</b>	<b>4</b>
2.1 - Características do Levantamento	4
2.2 - Equipamentos Utilizados	4
2.2.1 - Aeronave	5
2.2.2 - Aeromagnetômetro	5
2.2.3 - Aerogamaespectrômetro	5
2.2.4 - Registrador Analógico	6
2.2.5 - Sistema de Aquisição de Dados	7
2.2.6 - Sistema de Vídeo	8
2.2.7 - Altímetros	9
2.2.8 - Sistema de Navegação	9
2.2.9 - Magnetômetro Terrestre	9
2.3 - Planejamento e Mobilização	10
2.3.1 - Elaboração do Projeto de Vôo	11
2.3.2 - Estatística das Operações	11
2.3.3 - Mapa do Projeto de Vôo	12
2.3.4 - Testes dos Equipamentos	13
2.3.5 - Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	16
2.3.6 - Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i>	18
2.4 - Compilação de Dados	18
2.5 - Equipe Técnica na Base de Operações	19

<b>3. PROCESSAMENTO DE DADOS</b> .....	<b>20</b>
3.1- Fluxo de Processamento .....	20
3.1.1 - Preparação do Banco de Dados do Levantamento .....	20
3.1.2 - Processamento dos Dados Magnéticos .....	20
3.1.2.1 - Remoção da Variação Magnética Diurna .....	20
3.1.2.2 - Correção do Erro de Paralaxe .....	20
3.1.2.3 - Correção Altimétrica ( <i>Draping Correction</i> ) .....	21
3.1.2.4 - Nivelamento dos Perfis .....	21
3.1.2.5 - Remoção do IGRF .....	22
3.1.3 - Processamento dos Dados Radiométricos .....	22
3.1.3.1 - Correção do Tempo Morto .....	23
3.1.3.2 - Aplicação de Filtragem .....	23
3.1.3.3 - Correção do Erro de Paralaxe .....	23
3.1.3.4 - Cálculo da Altura Efetiva de Vôo .....	23
3.1.3.5 - Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico .....	24
3.1.3.6 - Cálculo do <i>Background</i> do Radônio .....	24
3.1.3.7 - Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> ( $a_1$ e $a_2$ ) .....	25
3.1.3.8 - Correção do Efeito Compton .....	26
3.1.3.9 - Correção Altimétrica .....	26
3.1.3.10 - Conversão para Concentração de Elementos .....	28
3.1.4 - Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K .....	28
3.2 - Interpolação e Contorno .....	29
3.3 - Arquivo Final de Dados .....	29
3.4 - Equipe Envolvida no Processamento dos Dados .....	29
<b>4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES</b> .....	<b>31</b>
<b>5. PRODUTOS FINAIS</b> .....	<b>33</b>
5.1 - Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzidos do IGRF) .....	36
5.2 - Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem Total .....	36
5.3 - Mapa Radiométrico Ternário .....	36
5.4 - Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K .....	36

5.5 - Mapa de Traço dos Perfis de Vôo Superposto à Planimetria -----	37
5.6 - Relatório Final -----	37
5.7 - Arquivos Digitais Finais do Levantamento -----	37
5.8 - Produtos Originais -----	37
<b>6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM -----</b>	<b>44</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DOS ANEXOS

<b>ANEXO I</b>	-	RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS GAMAESPECTRÔMETROS
		<b>Anexo I-a</b> > RESULTADO DO TESTE SOBRE OS TANQUES DE CALIBRAÇÃO PORTÁTEIS PARA DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ESPALHAMENTO COMPTON.
		<b>Anexo I-b</b> > DETERMINAÇÃO DOS <i>BACKGROUNDS</i> DA AERONAVE E CÓSMICO.
		<b>Anexo I-c</b> > DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO
		<b>Anexo I-d</b> > CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES
		<b>Anexo I-e</b> > ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADOS DOS TESTES
<b>ANEXO II</b>	-	QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO
<b>ANEXO III</b>	-	CONTEÚDO DOS CD-ROM'S
<b>ANEXO IV</b>	-	FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO
<b>ANEXO V</b>	-	LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS NO PROCESSAMENTO

## ÍNDICE DAS FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Localização da Área do Projeto Aerogeofísico-----	1
<b>Figura 2</b>	Vértices do Projeto -----	2
<b>Figura 3</b>	Aeronave GulfStream AeroCommander 500 – PT-LMK-----	3
<b>Figura 4</b>	Exemplo de Registro Analógico de Bordo -----	7
<b>Figura 5</b>	Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base-----	10
<b>Figura 6</b>	Gráfico da Estatística das Operações -----	12
<b>Figura 7</b>	Áreas com Altura de Vôo Acima de 200 m-----	27
<b>Figura 8</b>	Fluxograma do Processamento de Dados -----	30
<b>Figura 9</b>	Cronograma Geral das Operações-----	32
<b>Figura 10</b>	Articulação das Folhas na Escala 1:50.000 -----	35
<b>Figura 11</b>	Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)-----	38
<b>Figura 12</b>	Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)-----	39
<b>Figura 13</b>	Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total -----	40
<b>Figura 14</b>	Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th)-----	41
<b>Figura 15</b>	Mapa Radiométrico da Razão Tório/Potássio -----	42
<b>Figura 16</b>	Mapa do Modelo Digital do Terreno -----	43

## ÍNDICE DAS TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Coordenadas do Projeto -----	2
<b>Tabela 2</b>	Equipamentos Utilizados -----	4
<b>Tabela 3</b>	Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes-----	5
<b>Tabela 4</b>	Coordenadas da Base GPS-----	9
<b>Tabela 5</b>	Quilometragem Produzida e Área Levantada-----	11
<b>Tabela 6</b>	Estatística das Operações -----	12
<b>Tabela 7</b>	Teste de Manobras (25/07/00) -----	14
<b>Tabela 8</b>	Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo -----	15
<b>Tabela 9</b>	Testes Diários de Repetibilidades Radioativas-----	15
<b>Tabela 10</b>	Concentração dos Tanques de Calibração Portáteis-----	16
<b>Tabela 11</b>	Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i> -----	16
<b>Tabela 12</b>	<i>Background</i> da Aeronave e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> -----	17
<b>Tabela 13</b>	Constantes de Calibração do Radônio-----	25
<b>Tabela 14</b>	Coeficiente de Atenuação Atmosférica -----	27
<b>Tabela 15</b>	Constantes de Sensibilidade -----	28
<b>Tabela 16</b>	Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas -----	29
<b>Tabela 17</b>	Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos-----	33
<b>Tabela 18</b>	Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos-----	34

## 1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento está contida no extremo-noroeste do Estado do Amazonas, localizada na Calha Norte, região norte brasileira, fronteira com a Colômbia (Figura 1).



Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 3.281,30 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de vôo e controle espaçadas de 0,5 km e 5,0 km, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A Tabela 1 apresenta as coordenadas que definem o polígono que envolve a área pesquisada. A altura de vôo foi fixada em 100 m sobre o terreno. Os trabalhos iniciaram-se no dia 13.03.2001 terminando em 13.04.2001.

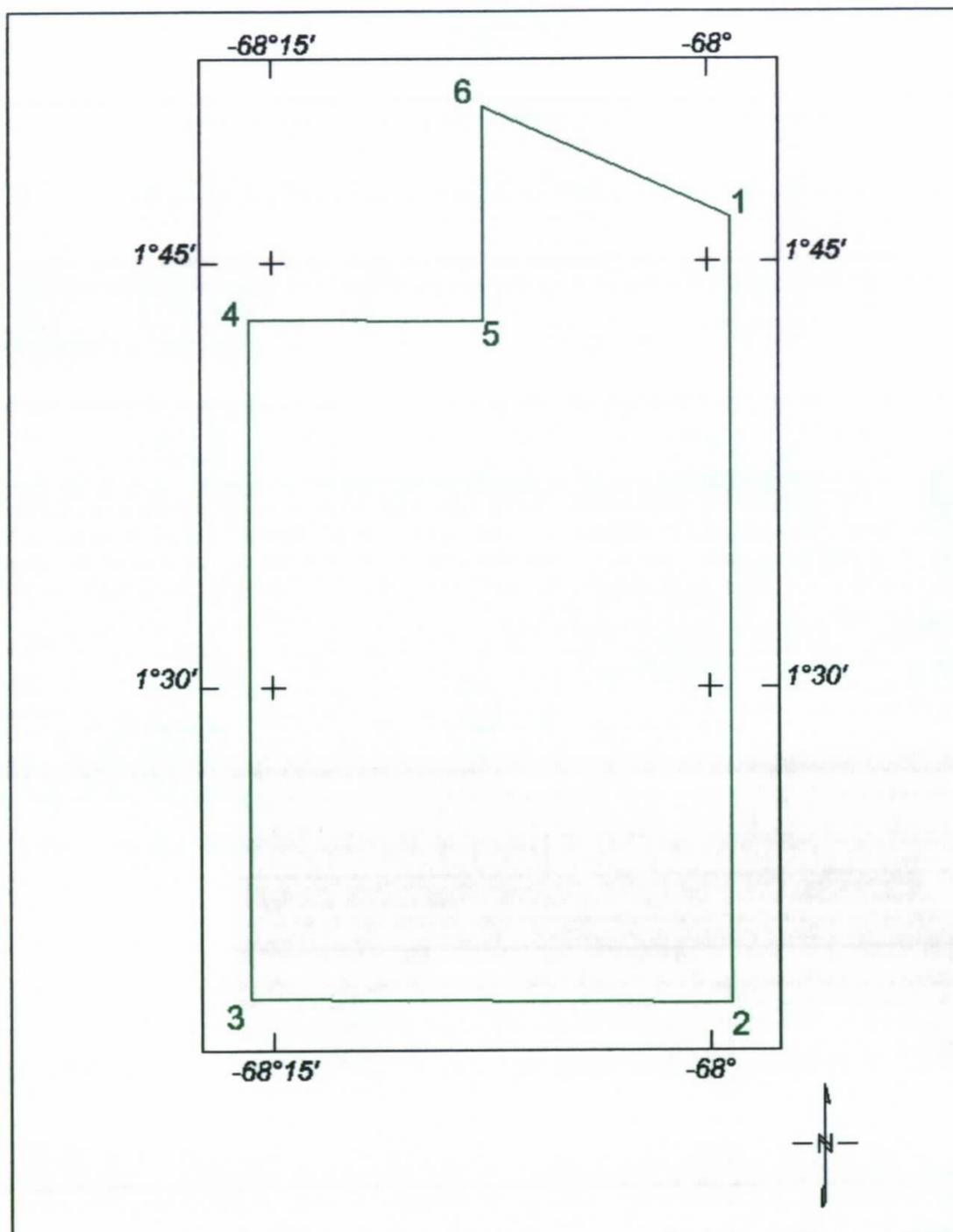


Figura 2 – Vértices do Projeto

VÉRTICE	LONGITUDE WGr.	LATITUDE NORTE
1	-67°59'13"	1°46'36"
2	-67°59'14"	1°18'51"
3	-68°15'48"	1°19'01"
4	-68°15'48"	1°42'59"
5	-68°07'44"	1°42'55"
6	-68°07'43"	1°50'28"

Tabela 1 - Coordenadas do Projeto

A aeronave GulfStream AeroCommander 500, prefixo PT-LMK (Figura 3), de propriedade da Megafísica Survey Aerolevantamentos S/A., subcontratada pela Lasa Engenharia e Prospecções S/A para a aquisição de dados, foi utilizada para a execução deste projeto.



Figura 3 - Aeronave GulfStream AeroCommander 500 – PT-LMK

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras do aeromagnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélite GPS, de precisão melhor do que 10 m. Uma estação fixa foi instalada na base de operações, em São Gabriel da Cachoeira (AM), na sede do 5º Batalhão de Infantaria de Selva, para monitoração da órbita dos satélites, assim como para controle da variação diurna do campo magnético terrestre.

A calibração do sistema detector aerogamaespectrométrico foi realizada em duas etapas. A primeira, estática, com emprego de fontes padronizadas (tanques de calibração ou *calibration pads* para o *background*, potássio, urânio e tório), foi conduzida no aeroporto de Júlio Cesar, Belém (PA), durante a fase de coleta de dados. 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 5.08), utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas nas escalas 1:50.000, e 1:100.000, arquivos de banco de dados e *grids*.

## 2. AQUISIÇÃO DE DADOS

### 2.1 Características do Levantamento

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

- Direção das linhas de vôo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de vôo: 0,5 km
- Direção das linhas de controle: E-S
- Espaçamento entre as linhas de controle: 5,0 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: 200 km/h

### 2.2 Equipamentos Utilizados

A Tabela 2, a seguir, apresenta os equipamentos utilizado pela aeronave PT-LMK durante a execução do Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Prefixo da Aeronave	<b>PT-LMK</b>
Modelo da Aeronave	AeroCommander 500
Fabricante da Aeronave	GulfStream
Aeromagnetômetro (Vapor de Césio)	Scintrex CS-2
Gamaespectrômetro	Picodas PGAM 1000
Volume dos Cristais Detetores de NaI (Iodeto de Sódio)	2.048 pol <sup>3</sup> ("down") e 512 pol <sup>3</sup> ("upward")
Sistema de Navegação GPS	Astech C24 Gpsc card 12 Canais
Sistema de Recepção GPS de Base	Novatel Gpsc card 12 Canais
Câmera de Rastreio	Sony
Radar Altímetro	King, KA 150
Radar Barométrico	Rosemount, 1241M
Magnetômetro Terrestre de Prótons	Scintrex, CS-2
Sistema de Aquisição de Dados	Picodas 1000

Tabela 2 - Equipamentos Utilizados

### 2.2.1. Aeronave

O levantamento foi efetuado pela aeronave GulfStream, modelo AeroCommander 500, prefixo PT-LMK. O AeroCommander é uma aeronave a pistão, bimotor, de asa alta, trem de pouso retrátil, equipada com motores Lycoming, IO 540-A2B, de 250 HP. Opera a uma velocidade média de 200 km/h, e possui autonomia de 5:30 h.

### 2.2.2. Aeromagnetômetro

Sistema aeromagnético Picodas 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 Picodas (PDAS 1000):

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

As leituras do magnetômetro são realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, para a velocidade de 200 km/h da aeronave, a aproximadamente 5,5m no terreno.

### 2.2.3. Aerogamaespectrômetro

Sistema Picodas, modelo PGAM, 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 um única saída de 256 canais espectrais.

A correspondência entre as janelas do gamaespectrômetro e picos de energia respectivos é mostrada na Tabela 3 abaixo:

Canal Radiométrico	Faixa de Energia (MeV)		Canais Correspondentes	
Contagem Total	0,4100	2,8100	35	240
Potássio	1,3700	1,5700	117	134
Urânio	1,6600	1,8600	142	159
Tório	2,4100	2,8100	206	240
Cósmico	3,0000	6,0000	255	

Tabela 3 – Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes

As leituras do gamaespectrômetro são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de aproximadamente 55m no terreno.

O sistema detector é constituído por dois conjuntos de cristais (NaI) de 1024 polegadas cúbicas, totalizando 2048 polegadas cúbicas de detectores voltados para baixo (*downward looking*) e dois cristais, de 256 polegadas cúbicas cada, voltados para cima (*upward looking*), totalizando 512 polegadas cúbicas.

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

#### 2.2.4. Registrador Analógico

Foi empregado um registrador programável RMS, modelo GR-33, apresentando as seguintes informações para cada perfil (Figura 4):

- Megafísica Survey Aerolevantamentos S.A.
- Data e Hora,
- Sistema de Aquisição utilizado,
- Número do Vôo,
- Número do Serviço,
- Cliente,
- Aeronave,
- Operador,
- Tipo de magnetômetro,
- Altitude do levantamento,
- Velocidade do registro,
- Observações,
- Nome do arquivo ASCII correspondente,
- Canais analógicos com respectivos *labels* e fundo de escala: Fluxgate, Altura e Altitude de Vôo, Canais de Th, U, K, C. Total, Magnetômetro Bruto, Corrigido e Quarta Diferença.

Os fiduciais e a hora de gravação são impressos no topo e na base do registro, respectivamente. A designação dos traços de cada um dos canais apresenta a seguinte correspondência:

FDD1	: Perfil da 4a. diferença
MAG1	: Magnetômetro Bruto
CMA1	: Campo Magnético Compensado
FGAT	: Perfil do magnetômetro <i>fluxgate</i> , campo total resultante dos três eixos
TC, K, U e Th	: C. Total, Potássio, Urânio e Tório.
RAD	: Radar Altimetro
BARO	: Altimetro Barométrico

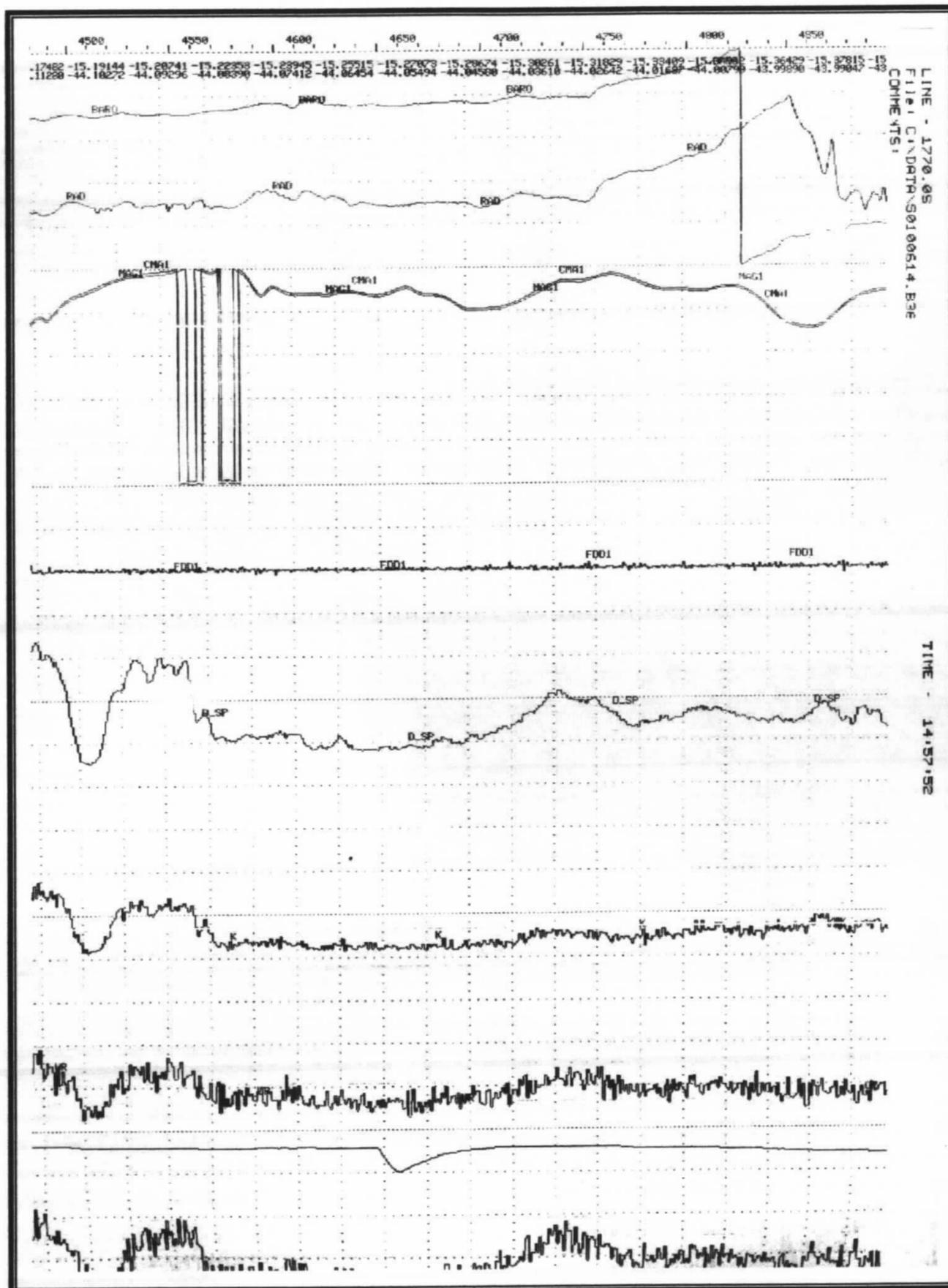


Figura 4 – Exemplo de Registro Analógico de Bordo

### 2.2.5. Sistema de Aquisição de Dados

O computador do sistema de aquisição de dados Picodas, modelo PDAS 1000 é a principal unidade do sistema aeromagnético instalado a bordo da aeronave. Todos os dados adquiridos são armazenados no disco rígido do PDAS 1000 e posteriormente transferidos para a 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:

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>
Número da Linha e Rumo	
Número do Vôo	
Ano, Dia, Hora, Minuto	
Número Fiducial	
Tempo de Gravação	s
Fração de Segundo	.01s
Evento	.01s
Eixo X, Mag. Fluxgate	mV
Eixo Y, Mag. Fluxgate	mV
Eixo Z, Mag. Fluxgate	mV
Altura Barométrica	ft
Altura Radar	ft
Magnetômetro Bruto	nT
Magnetômetro Compensado	nT
Contagem Total	cps
Potássio	cps
Urânio	cps
Tório	cps
R. Cósmica	cps
Tempo GPS	s
Latitude/Longitude	WGS-84, graus decimais
Altura GPS (acima do esferóide)	m
PDOP GPS	
Status GPS	
Erro GPS	

#### **2.2.6. Sistema de Vídeo**

A aeronave utiliza um sistema de vídeo comercial VHS Sony, constituído por uma câmara de alta definição acoplada ao gravador de cassete. Um monitor de 5" está disponível na cabine. A câmara é instalada em uma janela especialmente projetada no piso da aeronave para permitir completa visibilidade do terreno, através da lente tipo Auto Iris.

O sistema de vídeo gravação Scintrex VFPR-3 comanda a gravação do número do voo, número da linha e valores dos fiduciais na imagem coletada.

### 2.2.7. Altimetros

A altura de voo da aeronave foi monitorada através dos altímetros de radar e do barômetro de precisão, incluídos no sistema aerogeofísico. O radar altímetro utilizado é o King, modelo KA 150, que apresenta precisão de 5 pés e alcance de 2.500 pés. O barômetro é um transdutor de pressão que registra a altitude de voo em relação ao nível do mar. O sistema utiliza barômetro Rosemount 1241M, de precisão e alcance equivalentes ao do radar altímetro

### 2.2.8. Sistema de Navegação

A aeronave foi posicionada por um sistema GPS/Picodas, com receptor NovAtel de 12 canais. As informações de posicionamento são processadas pelo sistema de aquisição de dados PDAS 1000 e enviadas ao computador de navegação Picodas, ficando disponíveis ao piloto através do indicador analógico e da tela do computador.

As coordenadas GPS (latitude/longitude) foram também armazenadas no disco rígido do sistema de aquisição de dados e transferidas ao escritório de campo para aplicação da correção diferencial via pós-processamento.

A modalidade de posicionamento diferencial é baseada na utilização de uma estação terrestre de monitoramento, mantida continuamente ligada durante os vãos, rastreando os mesmos satélites que a estação móvel detecta a bordo da aeronave.

O processo de correção diferencial utilizado pela MEGAFÍSICA emprega o software C3-NAV, cujos parâmetros são obtidos a partir do receptor fixo que monitora a órbita dos satélites empregados no posicionamento.

O receptor fixo foi instalado no 5º Batalhão de Infantaria de Selva em São Gabriel de Cachoeira (AM) cujas coordenadas fixas (WGS-84), determinadas pelas estações GPS base são as seguintes (Tabela 4):

LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
00° 07' 48,71" N	67° 03' 25,95" W	76,08

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 VI).

### 2.2.9. Magnetômetro Terrestre

Para controle diário das variações do campo magnético terrestre foi utilizado um magnetômetro portátil de resolução de 0,1 nT e envoltória de ruídos em nível equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a intervalos de 5 segundos e armazenadas na memória do próprio equipamento.

O magnetômetro foi instalado na sede do 5º Batalhão de Infantaria de Selva, em local de gradiente magnético suave, livres de objetos móveis e de interferência cultural.

Ao término de cada jornada de produção os arquivos contendo os dados da variação diurna eram transferidos ao computador instalado na base de campo para uso no pré-processamento. A Figura 5 mostra um exemplo do registro do magnetômetro.

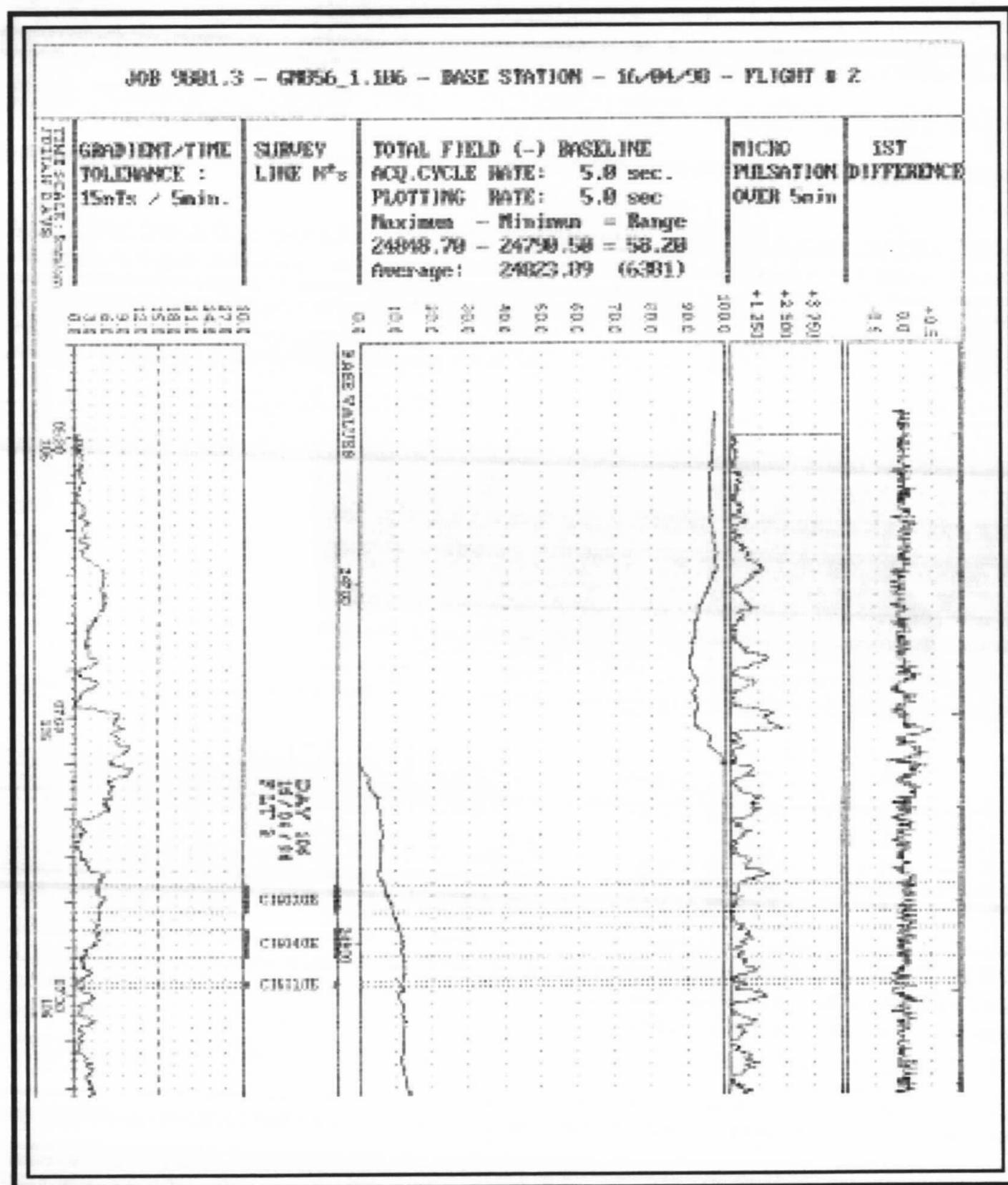


Figura 5 - Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base

### 2.3 Planejamento e Mobilização

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

- Seleção da base de operações, instalada na cidade de São Gabriel da Cachoeira (AM);
- Obtenção da autorização do aerolevanteamento junto ao Ministério da Defesa;
- Preparação dos planos 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 027, de 23.02.2001.

#### 2.3.1. Elaboração do Projeto de Vôo

Para cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro, foram programadas linhas de vôo e de controle, totalizando 3.281,30 km de perfis geofísicos, conforme a Tabela 5 abaixo:

Área (km <sup>2</sup> )	Total de Linhas de Vôo (km)	Total de Linhas de Controle (km)	Total (Linhas de Vôo+Controle) km
1.522,26	2.912,75	368,55	3.281,30

Tabela 5 - Quilometragem Produzida e Área Levantada

#### 2.3.2. Estatística das Operações

A Tabela 6 e o gráfico da Figura 6 a seguir mostram a estatística obtida durante a fase de aquisição dos dados.

	Nº Dias	%
1 PRODUÇÃO	9	28,13%
2 METEOROLOGIA	20	62,50%
3 VARIAÇÃO MAGNÉTICA DIURNA	0	0,00%
4 FALHA DE EQUIPAMENTO	0	0,00%
5 MANUTENÇÃO DE AERONAVE	0	0,00%
6 TESTES CONTRATUAIS	1	3,13%
7 OUTROS	2	6,25%
TOTAL	32	100,00%

Tabela 6 - Estatística das Operações

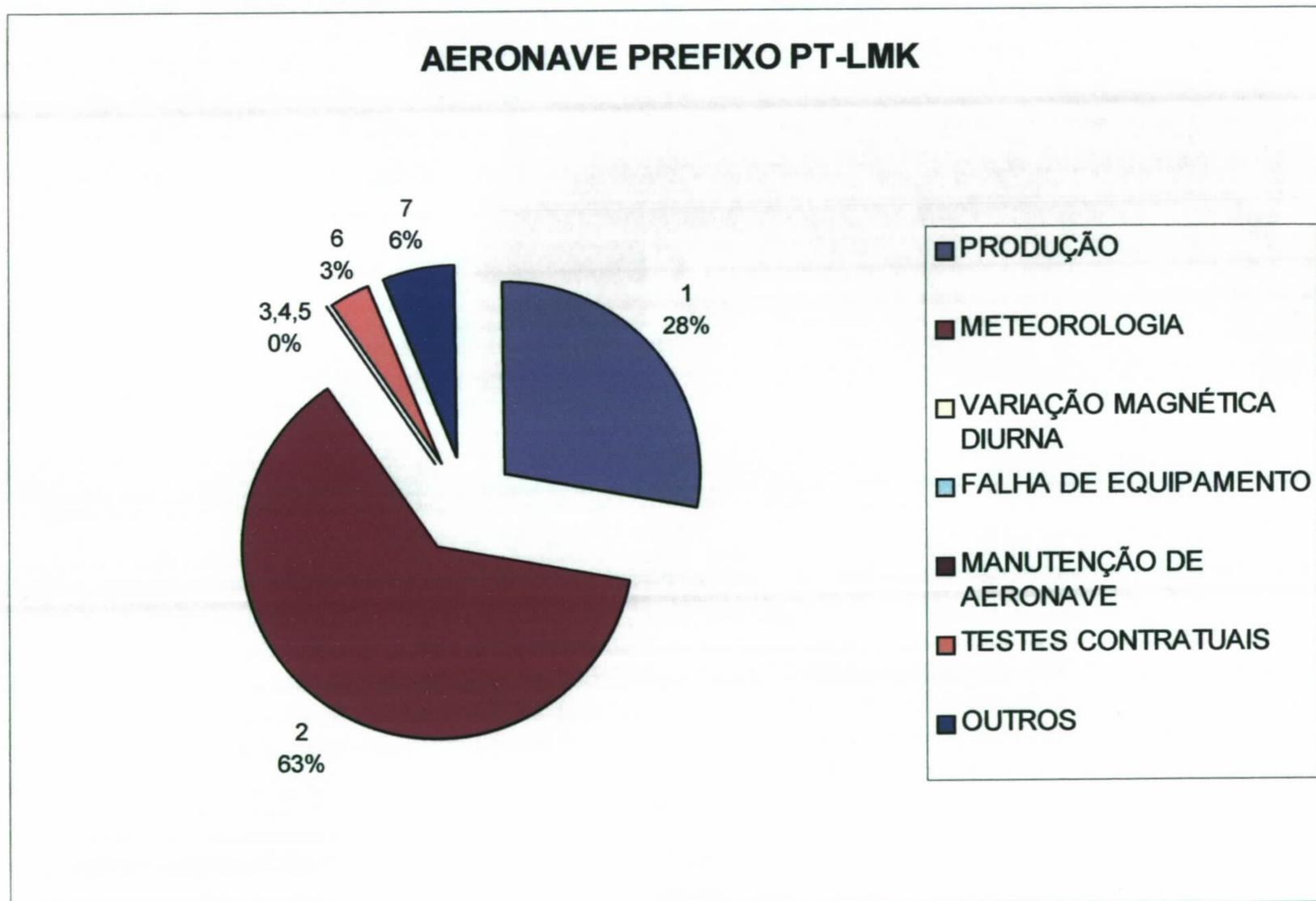


Figura 6 - Gráfico da Estatística das Operações

### 2.3.3. Mapa do Projeto de Vôo

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

As coordenadas dos limites da área, assim como dos extremos dos perfis, foram convertidas do sistema WGS-84 para SAD-69, cujos parâmetros são os seguintes:  $DX = 60$  m;  $dY = 2$  m;  $dZ = 41$  m.

### 2.3.4. Testes dos Equipamentos

#### a) Teste Altimétrico

Teste conduzido antes do início das operações para calibração do radar altímetro a bordo da aeronave. Neste teste a aeronave realiza passagens consecutivas sobre uma base de altitude conhecida (pista de pouso de São Gabriel da Cachoeira, altitude 79 m) voando nas alturas de 200 pés até 800 pés, com incrementos de 100 pés, tendo como referência as leituras fornecidas pelo barômetro nas passagens sobre a pista de calibração. Antes da decolagem o piloto ajusta a indicação da pressão barométrica na cabine da aeronave para aferição do altímetro barométrico.

#### 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 pelo magnetômetro *fluxgate* (Develco), instalado no *stinger* da aeronave e usado para medir o acoplamento dos três eixos com o *background* do campo magnético na região. O sensor Develco é muito sensível às mudanças de atitude sendo usado 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 césio do magnetômetro da aeronave, havendo, portanto, perfeita sincronia dos eventos nos dois sistemas.

As séries de movimentos, envolvendo as manobras do tipo *Pitch*, *Roll* 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.

c) Determinação dos Coeficientes de Compensação Magnética

As manobras de compensação são conduzidas a altitude elevada, 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 das linhas de vôo, 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.

O cálculo dos coeficientes é obtido através do programa implantado no computador Pentium instalado no escritório de campo.

Para avaliação da qualidade da compensação magnética da aeronave foi realizado o teste do tipo Manobra, antes do início das operações (o desempenho do sistema aeromagnético, determinado pela soma das amplitudes pico a pico dos doze registros, não poderá exceder a 5 nT após a correção da variação diurna). Os resultados obtidos são resumidos na Tabela 7 a seguir.

VÔO No. 003		DATA: 15.03.2001		BASE: SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA (AM)		
LINHA	AZIMUTE	PITCH (nT)	ROLL (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)	
E	90°	0,07	0,05	0,04	0,16	
S	180°	0,11	0,12	0,08	0,31	
W	270°	0,08	0,07	0,06	0,21	
N	360°	0,12	0,10	0,10	0,32	
Somatório					1,00	

Tabela 7 – Teste de Manobras (15/03/01)

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 potássio, urânio e tório são realizados antes do início e após os vôos operacionais através da colocação das citadas amostras sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave estacionada no mesmo local. A Tabela 8 apresenta os resultados desses testes.

		TESTE COM AMOSTRAS RADIOATIVAS NO SOLO (CPS)					
DATA	VÔO	POTÁSSIO (K)		URÂNIO (U)		TÓRIO (Th)	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
16.03.2001	02	470	492	374	391	1866	1849
19.03.2001	03	441	524	332	386	1831	1992
23.03.2001	04	503	531	397	406	1879	1877
25.03.2001	05	530	536	375	384	1844	1986
29.03.2001	06	531	502	409	370	1891	1839
30.03.2001	07	525	502	365	401	1793	1938
01.04.2001	08	501	495	459	353	2038	1912
06.04.2001	09	513	-	399	-	1896	-
11.04.2001	16	485	521	422	382	1851	1947

Tabela 8 - Teste Diário com Amostras Radioativas no Solo

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.

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

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico estão relacionados na Tabela 9 a seguir:

		TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA ( <i>LOW LEVEL</i> ) = 100 m)							
DATA	VÔO	CONTAGEM TOTAL		POTÁSSIO (K)		URÂNIO (U)		TÓRIO (Th)	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
16.03.2001	02	3600	3400	60	65	50	52	70	65
19.03.2001	03	3500	3900	60	70	50	52	50	60
23.03.2001	04	3700	3600	60	65	52	50	60	55
25.03.2001	05	3800	3700	70	70	55	52	65	65
29.03.2001	06	4000	5000	75	85	60	60	60	75
30.03.2001	07	6000	3800	75	85	70	60	100	60 *
01.04.2001	08	7200	4200	140	100	100	75	130	80 *
06.04.2001	09	5000	-	100	-	70	-	80	-
11.04.2001	10	5900	4300	110	100	80	70	110	80 *

OBS.: \* VALORES MAIS ELEVADOS DEVIDO A BAIXA DE ALTURA DE VÔO.

Tabela 9 - Testes Diários de Repetibilidades Radioativas

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

Foram realizados testes gamaespectrométricos específicos, objetivando a calibração do sistema detector da aeronave. Estas calibrações obedeceram duas etapas distintas, quais sejam:

- Calibração estática, realizada antes do início das operações aéreas através do emprego de tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio (K40), urânio (U238), tório (Th 232) e do *background*, tem por finalidade a determinação dos coeficientes de espalhamento Compton do sistema detector. As concentrações dos tanques de calibração portáteis utilizados, estão indicadas na Tabela 10 a seguir:

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 10 - Concentração dos Tanques de Calibração

- Calibração dinâmica, a ser realizada antes do processamento de dados gamaespectrométricos com vistas à determinação dos *backgrounds* cósmico e da aeronave (*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.

A primeira fase dos testes (calibração estática) foi realizada no mês de março de 2000, no Aeroporto Júlio Cesar, Belém (PA), situado a cerca de 1.540 km a sudeste da área dos serviços. Com a aeronave estacionada, os tanques de calibração portáteis foram sequencialmente posicionados sob cada pacote detector, aí permanecendo por 10 minutos para acumulação de dados na seguinte ordem: BKG, Th, U, K e BKG. 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 1024 polegadas<sup>3</sup> e para o total 2048 polegadas<sup>3</sup>. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento Compton estão resumidos na Tabela 11.

COEFICIENTE	VALOR
$\alpha$	0,2583 +/- 0,0023
$\beta$	0,4186 +/- 0,0046
$\gamma$	0,7874 +/- 0,0069
a	0,0622 +/- 0,0033
b	0,0030 +/- 0,0019
g	0,0047 +/- 0,0014

Tabela 11 - Coeficientes de Espalhamento *Compton*

Na etapa seguinte (calibração dinâmica) foram cumpridos os testes com a aeronave em vôo, quais sejam: Vôo Cósmico (*Cosmic Flight*), que visa determinar os *backgrounds* cósmico e da aeronave. O referido teste constou basicamente do seguinte:

**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 do Pará cerca de 50 km, voando nas altitudes de 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 e 6000 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 12 a seguir apresenta o resultado obtido pela aeronave no vôo cósmico, a apresentação dos resultados na forma de gráficos encontra-se no Anexo I-b, no final deste relatório.

Altitude (pés)	Cósmico (cps)	U (cps)	K (cps)	Th (cps)	Uup (cps)	CT (cps)
522	53,4	6,4	17,9	4,9	3,2	158,0
1007	56,1	6,5	18,2	5,0	3,2	160,0
2067	62,1	6,8	18,5	5,7	3,4	169,0
3192	69,0	7,1	19,2	6,1	3,6	179,0
4206	76,5	7,8	20,0	6,6	3,7	190,0
5262	87,5	8,1	20,4	7,4	3,9	203,0
6214	97,1	8,7	21,4	8,1	4,3	215,0

Coefficiente	C. Total	K	U	Th	Uup
<i>a</i> (cps)	84,67	13,78	3,51	0,93	1,96
<i>b</i>	1,3615	0,0780	0,0534	0,0743	0,0229

Tabela 12 - *Background* da Aeronave 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 200 até 900 pés, com incrementos de 100 pés, e duas passagens a 300 pés, correspondente à altura padrão do levantamento (100 m). Na sequência dos perfis também são realizadas passagens sobre a Lagoa de Maricá 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 ( $\pm 300$  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.

As passagens em várias alturas permitem ainda a determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) do sistema detector da aeronave, os quais são utilizados para a correção altimétrica.

### **2.3.6. 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-c).

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

## **2.4 Compilação de Dados**

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

- a) Transferência das leituras do magnetômetro terrestre para o computador de campo para processamento da variação diurna de acordo com o gradiente fixado no contrato, qual seja: 4 nT/ min;
- b) Processamento dos arquivos de posicionamento GPS para aplicação da correção diferencial via pós-processamento a partir da leitura dos arquivos obtidos na estação fixa instalada na base de operações;
- c) 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, desvios de navegação, etc., estabelecidos, respectivamente em: 15 m para mais ou para menos, 0,5 nT e 100 m em relação à linha teórica;

d) 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 30% do espaçamento teórico (150 m) por mais de 1000 m;

e) Verificação da qualidade da gravação, em vídeo, do trajeto percorrido pela aeronave;

Para o controle da produção, acompanhamento dos trabalhos, processamento diferencial do GPS, 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 matricial;
- Sistema de TV/Vídeo Panasonic.

## **2.5 Equipe Técnica na Base de Operações**

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

Divino Barbosa	- Supervisor de Aquisição de Dados
Roberto Zanon	- Chefe de Equipe/ <i>Dataman</i>
Ranilson Matos Costa	- Piloto
Wilkes Lopes de Souza	- Piloto
Almir de Lima	- Operador
Rafael Orlando de Oliveira	- Operador
Paulo Castro	- Operador
José P. de Carvalho Filho	- Mecânico
Rodolfo Porto	- Mecânico

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

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

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro foi empregada a versão OASIS MONTAJ 5.08 do sistema GEOSOFT, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exportação do dado binário coletado em voo, para formato ASCII XYZ Geosoft. A Figura 8, 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 voo, 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 magnéticos e radiométricos propriamente.

##### **3.1.2 Processamento dos Dados Magnéticos**

###### **3.1.2.1 Remoção da Variação Magnética Diurna**

Os valores obtidos pelo magnetômetro monitor foram inicialmente subtraídos do nível base, definidos em 29.050 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 paralaxe corresponde à defasagem nos tempos de medição do magnetômetro e altímetros com o sistema de posicionamento. Assim, o erro 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:

$F_c = F_r - I_p$ , 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 da aeronave PT-LMK correspondeu a 0,55 segundos.

### 3.1.2.3 Correção Altimétrica (*Draping Correction*)

Em levantamentos aeromagnéticos, fatores operacionais como clima (ventos), topografia acidentada e ascensões e mergulhos abruptos da aeronave, podem resultar em algumas linhas voadas em alturas significativamente diferentes da altura nominal do aerolevante. Tais mudanças na distância entre o sensor e a fonte magnética geram atenuações variáveis no campo magnético e resultam em anomalias espúrias orientadas ao longo das linhas de vôo.

A rotina de processamento utilizada efetua continuações para cima e para baixo utilizando os dados na forma de perfil, pelo método da série de Taylor (Pilkington, M. e Thurston, J., 2001), utilizando os dados do radar altímetro como referência.

Esta metodologia revelou-se superior aos métodos que atuam sobre os dados em malha (*grid*), por evitar os erros introduzidos pelo processo de interpolação entre linhas adjacentes voadas a diferentes alturas. A alta resolução das leituras ao longo das linhas é também preservada aplicando-se a correção a cada perfil separadamente.

Para evitar reverberações (*ringing*) típicas da continuação para baixo, foi aplicado filtro passa-baixa do tipo cosseno “*roll-off*” ao perfil da correção altimétrica, antes da aplicação dessa correção aos dados originais. O filtro aplicado teve *cut-off* de 250m.

### 3.1.2.4 Nivelamento dos Perfis

A aplicação do nivelamento pelo sistema OASIS 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 as 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 (0,008 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 permitiu ainda o exame visual da Tabela de Interseções, possibilitando sua edição manual quando necessário. Por exemplo, a linha nivelada pode ser comparada a sua versão obtida em diferentes estágios do processo.

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.

### 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, definido por um parabolóide do tipo:

$$T(\text{nT}) = A00 + A10DE + A01DN + A11DEDN + A20DE^2 + A02AN^2$$

Esta superfície foi definida com base no valor do IGRF, calculado na altitude média da região do levantamento (250 m) para cinco pontos distribuídos no interior da área, referidos ao ano de 2000 e atualizados para a data de 01/04/2001 (2001,25).

O campo magnético total corrigido para cada um dos pontos amostrados foi obtido pela subtração, ao campo total nivelado, do valor do IGRF calculado para o ponto. Os valores resultantes são os valores anômalos do campo.

### 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 não é aplicada para o sistema PGAM-1000, utilizado pela aeronave PT-LMK, por tratar-se de sistema autocalibrável onde são utilizados conversores analógico-digitais associados a cada um dos cristais detectores. Tal característica do gamaespectrômetro PGAM-1000 torna o valor do tempo morto muito pequeno, sendo considerado desprezível no processamento.

### 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 também é observado com os dados radiométricos e corresponde à defasagem nos tempos de medição do gamaespectrômetro com o sistema de posicionamento. Assim, o erro de paralaxe foi determinado seguindo o mesmo procedimento previsto no item 3.1.2.2 acima, com aplicação da fórmula:

$F_c = F_r - I_p$ , onde

$F_c$  = Fiducial corrigida do erro de paralaxe,

$F_r$  = Fiducial para a leitura registrada,

$I_p$  = Paralaxe instrumental.

A correção aplicada a todas amostras do gamaespectrômetro correspondeu a 1,0 segundo para a aeronave PT-LMK.

### 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:

$h_e = h (273,15/T+273,15) \times (P/1.013,25)$ , sendo:

$h$  - altura de vôo medida pelo radar altímetro,

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

$P$  - pressão atmosférica em milibar.

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

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

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

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

$N = a + bC$ , onde:

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

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

**C** - canal de radiação cósmica,

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

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 12 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.5) foram aqueles definidos pelo voo cósmico sobre o mar, em área distante da costa do Pará cerca de 50 km, cujos gráficos estão indicados no Anexo I-b.

### 3.1.3.6 Cálculo 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:

$U_r = (u - a_1U - a_2Th) + (a_2b_t - b_u) / (a_u - a_1 - a_2a_t)$ , 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* cósmico e da aeronave.

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  $a_k$ ,  $a_u$ ,  $a_t$  e  $a_{tc}$  (Tabela 13) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos correspondentes a estes cálculos encontram no Anexo I-c.

CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{tc}$	13,5870
Potássio	$a_k$	1,1685
Urânio	$a_u$	0,3303
Tório	$a_t$	0,0855

Tabela 13 - 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  $u_g = a_1 U_g + a_2 T_g$ , 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 ao final do 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.

O valor obtido para  $a_1$  no levantamento em pauta foi de 0,056.

### 3.1.3.8 Correção do Efeito Compton

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

$\alpha$  - radiações de tório no urânio,

$\beta$  - radiações de tório no potássio,

$\gamma$  - radiações de urânio no potássio,

a - radiações de urânio no tório,

b - radiações de potássio no tório,

g - radiações de potássio no urânio.

Os valores adotados para correção do efeito Compton são os descritos na Tabela 11 – Coeficientes de Espalhamento Compton, apresentada no item 2.3.5. Maior detalhamento deste teste está presente no Anexo I-a.

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

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

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

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

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

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

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

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

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 14 obtidos durante os testes realizados em 25/08/2000 em Maricá (RJ). Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a encontram-se no Anexo I-e.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0,0066
Potássio	-0,0072
Urânio	-0,0059
Tório	-0,0067

Tabela 14 - Coeficiente de Atenuação Atmosférica

Durante a execução do levantamento determinados trechos de linhas de vôo tiveram que ser sobrevoados com altura de vôo superior a cláusula contratual de 100 m devido as condições topográficas da região e a própria segurança da aeronave. Os pontos onde a altura de vôo excedeu a 200 m foram considerados com altura de vôo igual a 200 m. (IAEA – *Technical Report N°323 - Vienna, 1991*). A Figura 7 mostra o mapa da área do projeto, ressaltando as regiões onde a aeronave excedeu ao limite de 200 m.

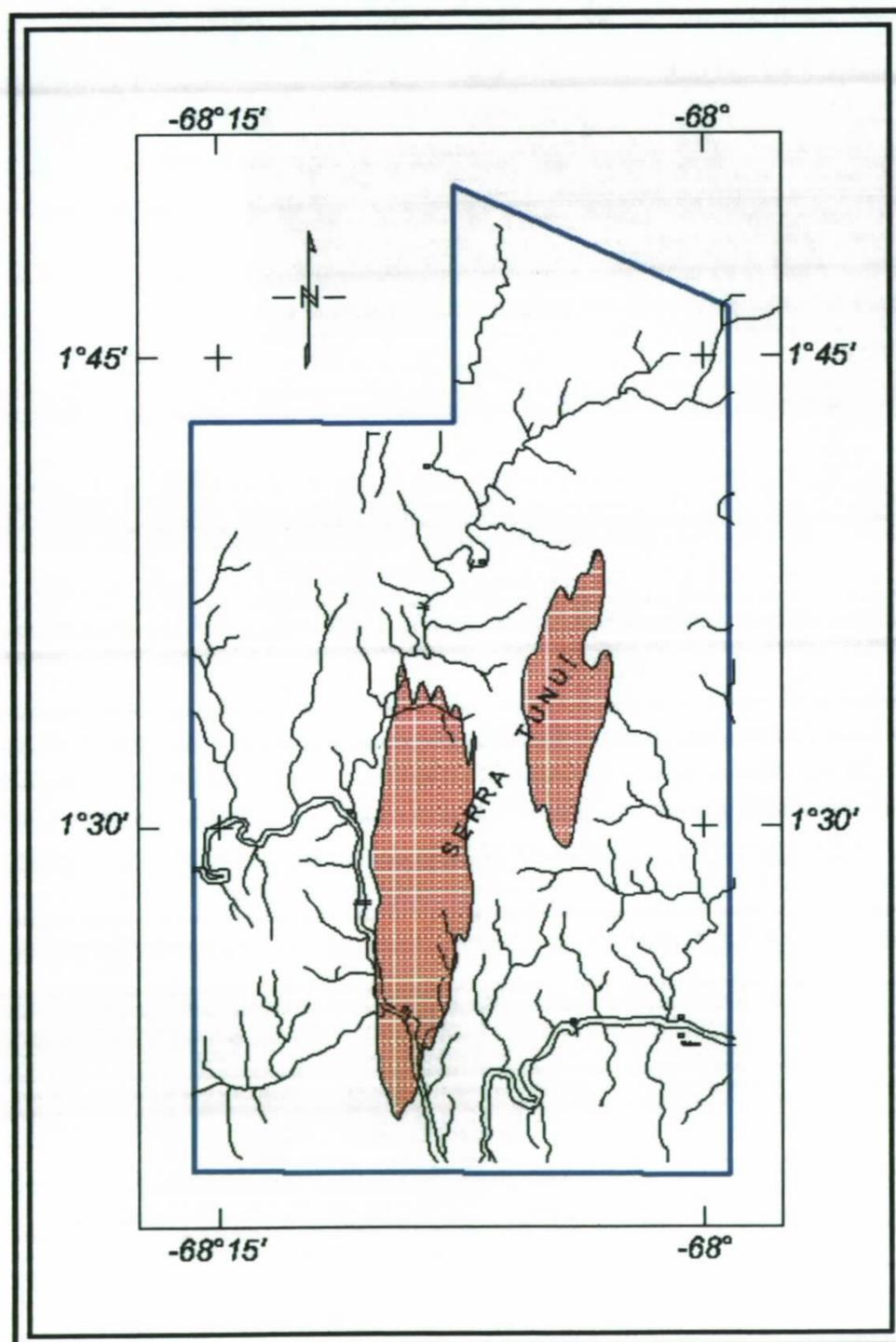


Figura 7 - Áreas com Altura de Vôo Acima de 200 m

### 3.1.3.10 Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores da aeronave PT-LMK para as janelas do potássio, urânio e tório foi determinada com base na razão entre as medições efetuadas a bordo (N) e em terra (C), nos testes conduzidos em 25.08.2000, com a aplicação da expressão:

$S = N/C$ , onde:

- S corresponde à sensibilidade para cada janela,
- N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à altura do levantamento (100 m) e situada no trecho de interesse das estações terrestres utilizadas, e
- C é a média das concentrações para cada canal das estações terrestres de interesse.

A Tabela 15 abaixo corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume de 33,6 litros e dimensões de 10 cm x 10 cm x 40 cm), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.

CANAL	SENSIBILIDADE
CT	82,79 cps/ $\mu$ R/h CT
K	28,22 cps / %K
U	4,22 cps / ppm eU
Th	2,70 cps/ppm eTh

Tabela 15 - Constantes de Sensibilidade

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

$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$ , onde K, eU e eTh correspondem às concentrações aparentes destes elementos definidas em terra, quando do levantamento da pista de calibração dinâmica. O valor da concentração determinado para o canal de contagem total foi de **15,69  $\mu$ R/h**.

Os gráficos comparativos dos perfis coletados durante a calibração dinâmica, após a conversão da amostragem para concentração aparente, acompanham o texto descritivo do procedimento de calibração (“Resumo do Processo de Calibração dos Gamaespectrômetros”) apresentado no Anexo I-d.

### 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 16 a seguir resume os valores utilizados:

Canal	Valor Mínimo
K (%)	0,01
eU (ppm)	0,04
eTh (ppm)	0,10

Tabela 16 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas

### 3.2 Interpolação e Contorno

A seleção da coluna Z relativa à variável a ser *gridada* (campo magnético ou canal radiométrico) produzirá um arquivo do tipo .GRD. O programa RANGRID interpola dados distribuídos em perfis, paralelos ou sub-paralelos, usando *Akima Splines* para interpolar amostras nos pontos *grid* na direção perpendicular às linhas de vôo. Na direção de vôo o processo de interpolação é linear. Este processo leva em conta a extensão lateral das feições mapeadas, observando-se forte correlação entre perfis laterais.

Os mapas de contorno foram elaborados a partir de *grids* regulares, interpolados em malha quadrada, com dimensões de 125m x 125m, 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 MS WORD 97 foram gravados em CD-ROM, descrito no item 5.7 deste relatório.

### 3.4 Equipe Envolvida no Processamento dos Dados

Participaram dos trabalhos de processamento os seguintes técnicos:

- César Marinho Costa - Supervisor de Processamento de Dados,
- Maria Filipa Perez da Gama - Geofísica.

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro esteve a cargo do geólogo Jorge Dagoberto Hildenbrand.

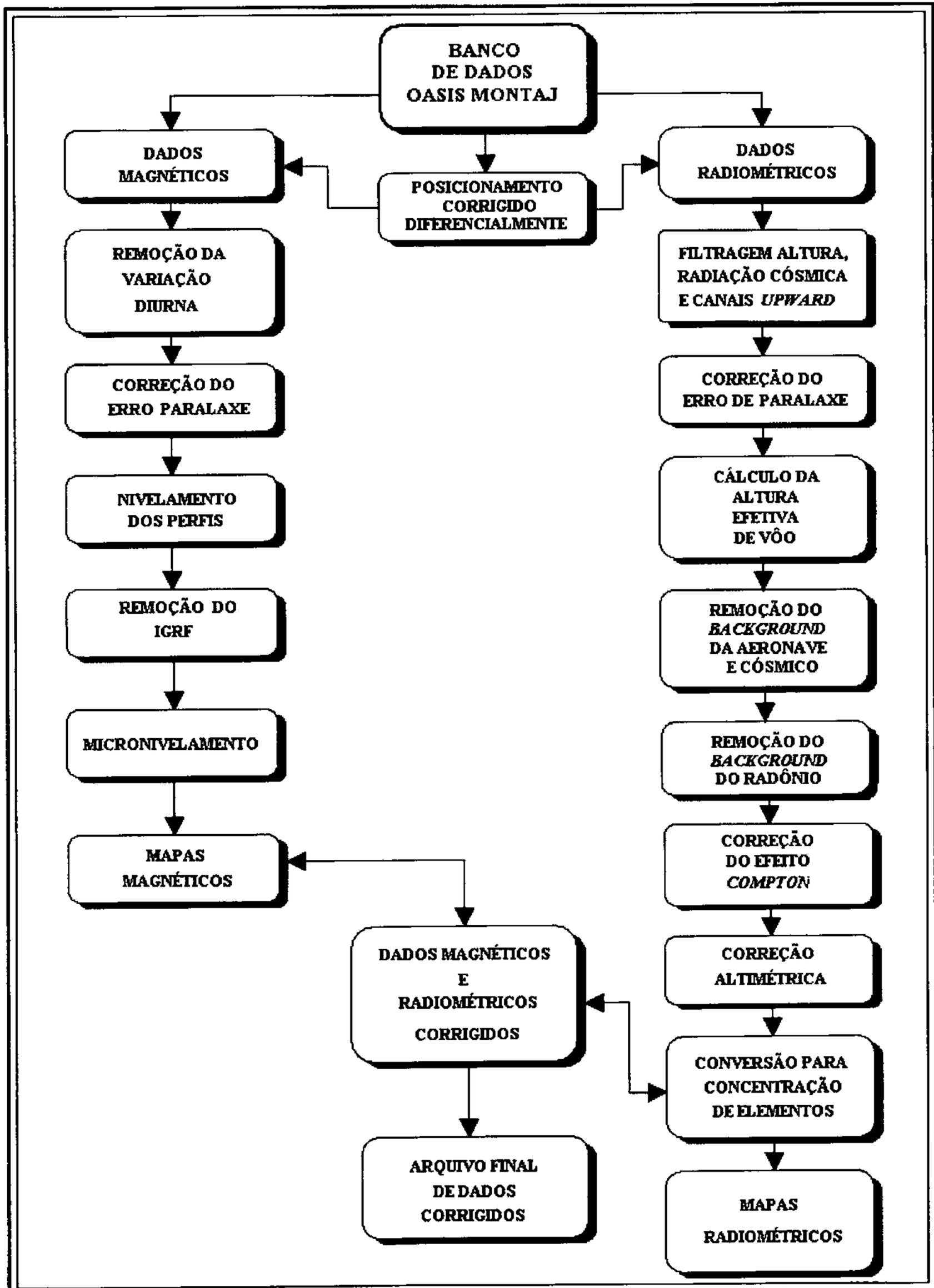


Figura 8 - Fluxograma do Processamento de Dados

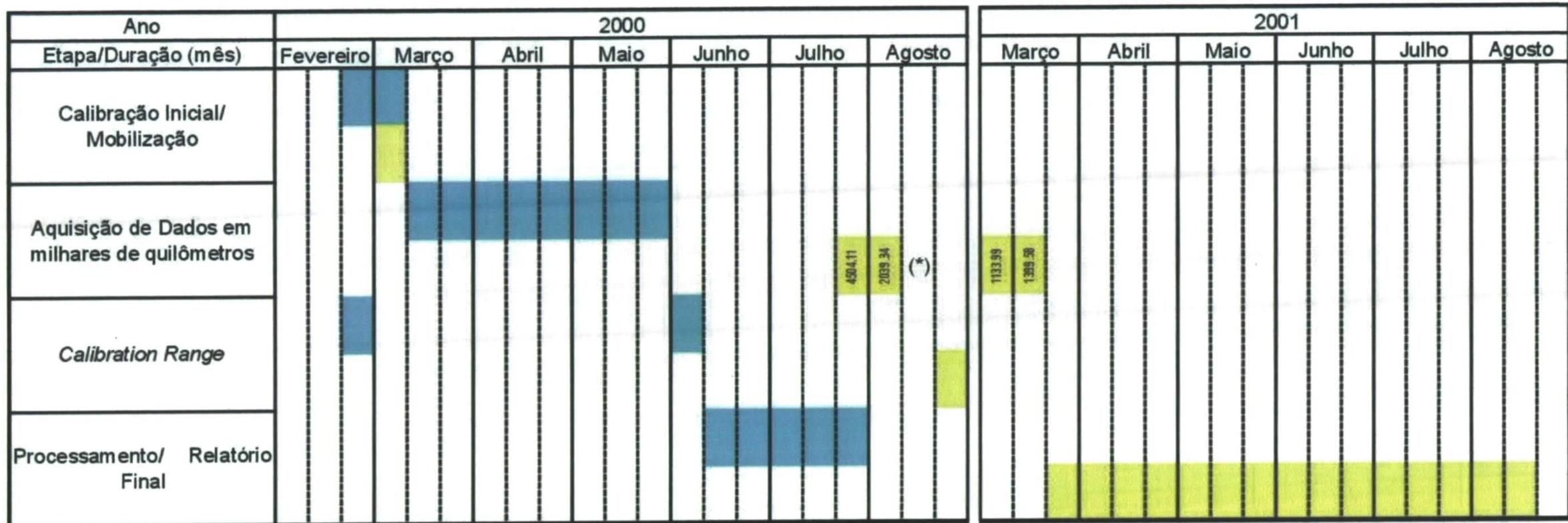
#### **4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES**

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro foi executado no período de 13 de março a 13 de abril de 2001.

O processamento dos dados e elaboração do relatório final tiveram início logo após o término da fase de aquisição, e foram concluídos em 15/08/2001.

A Figura 9 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do levantamento.

Figura 9 – Cronograma Geral das Operações



(\*) Produção interrompida devido a condições meteorológicas adversas

■ Previsto  
■ Realizado

## 5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro estão sendo apresentados, na forma de mapas, nas escalas 1:50.000 e/ou 1:100.000, 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, e 4 km, em 1:50.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 5 e 10 minutos, respectivamente para as escalas 1:50.000 e 1:100.000, e as informações planimétricas, obtidas por digitalização dos acidentes geográficos contidos nos mosaicos radargramétricos (Projeto RADAM) disponíveis na área do levantamento. As folhas confeccionadas na escala 1:100.000 englobam toda a área do Projeto de forma integrada em uma única folha. As folhas na escala de 1:50.000 comportam um conjunto de 3 unidades, sendo representadas pelas seguintes nomenclaturas: Folha 1 – NA.19-Z-A-II-2, Folha 2 – NA.19-Z-A-II-4 e Folha 3 – NA.19-Z-A-V-2.

A Figura 10 comporta a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados na escala 1:50.000.

A Tabela 17 abaixo apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

TEMA	PADRÃO (1:50.000)	INTEGRADO (1:100.000)
Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação)
Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação)
Radiométrico de Contagem Total	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
Radiométrico de Potássio	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
Radiométrico de Urânio	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
Radiométrico de Tório	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
Razão Radiométrica eU/eTh	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
Razão Radiométrica eU/K	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
Razão Radiométrica eTh/K	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
Radiométrico Ternário	-	imagem
Traços de Linha Vôo (Mapa Digital)	Traços de vôo e planimetria	-
Modelo Digital do Terreno (Mapa Digital)	-	Imagem

Tabela 17 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos

As especificações dos intervalos de contorno utilizados nos mapas aerogeofísicos constam da Tabela 18 a seguir:

TEMA	PADRÃO (1:50.000)	INTEGRADO (1:100.000)
<b>Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	5, 25 e 100 nT	10, 50 e 250 nT
<b>1a. Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	0,01; 0,05 e 0,10 nT/m	-
<b>Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	0,01; 0,05 e 0,10 nT/m	-
<b>Radiométrico de Contagem Total</b>	0,2; 1,0 e 50 µR/h	0,2; 1,0 e 50 µR/h
<b>Radiométrico de Potássio</b>	0,05; 0,25 e 1,00 %	0,05; 0,25 e 1,00 %
<b>Radiométrico de Urânio</b>	0,1; 0,5 e 2,5 ppm	0,1; 0,5 e 2,5 ppm
<b>Radiométrico de Tório</b>	0,2; 1,0 e 5,0 ppm	0,2; 1,0 e 5,0 ppm
<b>Razão Radiométrica eU/eTh</b>	0,05; 0,25 e 1,00	0,05; 0,25 e 1,00
<b>Razão Radiométrica eU/K</b>	1, 5 e 25	1, 5 e 25
<b>Razão Radiométrica eTh/K</b>	1, 5 e 25	1, 5 e 25

Tabela 18 – Divisão dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos

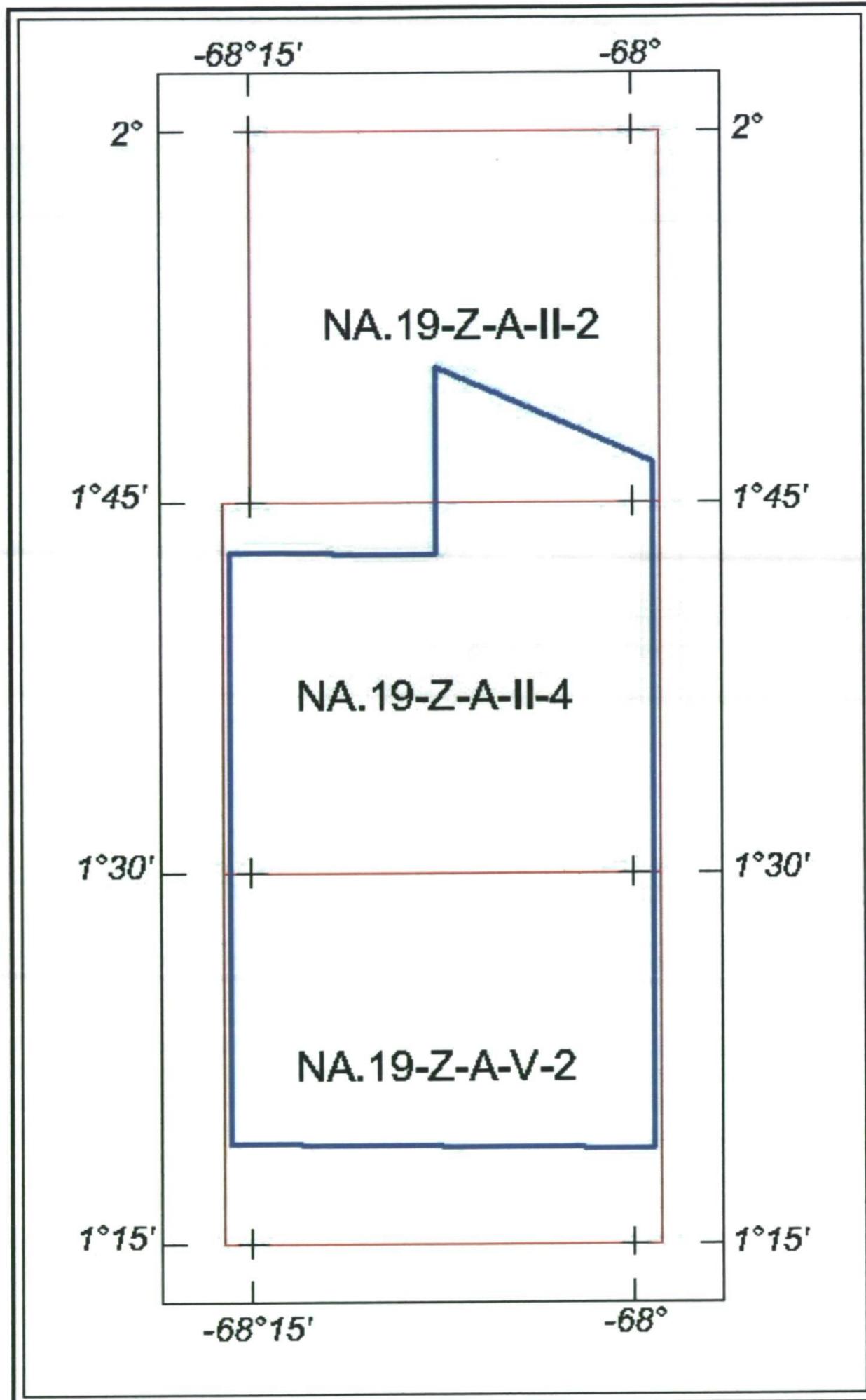


Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:50.000

### **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, na escala 1:50.000, foram elaborados na forma de imagem colorida, com traços de contorno superpostos. Na escala 1:100.000, o mapa do Campo Magnético Total foi elaborado também na forma de imagem colorida, com traços de contorno superpostos, e os mapas da 1.ª Derivada Vertical e Sinal Analítico foram elaborados na forma de pseudo-iluminação projetada perpendicularmente às estruturas principais definidas pela magnetometria. Nos mapas de pseudo-iluminação foram adotados o ângulo de 45° para direção e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

Na escala 1:50.000 a imagem colorida se superpõe às curvas de isovalores e à planimetria básica para todos os temas da magnetometria.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 9 e 10 respectivamente, com escala reduzida para tamanho A-4. A redução na intensidade da cor expressa menor intensidade magnética.

### **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. Nestes mapas a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno.

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 da 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 11.

### **5.3 Mapa Radiométrico Ternário**

Mapa elaborado apenas na escala 1:100.000, expressa a razão entre os três canais radiométricos, quais sejam: 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).

O mapa radiométrico ternário, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 12. Nesta figura a predominância do vermelho indica alta concentração de potássio, enquanto as tonalidades azul e verde estão associadas às presenças de urânio e tório, respectivamente. A cor branca simboliza a presença dos três elementos (K, U, Th) e a cor preta ausência dos três citados elementos.

### **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. Nestes mapas a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno.

O mapa radiométrico da razão tório/potássio, também elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 13.

### **5.5 Mapa de Traço dos Perfis de Vôo Superposto à Planimetria**

Mapa elaborado somente na escala 1:50.000, em formato digital, contém os traços das linhas de vôo superpostos a planimetria básica. As linhas de vôo apresentam-se com sua numeração disposta no início e final de cada segmento de linha no mapa, com fiduciais marcados a cada 10 intervalos e numerados a cada 100 intervalos.

### **5.6 Relatório Final**

O relatório final está sendo apresentado em 4 volumes (Volume I - Texto e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Distrito Mineral Tunuí-Caparro, 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 14 (“Modelo Digital do Terreno”), a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtidos a partir dos dados altimétricos registrados pela aeronave.

O texto deste relatório foi elaborado por César Marinho Costa. A revisão e edição final esteve a cargo de Márcia Reis, Secretária de Operações.

### **5.7 Arquivos Digitais Finais do Levantamento**

Os dados obtidos no levantamento estão sendo apresentados em arquivos digitais do tipo XYZ e no padrão CPRM (perfis e cruzamentos), descritos no Anexo IV. Os dados interpolados em malha quadrada de 125 x 125 m foram gravados no formato GRD da GEOSOFT. Um arquivo descrevendo a gravação está contido nos próprios CD's e apresentado no Anexo III do presente relatório. O dados digitais correspondentes aos mapas foram gravados em arquivos de plotagem, nos formatos HPGL e GEOSOFT MAP. Todas essas informações foram gravadas em 01 CD-ROM de 650 MB de capacidade.

A listagem fornecida no Anexo V apresenta as linhas de vôo e de controle aprovadas e utilizadas no processamento, organizadas por ordem crescente de numeração.

O texto do presente relatório foi gravado no formato MS WORD 97, em CD-ROM separado.

### **5.8 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 Nº 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

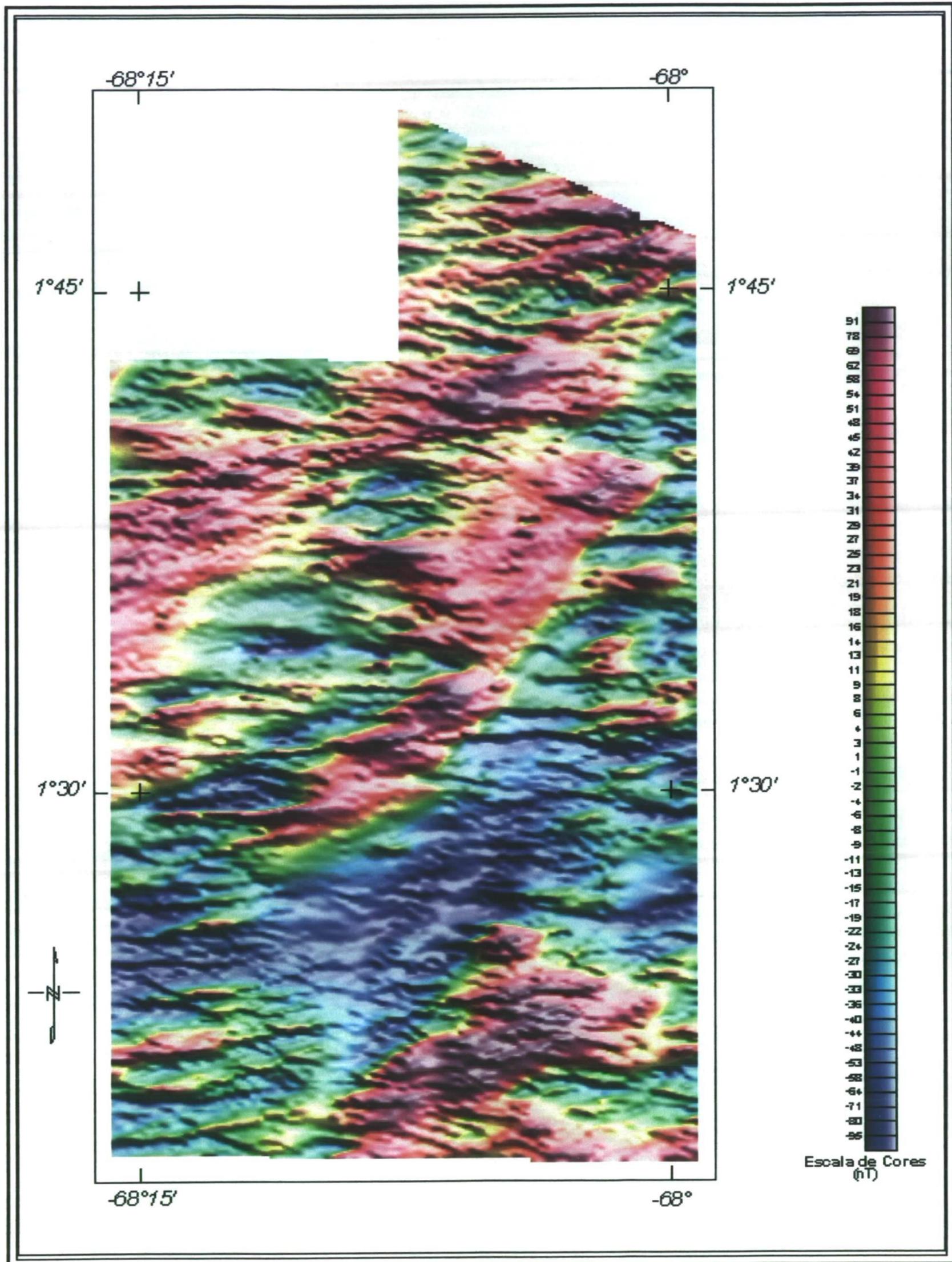


Figura 9 – Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)

(Azimute da Fonte Luminosa:  $45^{\circ}$ ; Inclinação:  $45^{\circ}$ )

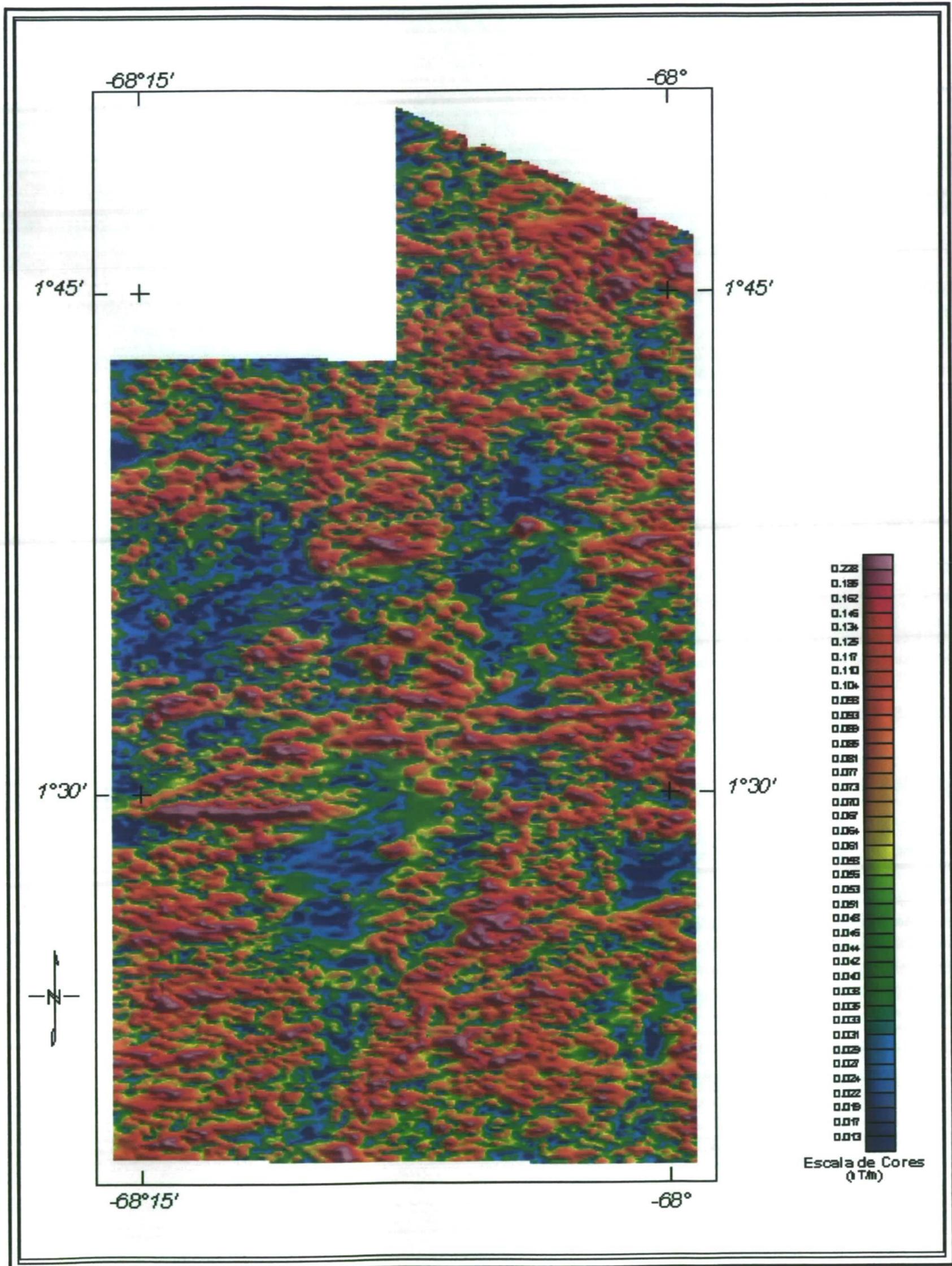


Figura 10 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)  
(Azimute da Fonte Luminosa:  $45^{\circ}$ ; Inclinação:  $45^{\circ}$ )

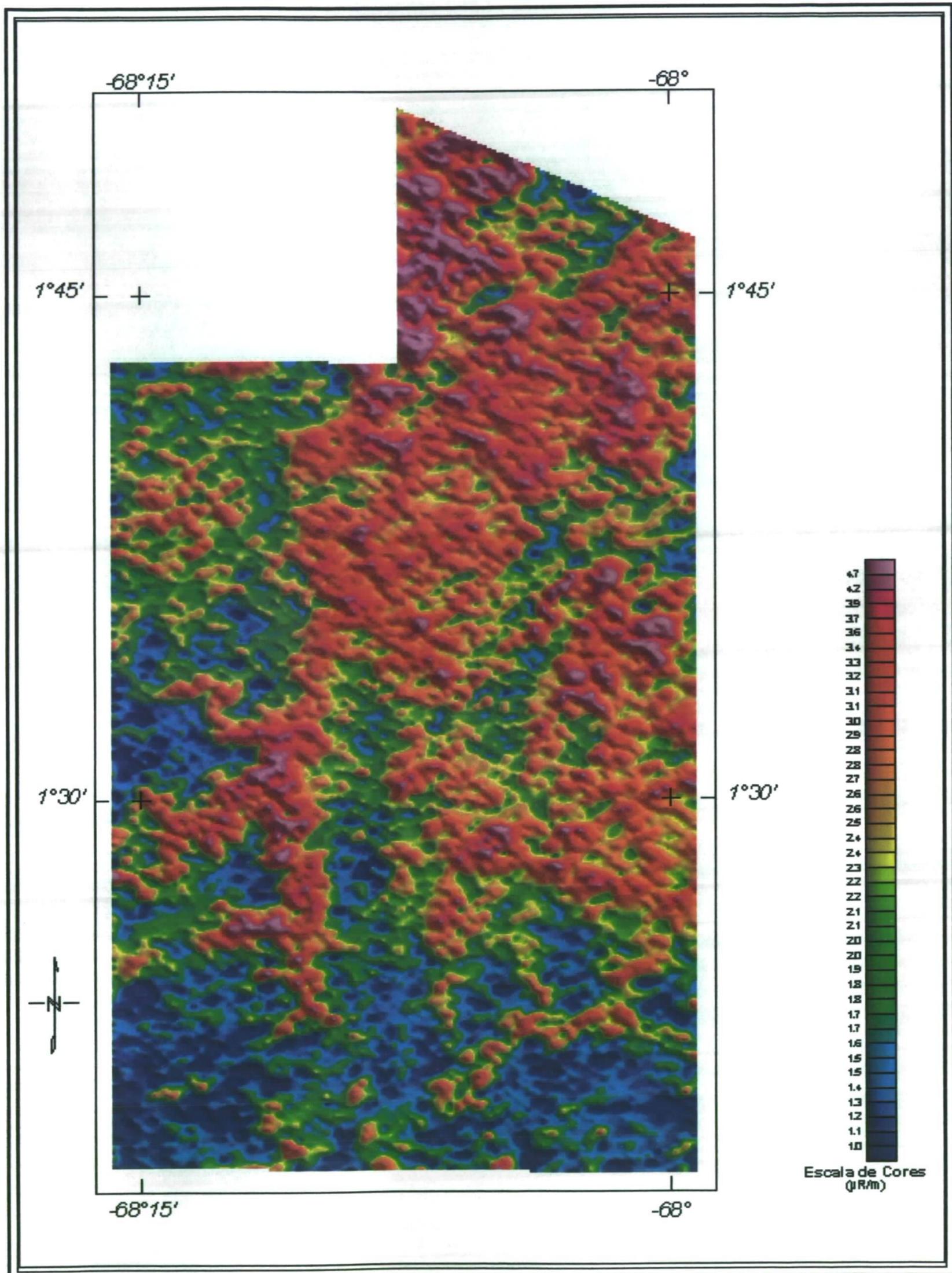


Figura 11 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

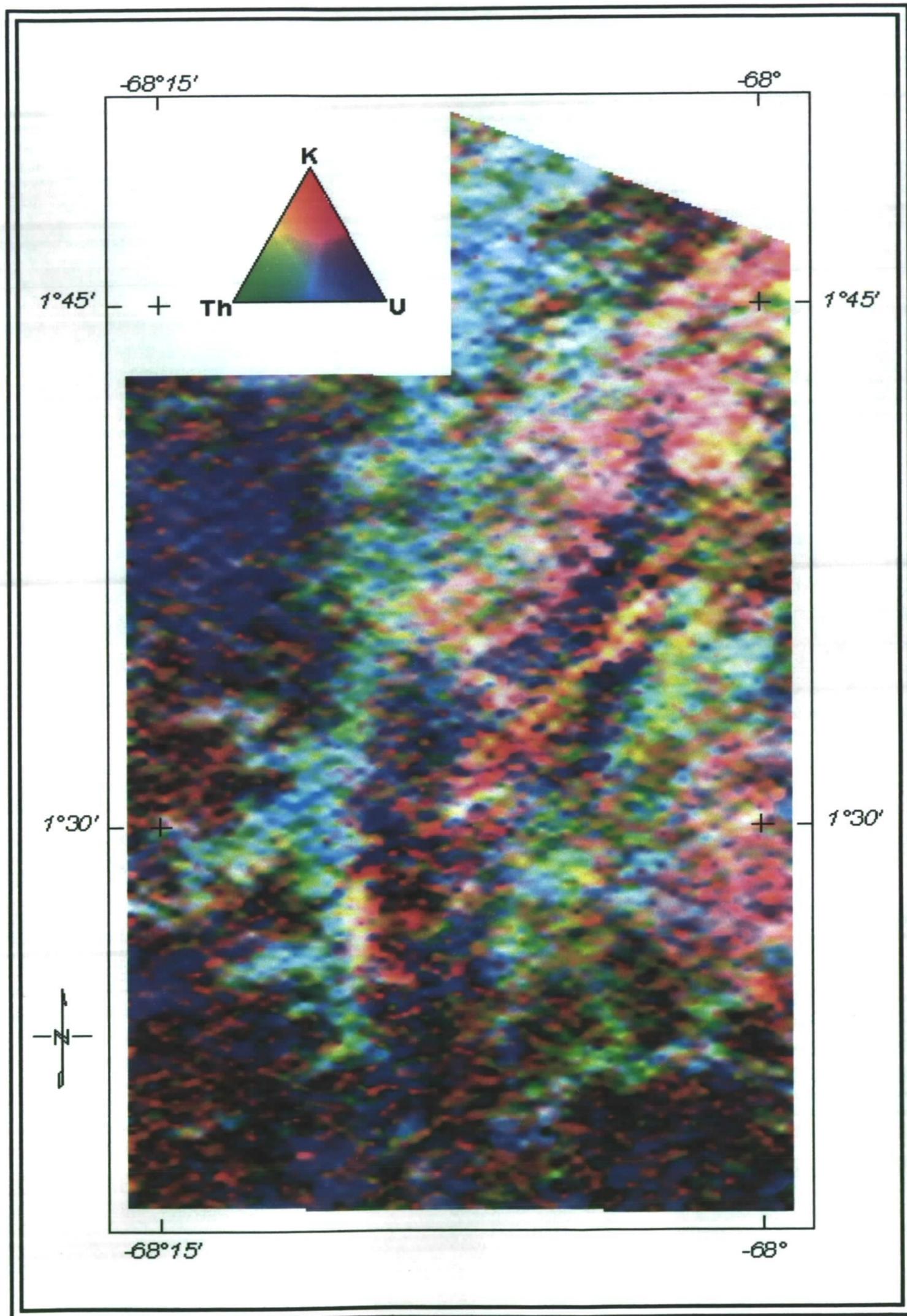


Figura 12 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th)

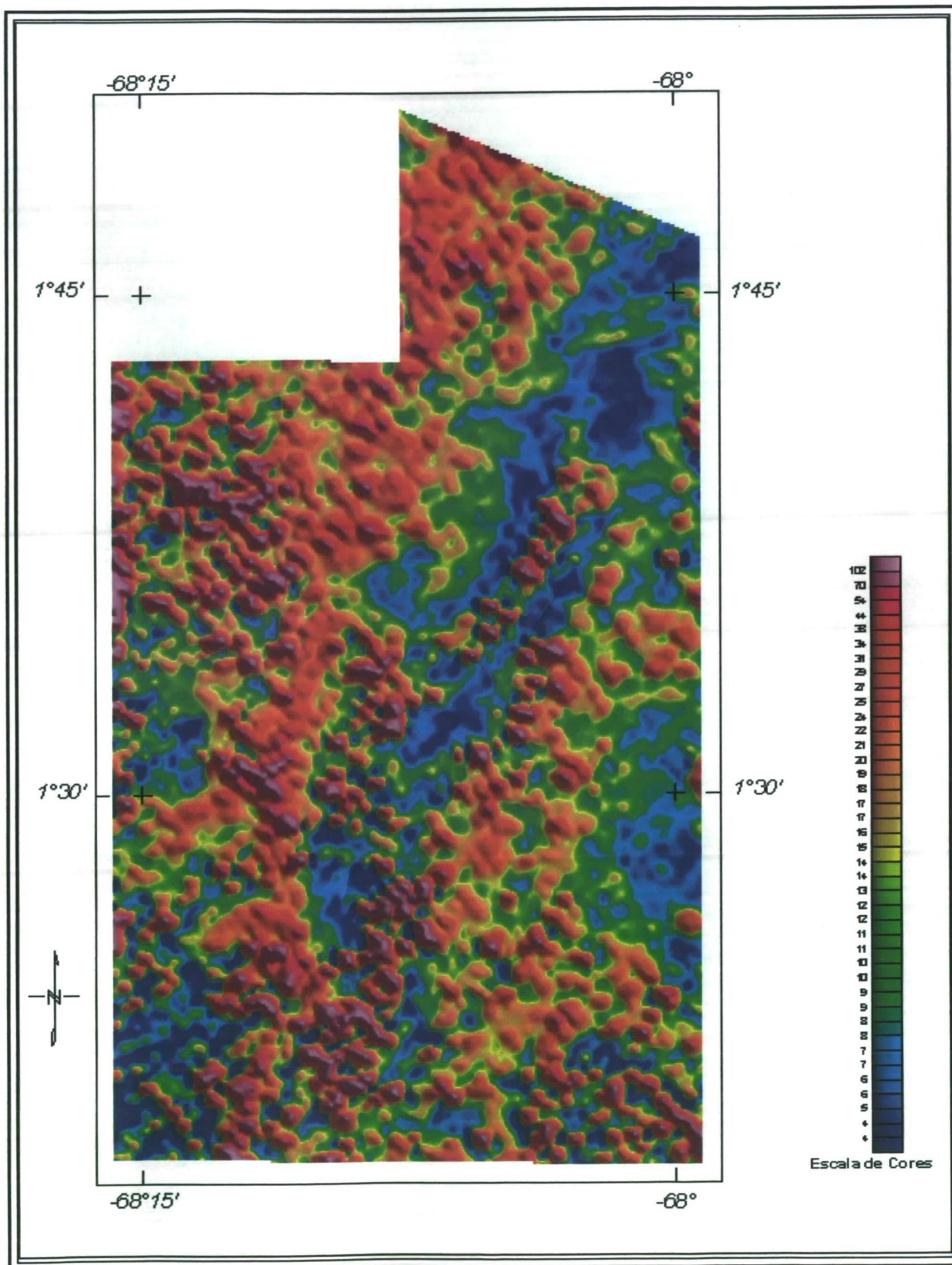


Figura 13 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio  
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

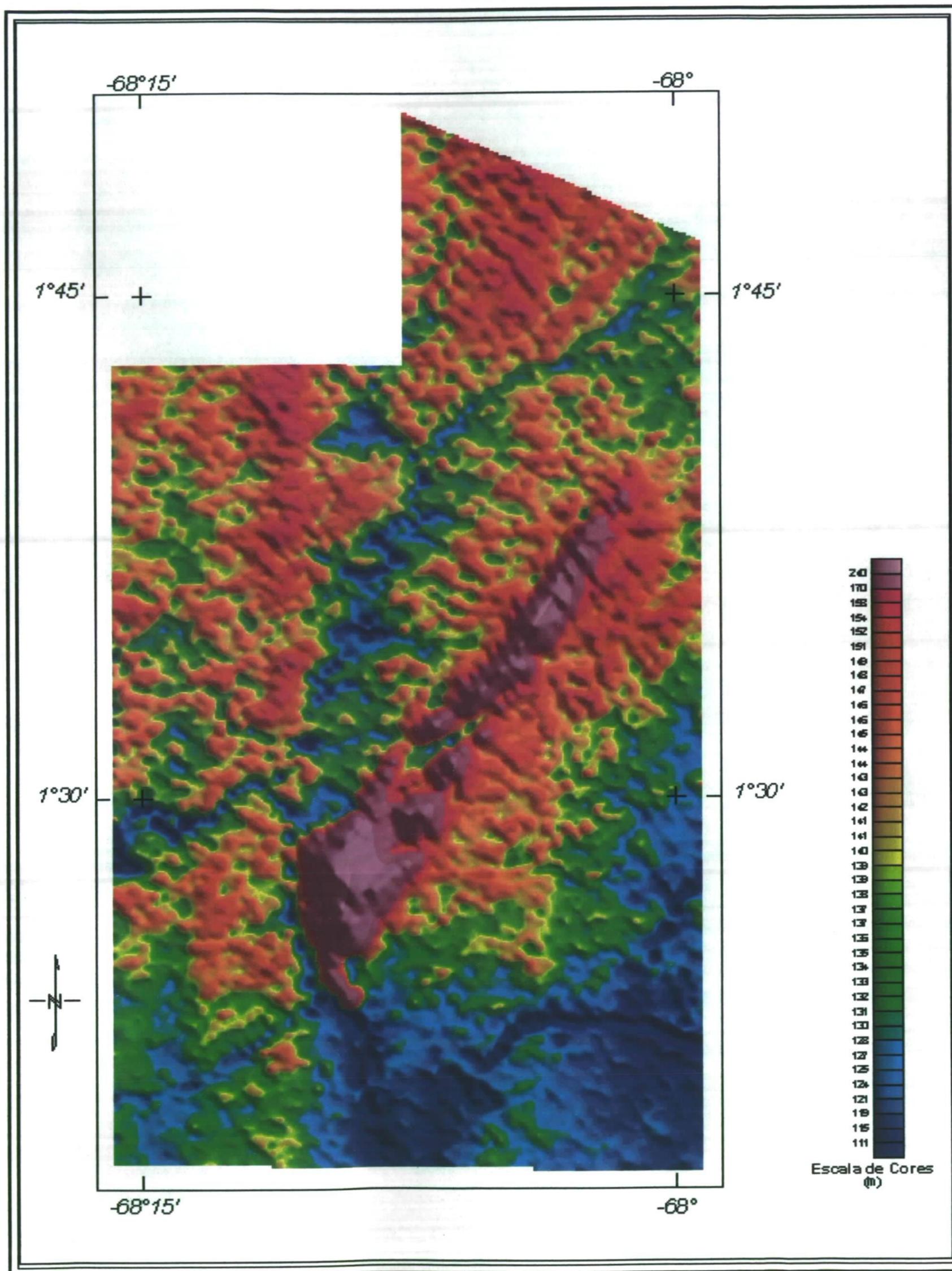


Figura 14 – Mapa do Modelo Digital do Terreno  
(Azimute da Fonte Luminosa:  $45^{\circ}$ ; Inclinação:  $45^{\circ}$ )

## **6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM**

Os serviços de aquisição e processamento de dados do projeto foram supervisionados pela Equipe de Fiscalização da CPRM constituída pelos geólogos Luís Marcelo Fontoura Mourão (gerente de contrato), Alexandre Cesar Monteiro, Cláudio Couto Reis e João Santos Costa e pelo técnico Ludwig Zellner.

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.
- Pilkington, M. e Thurston, J., 2001** - Draping Corrections for Aeromagnetic Data: Line Versus Grid-Based Approaches: Exploration Geophysics, Vol 32, no. 2.
- 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 DOS  
GAMAESPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-a**

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS  
AEROGEOFÍSICOS NA AMAZÔNIA:  
PROJETO DISTRITO MINERAL TUNUÍ-CAPARRO

CPRM CONTRATO Nº 002/PR/00

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

AERONAVE GULFSTREAM AEROCOMMANDER 500

PT-LMK

(MEGAFÍSICA AEROLEVANTAMENTOS SURVEYS S/A.)

BELÉM-PA  
11 DE MARÇO DE 2000

Planilha contendo o resumo das contagens de cada elemento.  
 Aeronave Gulfstream Aerocommander 500 - PT-LMK (Megafísica, Brasil)

Pacote de Cristais #1 e #2 (2.048 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG	<i>Background</i>	600	188	74	120
U	Urânio	600	373	313	138
K	Potássio	600	565	72	117
TH	Tório	600	334	171	461
Pacote de Cristais 1# e #2 (2.048 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th	
<i>Background</i>	600	112800	44400	72000	
Urânio	600	223800	187800	82800	
Potássio	600	339000	43200	70200	
Tório	600	200400	102600	276600	

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais de número 1 e 2:

Sistema da Megafísica no PT-LMK - Picodas PGAM1000 - Belém-PA - 11/03/2000

4  
600  
112980  
44280  
72180  
600  
338730  
42960  
70440  
600  
224040  
187620  
82800  
600  
200460  
102420  
276420

**Obs:**

**Devido a proximidade dos dois pacotes de cristais instalados na aeronave, aproximadamente 5 cm de afastamento, e todo o conjunto ficar sobre o *pad* de calibração, o representante da MEGAFÍSICA optou por fazer o teste com as duas caixas de cristais ligadas. Obtendo assim um único arquivo para entrada do programa PADWIN.**

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 de número 1 e 2:

```

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

          PROGRAM PADWIN
          -----

Concentrations of Transportable Pads - Serial # 94

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

Megafisica system on PT-LMK - Picodas PGAM1000 - Belém-PA - 11/03/2000

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS

B Pad   600.0  112980.  44280.   72180.
K Pad   600.0  338730.  42960.   70440.
U Pad   600.0  224040.  187620.  82800.
T Pad   600.0  200460.  102420.  276420.

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

5.208E+01 (6.652E-01)  3.611E+00 (7.556E-02)  1.064E+00 (2.018E-02)
2.437E-01 (7.367E-02)  4.586E+00 (8.977E-02)  6.564E-01 (1.166E-02)
1.572E-01 (1.009E-01)  2.853E-01 (1.618E-02)  2.541E+00 (4.063E-02)

```

INVERSE A-MATRIX:

1.928E-02 (2.469E-04) -1.492E-02 (2.209E-04) -4.217E-03 (1.015E-04)  
 -8.677E-04 (3.216E-04) 2.223E-01 (4.327E-03) -5.706E-02 (1.313E-03)  
 -1.096E-03 (7.706E-04) -2.403E-02 (1.276E-03) 4.002E-01 (6.392E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 5.208E+01 (6.652E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 4.586E+00 (8.977E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 2.541E+00 (4.063E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 6.094E+01 (7.783E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 5.366E+00 (1.050E-01) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.024E+00 (4.834E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U ( $\bar{\alpha}$  = A23/A33):  $\bar{\alpha}$  2583 ( .0023)  
 TH INTO K ( $\bar{\beta}$  = A13/A33):  $\bar{\beta}$  4186 ( .0046)  
 U INTO K ( $\bar{\gamma}$  = A12/A22):  $\bar{\gamma}$  7874 ( .0069)  
 U INTO TH ( $\bar{\alpha}$  = A32/A22):  $\bar{\alpha}$  0622 ( .0033)  
 K INTO TH ( $\bar{\beta}$  = A31/A11):  $\bar{\beta}$  0030 ( .0019)  
 K INTO U ( $\bar{\gamma}$  = A21/A11):  $\bar{\gamma}$  0047 ( .0014)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.090E+02 (1.339E+00) COUNTS/M  
 U WINDOW : 6.752E+01 (4.868E-01) COUNTS/M  
 TH WINDOW : 1.141E+02 (6.507E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMAESPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-b**

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS

AEROGEOFÍSICOS NA AMAZÔNIA:

PROJETO DISTRITO MINERAL TUNUI-CAPARRO

CPRM CONTRATO Nº 002/PR/00

RESULTADO DA COMPILAÇÃO DO VÔO CÓSMICO  
PARA DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*  
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE GULFSTREAM AEROCOMMANDER 500

PT-LMK

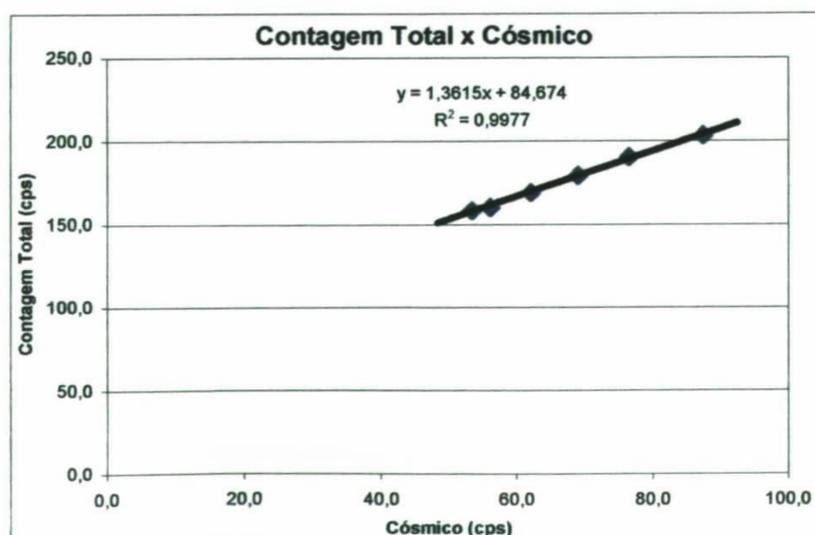
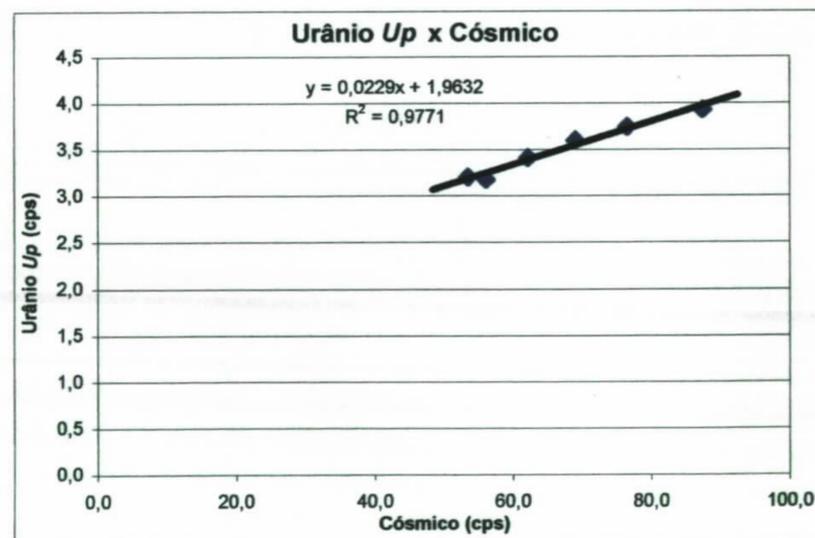
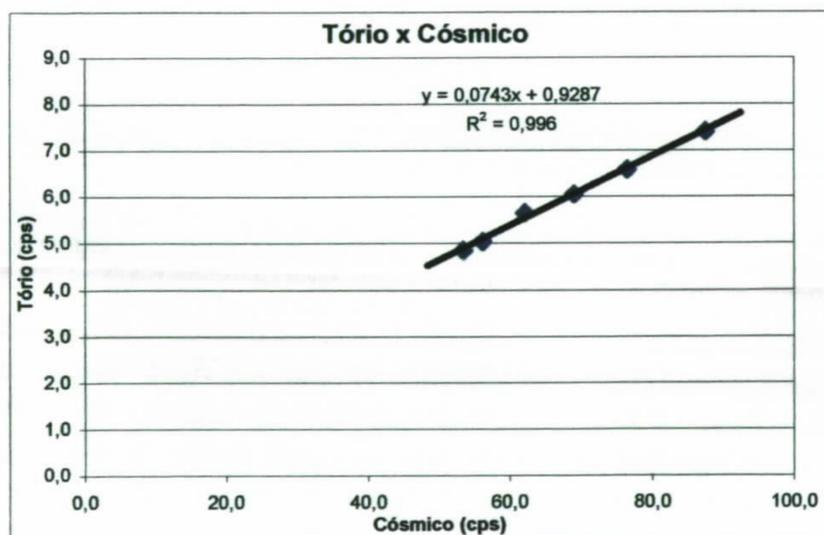
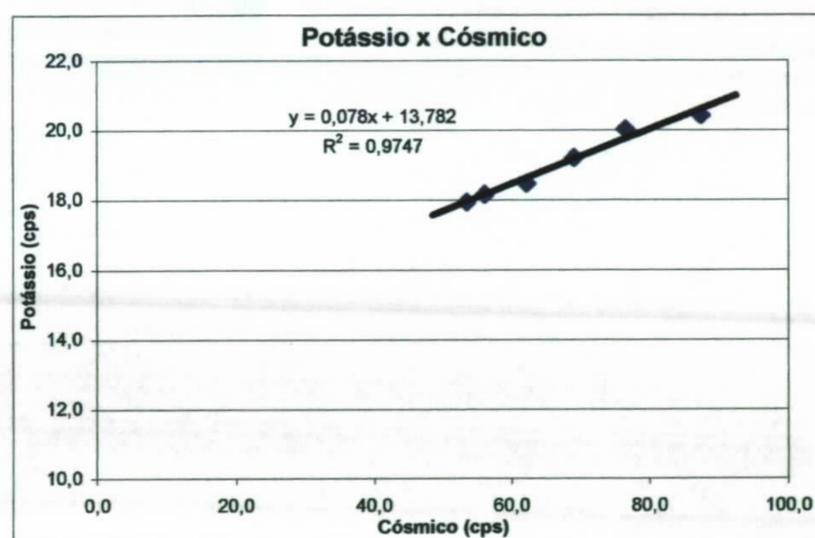
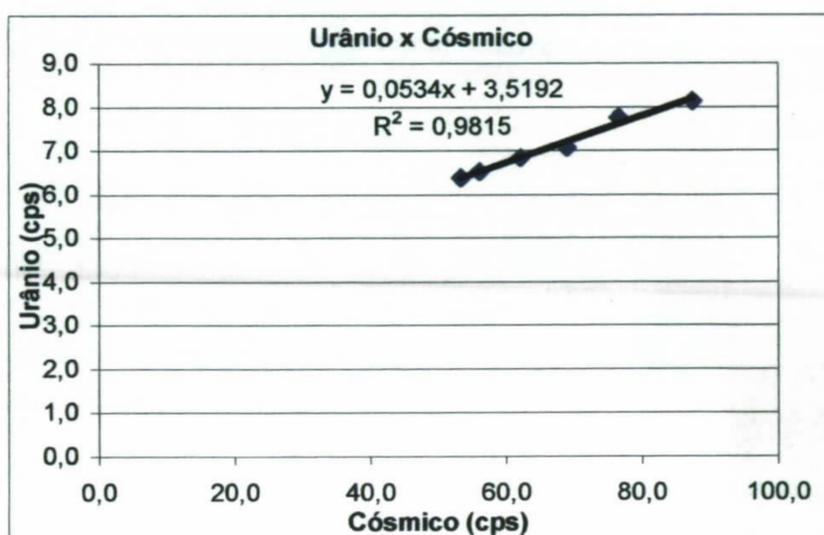
( MEGAFÍSICA SURVEYS AEROLEVANTAMENTOS S/A. )

BELÉM-PA  
12 DE MARÇO DE 2000

**RESULTADO DO VÔO CÔSMICO DA AERONAVE PT-LMK AEROCOMMANDER**  
( Vol. Pacote de Cristais: 2.048 pol<sup>3</sup> )  
CPRM PROJETO Nº 002/PR/00  
BELÉM-PA EM 12 DE MARÇO DE 2000

Altitude (m)	Cósmico (cps)	U (cps)	K (cps)	Th (cps)	Uup (cps)	CT (cps)
1894,0	97,1	8,7	21,4	8,1	4,3	215,0
1604,0	87,5	8,1	20,4	7,4	3,9	203,0
1282,0	76,5	7,8	20,0	6,6	3,7	190,0
973,0	69,0	7,1	19,2	6,1	3,6	179,0
630,0	62,1	6,8	18,5	5,7	3,4	169,0
307,0	56,1	6,5	18,2	5,0	3,2	160,0
159,0	53,4	6,4	17,9	4,9	3,2	158,0

Obs: Canais corrigidos do *Live Time*



**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMAESPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-c**

**DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS  
AEROGEOFÍSICOS NA AMAZÔNIA:  
PROJETO DISTRITO MINERAL TUNUI-CAPARRO

CPRM CONTRATO Nº 002/PR/00

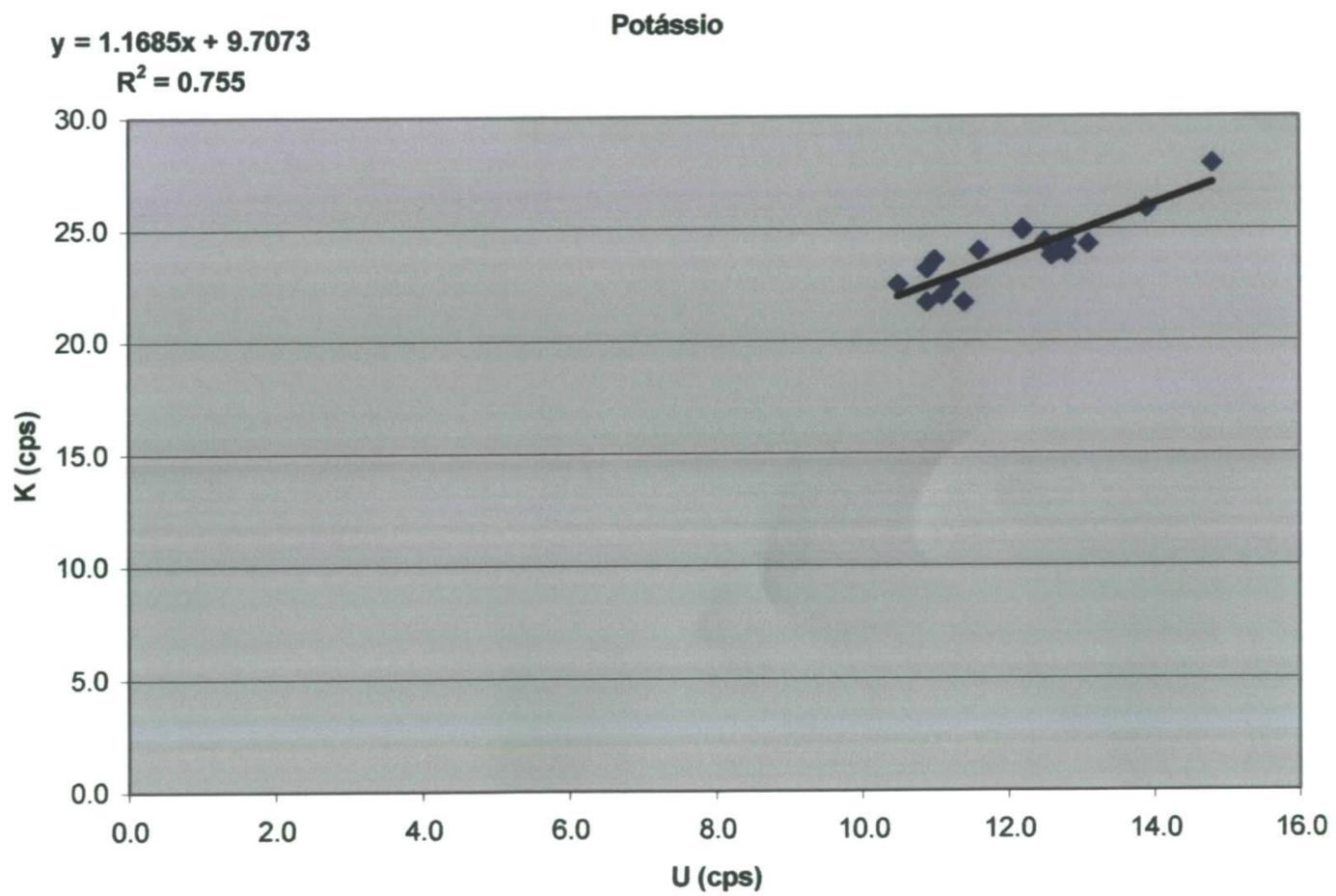
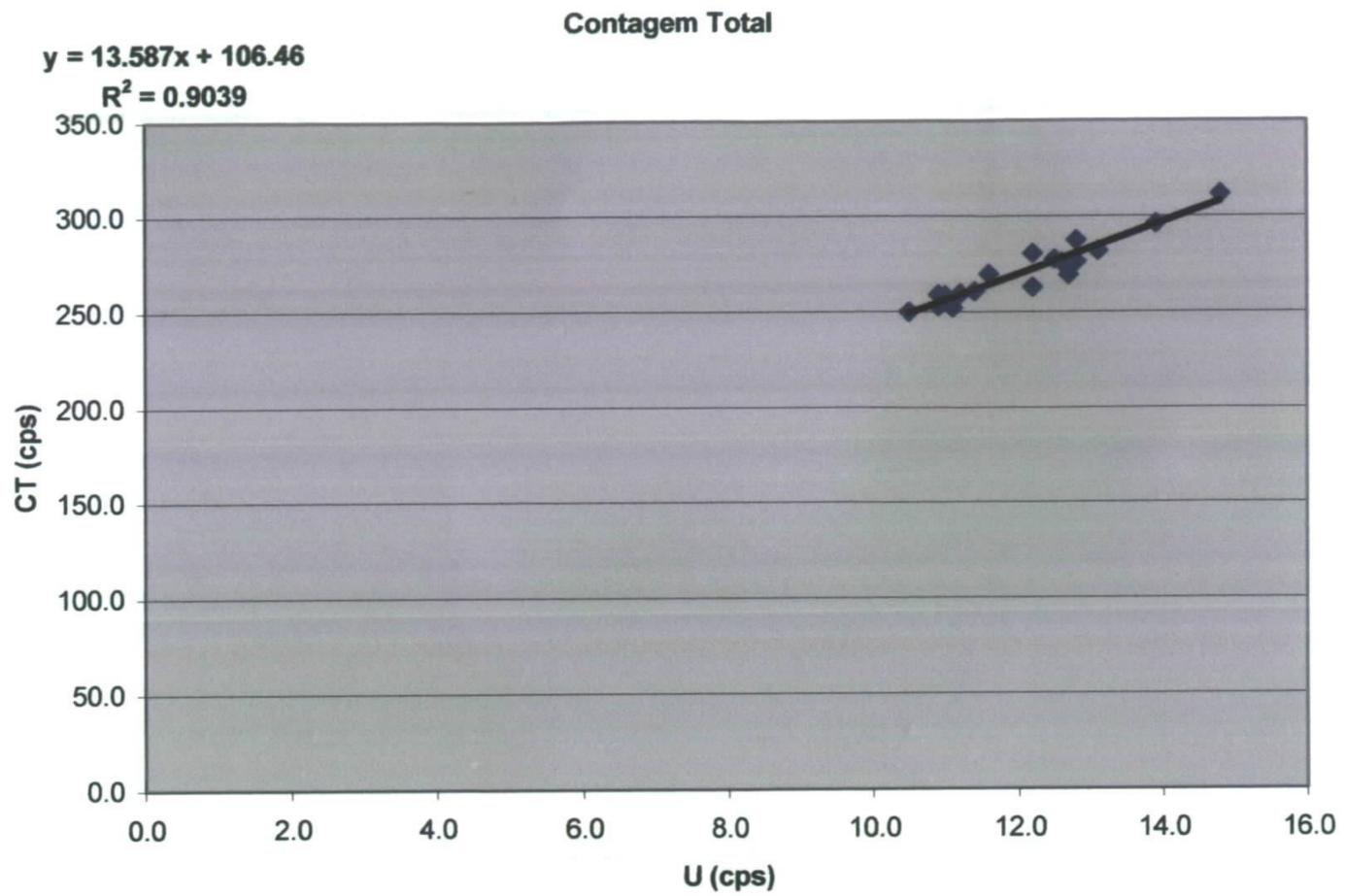
RESULTADO DO TESTES DE "*HIGH-LEVEL*"  
PARA DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES  
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

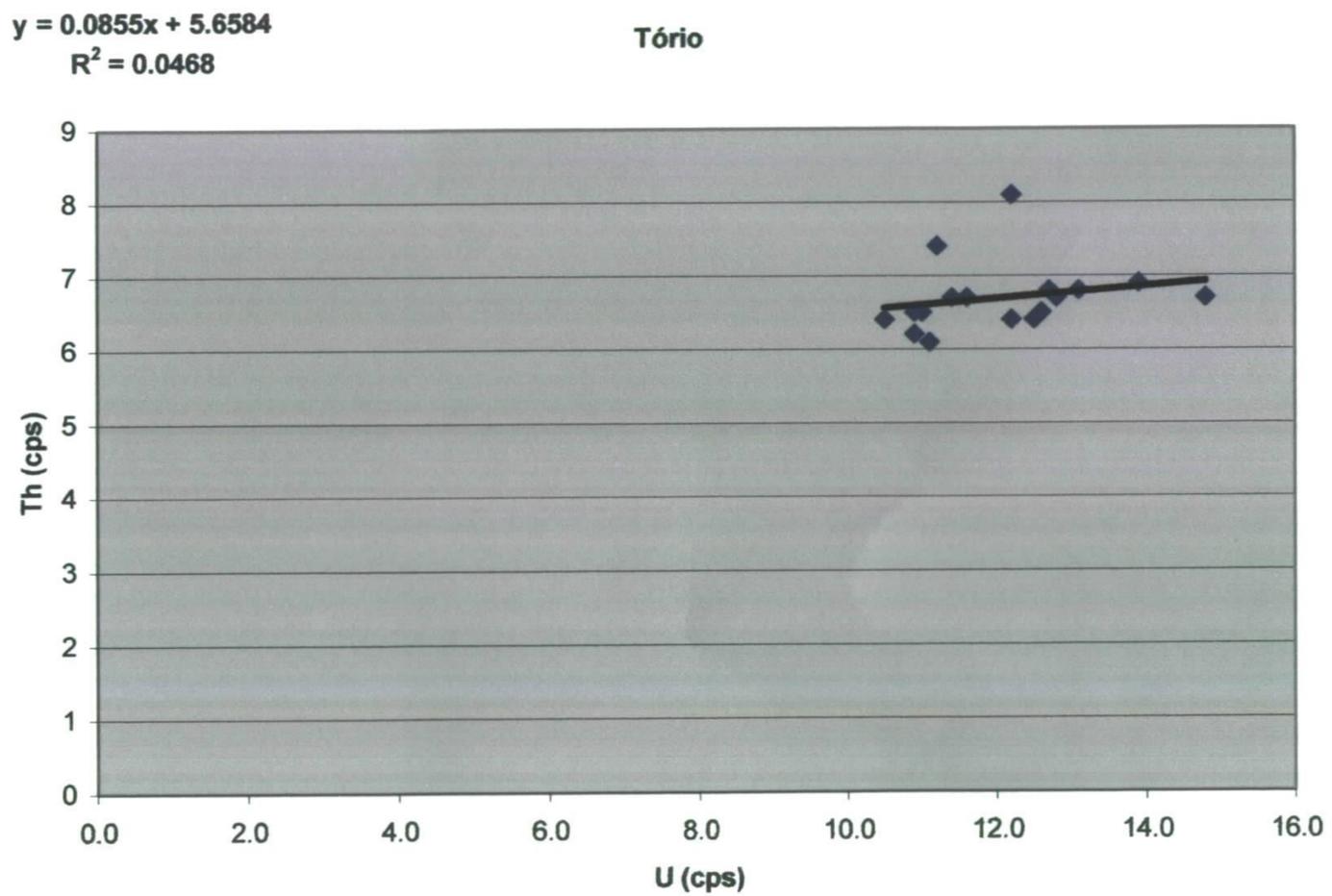
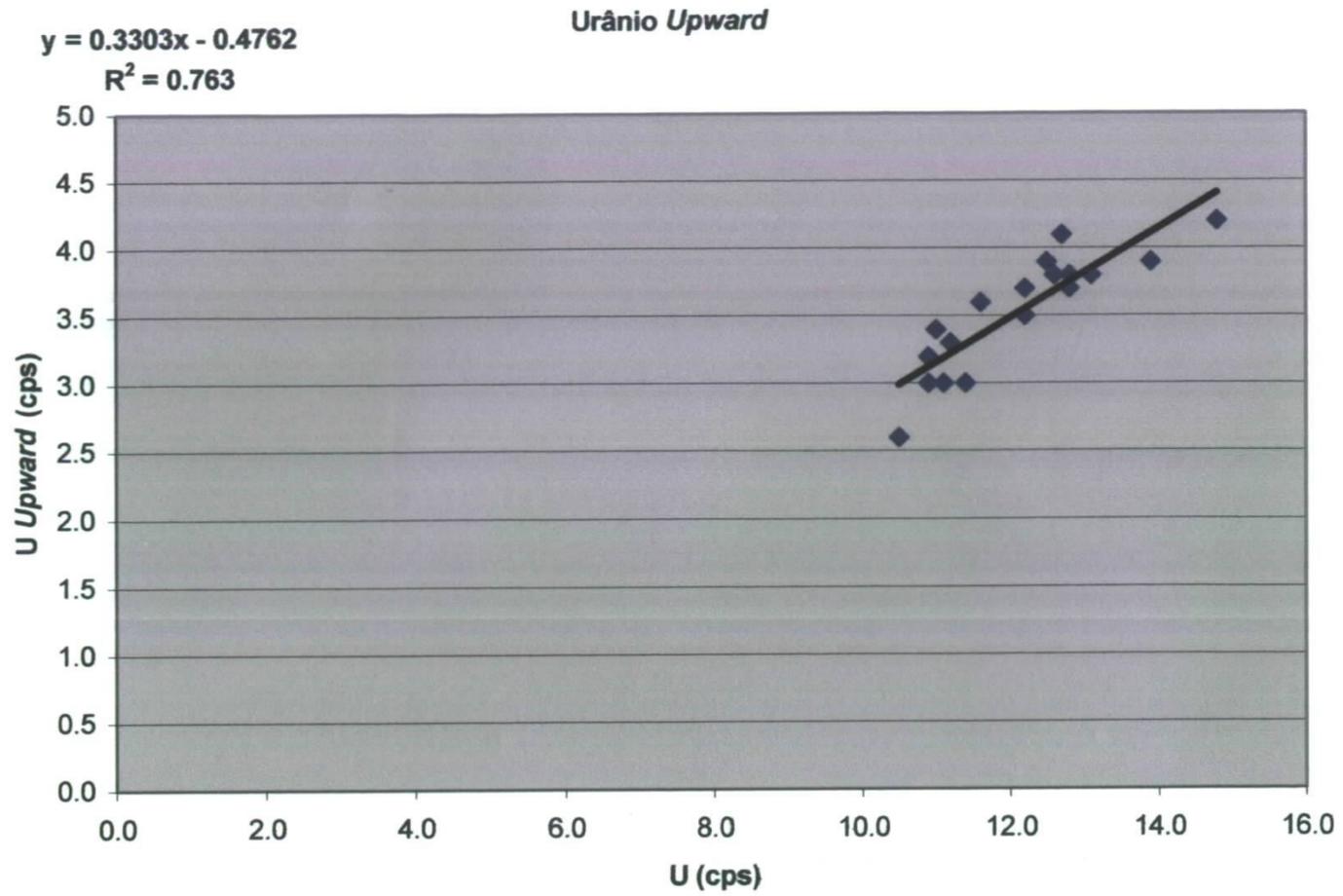
AERONAVE GULFSTREAM AEROCOMMANDER 500

PT-LMK

(MEGAFÍSICA AEROLEVANTAMENTOS SURVEYS S/A.)

VÃO	CT	K	U	TH	UPU
2	280.7	25.0	12.2	6.4	3.7
2	311.5	27.9	14.8	6.7	4.2
3	258.8	21.7	10.9	6.5	3.2
3	262.8	24.9	12.2	8.1	3.5
4	249.8	22.5	10.5	6.4	2.6
4	269.1	24.0	12.7	6.8	4.1
5	258.7	23.6	11.0	6.5	3.4
5	281.8	24.3	13.1	6.8	3.8
7	269.8	24.0	11.6	6.7	3.6
7	277.4	24.4	12.5	6.4	3.9
6	252.7	23.2	10.9	6.2	3.0
6	296.0	25.9	13.9	6.9	3.9
8	252.1	22.0	11.1	6.1	3.0
8	259.3	22.5	11.2	7.4	3.3
9	287.4	24.4	12.8	6.7	3.7
9	275.9	23.8	12.6	6.5	3.8
10	260.8	21.7	11.4	6.7	3.0
10	276.4	23.9	12.8	6.7	3.8





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{tc}$	13,5870
Potássio	$a_k$	1,1685
Urânio	$a_u$	0,3303
Tório	$a_t$	0,0855

**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMAESPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-d**

**CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES  
AERONAVE PT-LMK - 25 DE AGOSTO DE 2000**

## CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS

### POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO

#### SUMÁRIO

- I.1 Considerações Gerais
- I.2 Levantamento Terrestre
- I.3 Levantamento Aéreo
- I.4 Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)
- I.5 Conversão para Concentração de Elementos

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

- Figura I.1 - Gamaespectrômetro Portátil GR-320
- Figura I.2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
- Figura I.3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total
- Figura I.4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
- Figura I.5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
- Figura I.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 I.1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre
  
- Mapa I.1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres sobre a Pista de Calibração Dinâmica

## I.1 Considerações Gerais

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

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

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

No dia 25 de agosto de 2000 a Lasa Engenharia e Prospecções S.A em conjunto com a Megafísica, efetuou os testes sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

## I.2 Levantamento Terrestre

Na coleta de dados ao longo da pista de calibração foi utilizado um gamaespectrômetro portátil EXPLORANIUM, modelo GR-320, 512 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 I.1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.



Figura I.1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Foram registradas 69 estações, sendo 61 sobre a pista de calibração e 8 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas à remoção do *background* atmosférico da região. Devido ao excesso de umidade no solo foram descartadas as estações situadas entre os números 16 e 29 (entre as estacas 7N e o marco 3), sendo consideradas, para fins estatísticos, 47 estações. A Tabela I.1 e o Mapa I.1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a locação das mesmas na Pista de Calibração. A figura I.2 ilustra a coleta de dados terrestres. Os Quadros 1 e 2 resumem os resultados obtidos no levantamento terrestre.



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

ESTATÍSTICA (*)	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(**) ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	15,69	2,16	2,76	37,05	4279,21	698,43	199,34	310,69
DESVIO PADRÃO	3,34	0,75	0,85	9,40	861,21	178,92	44,86	79,96
ERRO NA MÉDIA(1)	0,43	0,10	0,11	1,20	110,27	22,91	5,74	10,24
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 ( $\mu$ R/h)
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)<sup>1/2</sup>
- (2) Incerteza = Erro na Média/ Média
- cpm = contagem por minuto
- 47 estações utilizadas no cálculo estatístico

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	0,06	0,00	0,00	0,20	150,75	0,00	0,00	1,25
DESVIO PADRÃO	0,06	0,00	0,00	0,21	5,23	0,00	0,00	1,58
ERRO NA MÉDIA	0,02	0,00	0,00	0,08	1,85	0,00	0,00	0,56
INCERTEZA (%)	0,38	-	-	0,38				

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

### I.3 Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PT-LMK, um bimotor AeroCommander, equipada com gamaespectrômetro Picodas PGAM 1000, com cristais detectores de NaI com 2048 pol<sup>3</sup> *down* e 512 pol<sup>3</sup> *up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 e 900 pés, sendo feitas 3 passagens na altitude de 300 pés, que corresponde à altura de vôo do projeto. 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.

### I.4 Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no Anexo I-e.

### I.5 Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores da aeronave PT-LMK 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 entre o Marco 0 Sul e a Estaca 6 Norte, num total de 47 pontos de amostragem.

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	1298,92	60,95	11,66	100,06
DESVIO PADRÃO	136,78	13,33	6,27	11,03
ERRO NA MÉDIA	14,50	1,41	0,66	1,17
INCERTEZA (%)	0,01	0,02	0,06	0,01

\* 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 ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	15,69	2,16	2,76	37,05	4279,21	698,43	199,34	310,69
DESVIO PADRÃO	3,34	0,75	0,85	9,40	861,21	178,92	44,86	79,96
ERRO NA MÉDIA	0,43	0,10	0,11	1,20	110,27	22,91	5,74	10,24
INCERTEZA (%)	0,03	0,04	0,04	0,03				

cpm = contagens por minuto

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

	CT (cps / $\mu$ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
SENSIBILIDADE (S)	82,79	28,22	4,22	2,70

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

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

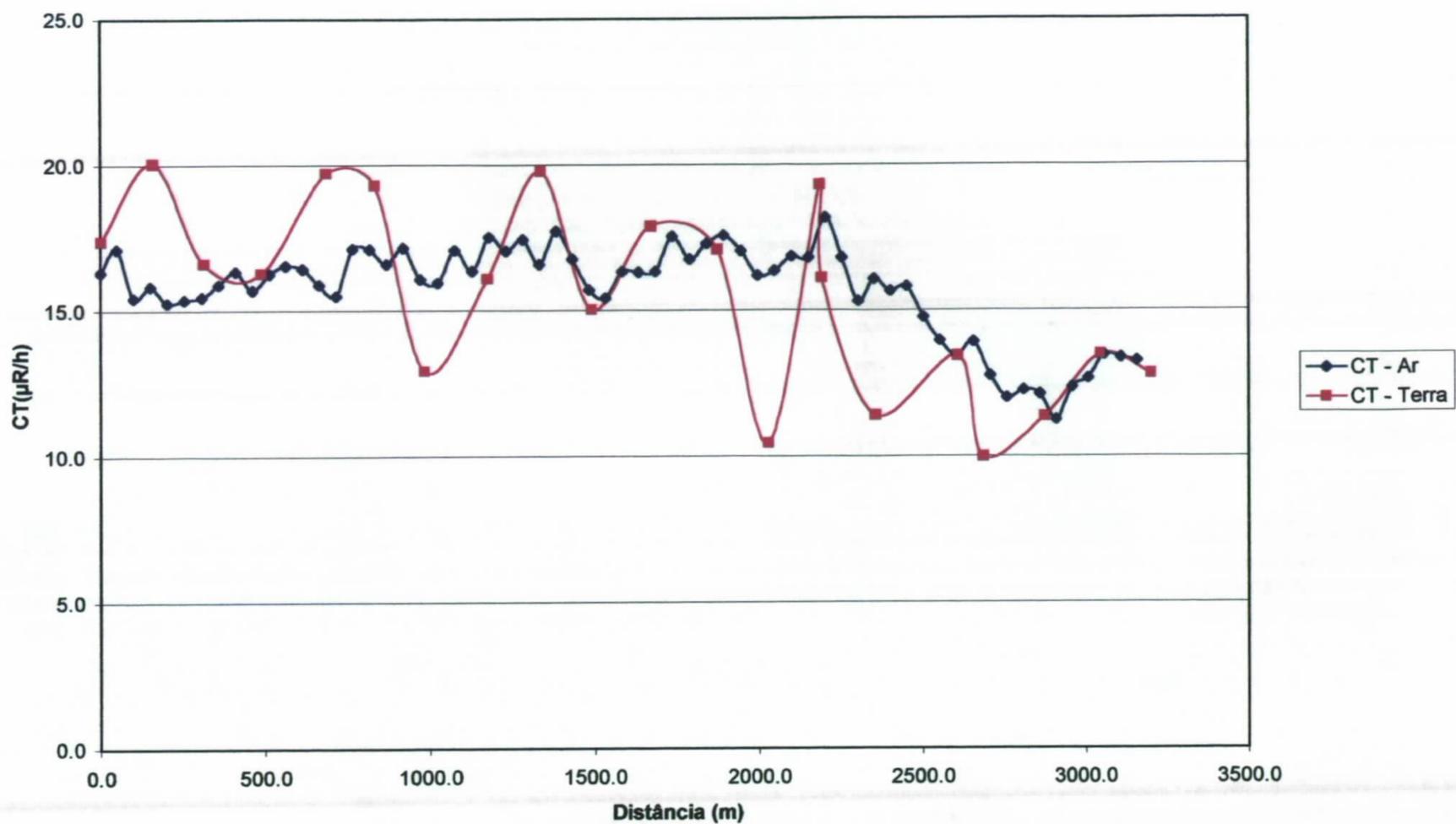


Figura I.3 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total

**Potássio**

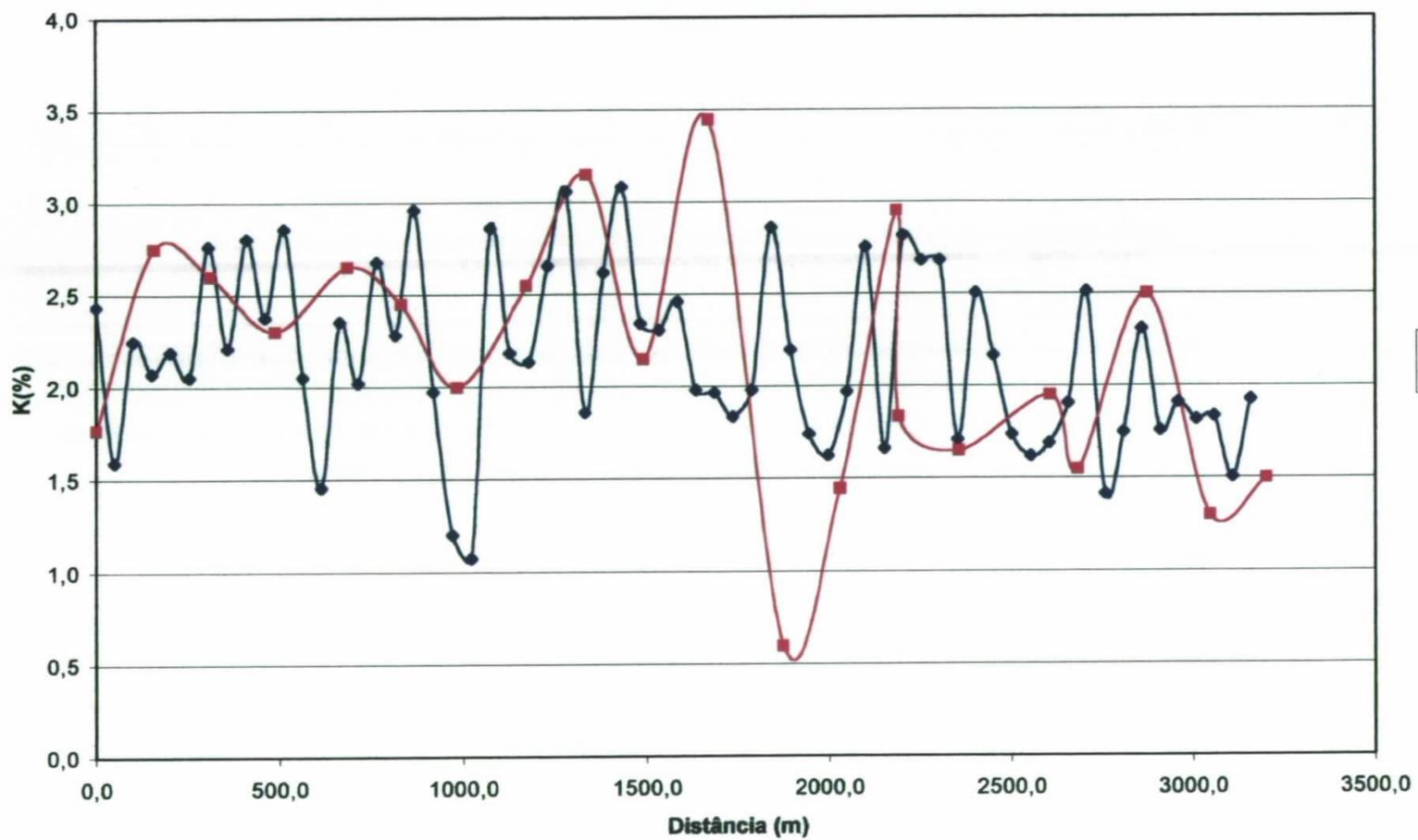


Figura I.4 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio

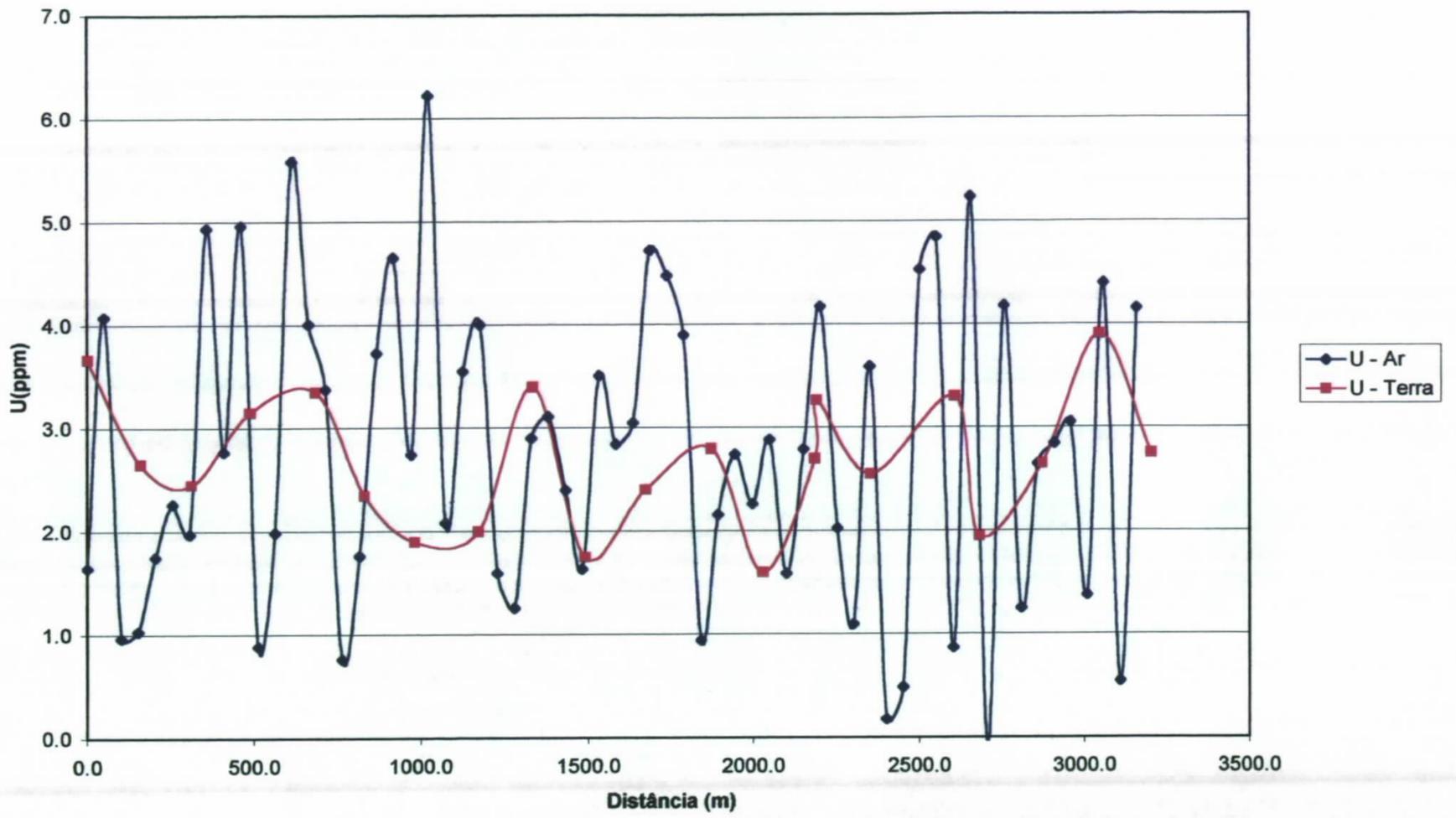


Figura I.5 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio

Tório

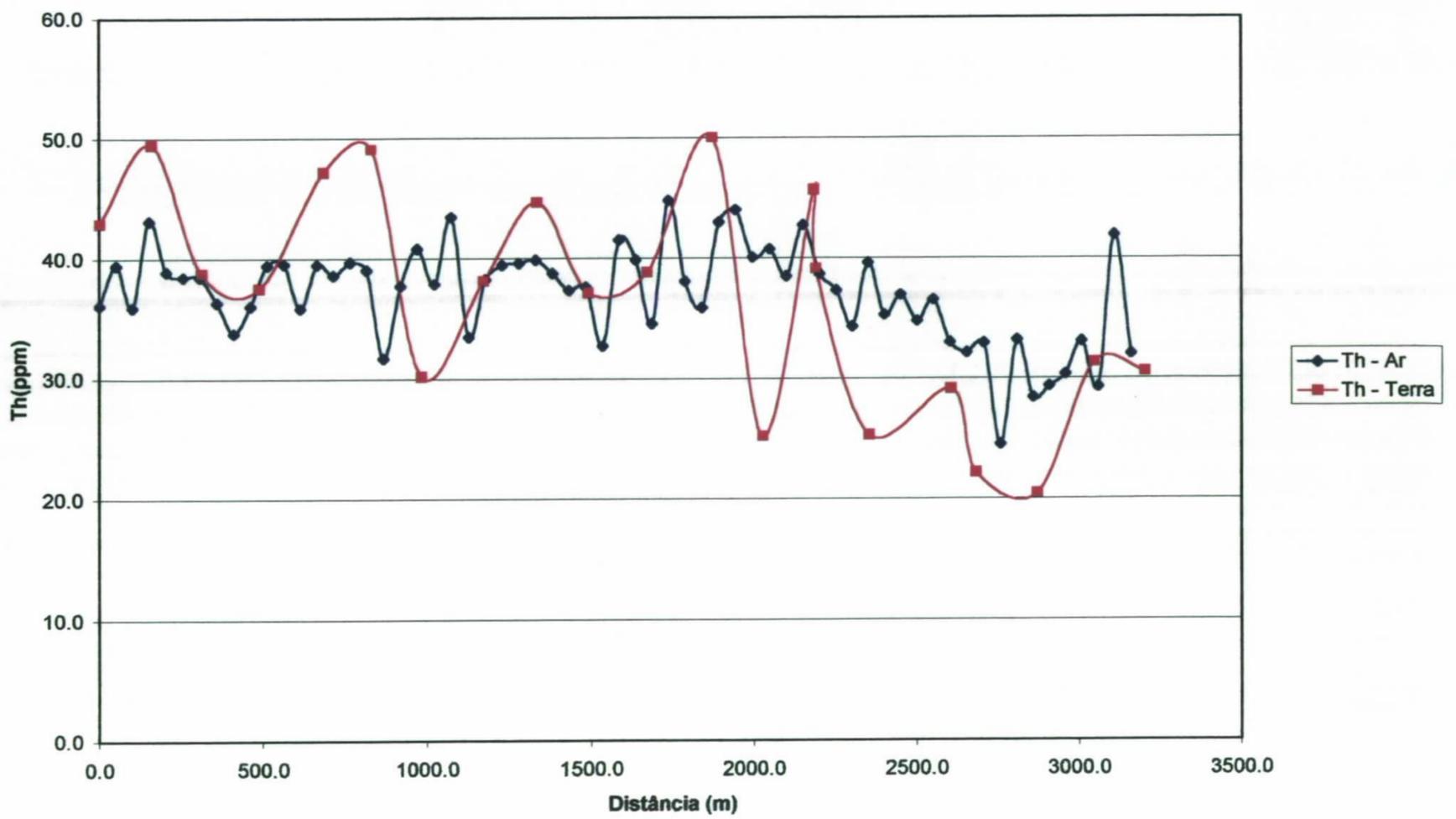


Figura I.6 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

TABELA I.1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE  
 (PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA) - AERONAVE PT-LMK  
 DADOS BRUTOS

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	MARCO 2	712472	7464057	15,7	1,3	3,3	40,3	4161	540	222	339
2		712455	7464062	17,8	2,4	4,0	40,4	4793	785	237	340
3		712458	7464059	14,9	1,8	2,5	36,7	4125	609	193	308
4	1N	712579	7464226	11,1	1,6	2,6	24,3	3198	505	146	205
5		712585	7464217	11,7	1,7	2,5	26,3	3537	541	152	221
6	2N	712686	7464395	12,0	1,8	3,2	25,2	3453	563	160	213
7	3N	712738	7464560	14,9	2,1	3,4	33,0	4109	681	196	278
8		712793	7464564	9,1	2,0	1,4	18,2	2981	554	100	153
9		712781	7464538	10,8	1,1	2,5	26,2	3056	404	151	221
10	4N	712900	7464733	10,3	2,5	2,6	16,9	3198	655	116	143
11		712892	7464745	12,4	2,5	2,7	24,0	3687	704	148	203
12	5N	713007	7464902	13,5	0,9	5,2	30,5	3698	483	222	259
13		712991	7464901	13,5	1,7	2,6	32,1	3676	577	176	270
14	6N	713115	7465071	12,5	2,1	1,7	28,8	3146	586	123	192
15		713122	7465059	13,1	0,9	3,8	32,3	3714	430	201	273
**16	7N	713222	7465240	18,9	0,2	3,3	21,0	2436	202	147	178
**17		713190	7465276	20,9	0,3	2,7	28,3	2695	255	164	238
**18	8N	713329	7465408	30,2	0,5	3,0	38,7	3891	351	211	325
**19		713325	7465533	27,0	0,0	4,6	37,5	3485	264	236	317
**20	9N	713436	7465577	31,2	0,1	3,6	45,4	4026	326	249	382
**21	10N	713543	7465746	32,6	0,7	3,8	42,3	4211	439	239	356
**22		713521	7465693	31,9	1,2	3,5	36,4	4112	496	211	307
**23	11N	713650	7465915	23,3	0,2	3,2	32,5	3009	257	189	274
**24		713652	7465907	22,1	0,2	2,4	30,0	2855	239	165	253
**25	13N	713864	7466253	30,7	0,3	5,5	39,2	3954	368	262	332
**26		713859	7466239	31,1	0,4	3,8	38,0	4018	355	222	320
**27	MARCO 3	713967	7466415	31,4	0,7	2,3	41,6	4048	398	207	349
**28		713967	7466415	29,4	0,8	3,3	38,6	3793	435	216	325
**29		713967	7466415	29,6	0,8	3,8	36,1	3814	431	216	304
30	1S	711159	7462034	19,1	2,5	3,2	46,2	5286	820	243	388
31		711141	7462016	21,0	3,0	2,1	52,7	5760	949	247	441
32	2S	711268	7462202	17,1	2,5	2,5	40,7	4853	774	208	341
33		711237	7462172	16,2	2,7	2,4	36,8	4691	808	192	309
34	3S	711376	7462370	16,7	2,4	3,0	38,8	4672	759	210	326
35		711350	7462345	15,9	2,2	3,3	36,2	4384	705	207	304
36	4S	711484	7462539	18,0	2,5	3,0	42,9	4941	797	227	360
37		711487	7462537	21,4	2,8	3,7	51,5	5799	930	273	433
38	5S	711593	7462707	17,4	2,2	2,7	43,0	4934	739	221	361
39		711580	7462684	21,2	2,7	2,0	55,2	5730	876	254	462
40	6S	711701	7462875	13,2	2,3	2,1	29,3	4009	670	156	246
41		711711	7462833	12,6	1,7	1,7	31,2	3676	557	156	261

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
42	7S	711809	7463043	17,4	2,6	1,8	43,0	4800	793	203	360
43		711793	7463025	14,8	2,5	2,2	33,3	4488	743	173	279
44	8S	711918	7463211	19,1	3,3	2,6	43,5	5334	963	220	365
45		711910	7463193	20,4	3,0	4,2	45,9	5647	951	261	387
46	9S	712026	7463379	17,0	2,5	2,3	40,8	4924	786	204	342
47		711997	7463339	13,1	1,8	1,2	33,5	3670	570	155	281
48	10S	712135	7463547	15,7	3,4	1,4	33,8	4673	927	160	283
49		712119	7463528	20,1	3,5	3,4	43,9	5752	1030	237	369
50	MARCO 1	712219	7463678	15,1	2,6	2,8	32,6	4389	777	182	274
51		712218	7463665	18,6	2,6	3,4	43,5	5291	833	236	366
52		712213	7463681	19,7	2,6	3,7	46,5	5468	862	255	391
53	11S	712243	7463715	17,3	0,5	2,6	51,7	4679	424	254	434
54		712330	7463735	16,9	0,7	3,0	48,4	4363	437	248	406
55	12S	712355	7463881	9,5	1,1	1,6	23,6	2904	380	124	198
56		712358	7463897	11,4	1,8	1,6	26,8	3338	551	137	225
57	13S	712466	7464048	19,8	4,0	3,0	41,1	5666	1115	220	345
58		712463	7464059	18,9	1,9	2,4	50,3	5105	699	244	422
59	MARCO 0	711051	7461866	19,5	2,5	4,2	45,4	5421	839	259	382
60		711059	7461860	17,1	1,6	2,8	44,7	4648	625	231	376
61		711053	7461860	15,5	1,2	4,0	38,7	4381	520	229	326
62	*	711152	7462034	-0,1	-0,1	0,0	0,1	148	-29	-7	0
63	*	711141	7462016	-0,1	-0,1	0,0	0,2	156	-26	-7	1
64	*	711266	7462187	0,1	0,0	0,0	0,2	155	-21	-12	1
65	*	711237	7462172	0,1	-0,1	0,0	0,7	155	-29	-9	5
66	*	711365	7462364	-0,1	-0,1	0,0	0,1	142	-33	-10	1
67	*	711350	7462345	-0,1	-0,1	0,0	0,2	155	-25	-12	1
68	*	711507	7462565	-0,1	-0,1	0,0	0,1	149	-30	-1	1
69	*	711487	7462537	-0,2	-0,1	0,0	0,0	146	-29	-4	-1

\* *Background* na Lagoa de Maricá

\*\* Amostragem não considerada no cálculo devido a umidade do solo.

cpm= Contagem por minuto

ppm = parte por milhão

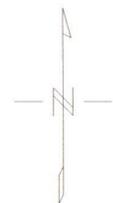
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM  
DATUM HORIZONTAL SAD-69  
MERIDIANO CENTRAL 45° W Gr.



LEGENDA  
 MARCO  
 ESTACA  
 ESTAÇÃO



CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA  
MARICÁ - RJ  
LEVANTAMENTO EFETUADO PELA AERONAVE PT-LMK

EM 25-08-2000  
Escala 1:10.000

Geomag S/A. Prospecções Aeroeólicas

GEOMAG



**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMAESPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-e**

**ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADOS DOS TESTES  
AERONAVE PT-LMK - 25 DE AGOSTO DE 2000**

**CÁLCULO DAS COEFICIENTES DE ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA PARA OS  
RADIOELEMENTOS POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO e CONTAGEM TOTAL**

## SUMÁRIO

I.1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PT-LMK

### Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela I.1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

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

Figura I.1 - Coeficientes de Atenuação

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

## I.1 - Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave PT-LMK

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range* – DCR) realizados em 25.08.2000 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 100 a 900 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) dos radioelementos potássio, urânio e tório, bem como para o canal de contagem total.

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

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

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

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

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

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

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

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos  $\ln(N_H)$  em relação às alturas de vôo (de 100 a 900 pés com incremento de 100 pés) sobre a “pista de calibração dinâmica” (*dynamic calibration range* - DCR) situada no distrito de Inoã, Município de Maricá (RJ).

Os valores de  $\mu$  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	$\mu$ em $\text{m}^{-1}$
Contagem Total	-0,0066
Potássio	-0,0072
Urânio	-0,0059
Tório	-0,0067

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

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

<b>I.1a. MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
100	250,33	25,72	9,62	6,08
200	262,13	24,34	11,46	5,54
300	271,78	25,96	12,43	5,51
400	274,92	24,67	13,38	6,94
500	288,73	25,90	12,49	5,79
600	286,55	24,39	12,69	5,72
700	286,96	24,83	13,68	5,63
800	290,53	24,82	13,79	5,59
900	289,19	25,27	12,62	5,57

\* valores corrigidos do tempo morto

<b>I.1b. MÉDIAS SOBRE A TERRA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
100	3736,61	297,65	89,43	180,02
200	2976,53	232,23	74,09	139,27
300	2356,58	177,67	62,07	108,69
400	2101,97	158,61	56,56	96,12
500	1645,99	122,46	47,09	72,18
600	1530,30	111,71	43,74	67,35
700	1333,13	96,63	39,87	55,84
800	1186,42	85,31	36,71	50,14
900	961,75	70,53	31,36	38,40

\* valores corrigidos do tempo morto

<b>I.1c. MÉDIAS TERRA-ÁGUA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
100	3486,28	271,93	79,81	173,94
200	2714,40	207,89	62,63	133,73
300	2084,80	151,71	49,64	103,18
400	1827,05	133,94	43,18	89,18
500	1357,26	96,56	34,60	66,39
600	1243,75	87,32	31,05	61,63
700	1046,17	71,80	26,19	50,21
800	805,80	60,40	22,07	44,55
900	672,56	45,26	18,74	32,83

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

Tabela I.1 – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

**CONTAGEM TOTAL**

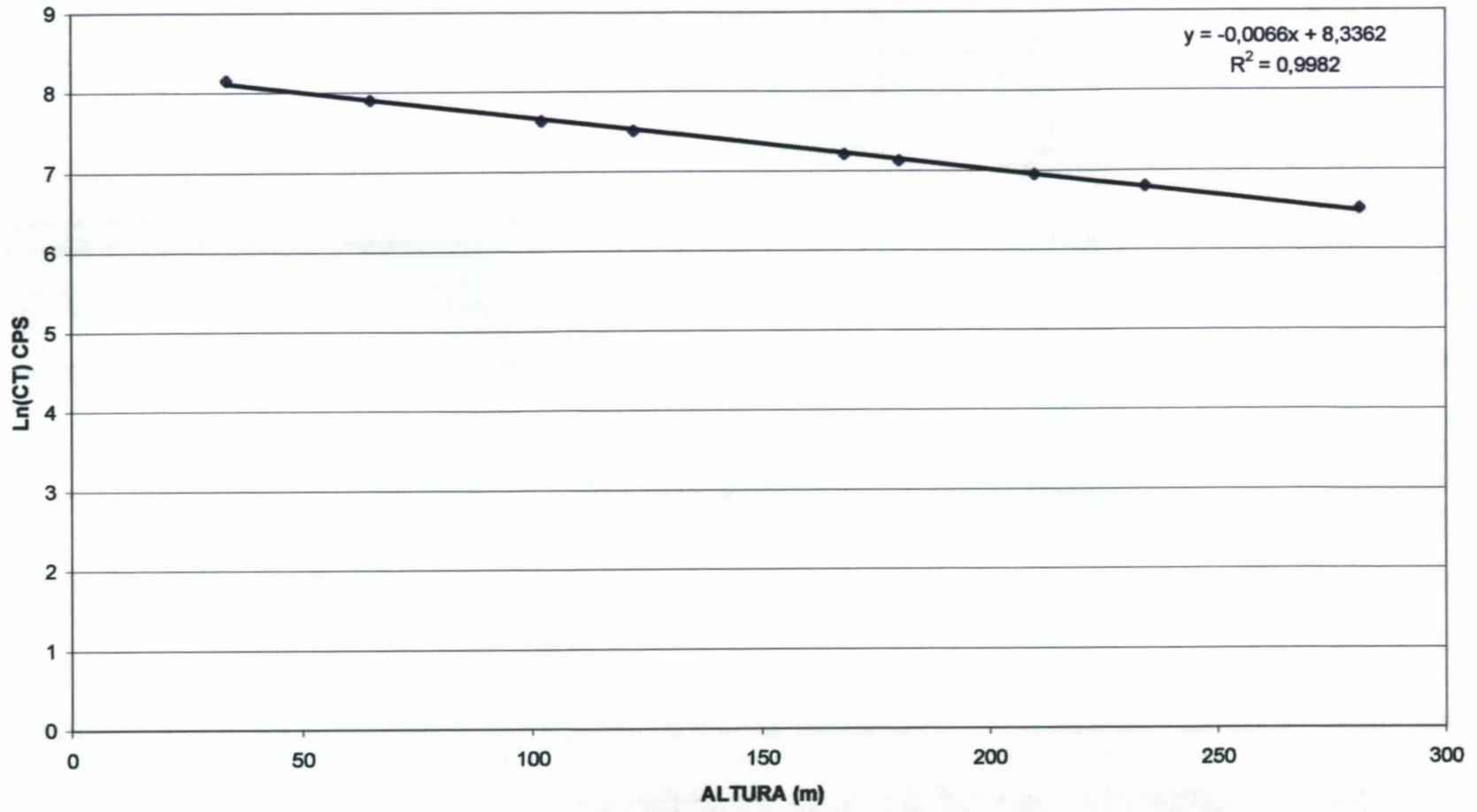


Figura I.1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total

**POTÁSSIO**

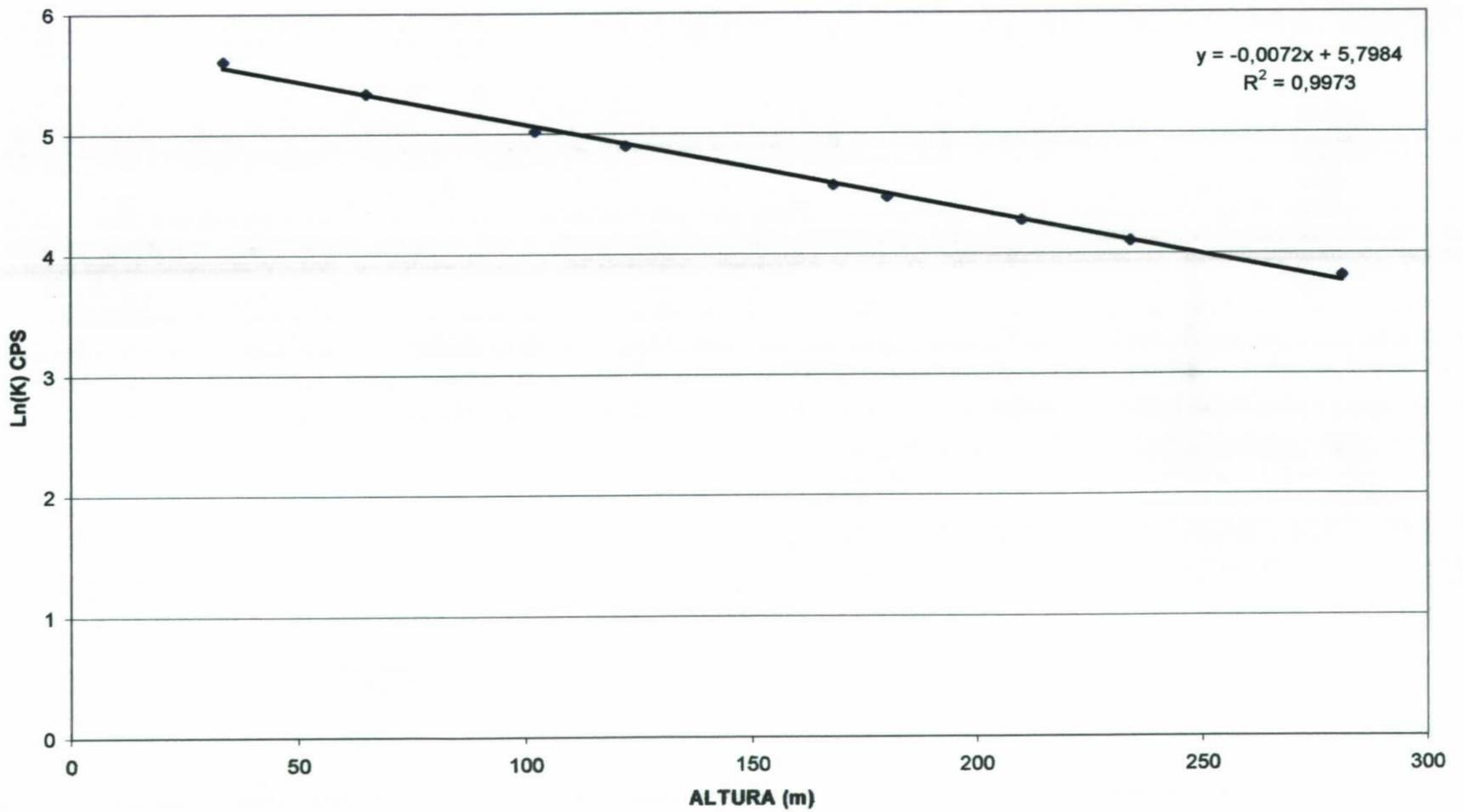


Figura I.1b- Coeficiente de Atenuação – Potássio

**URÂNIO**

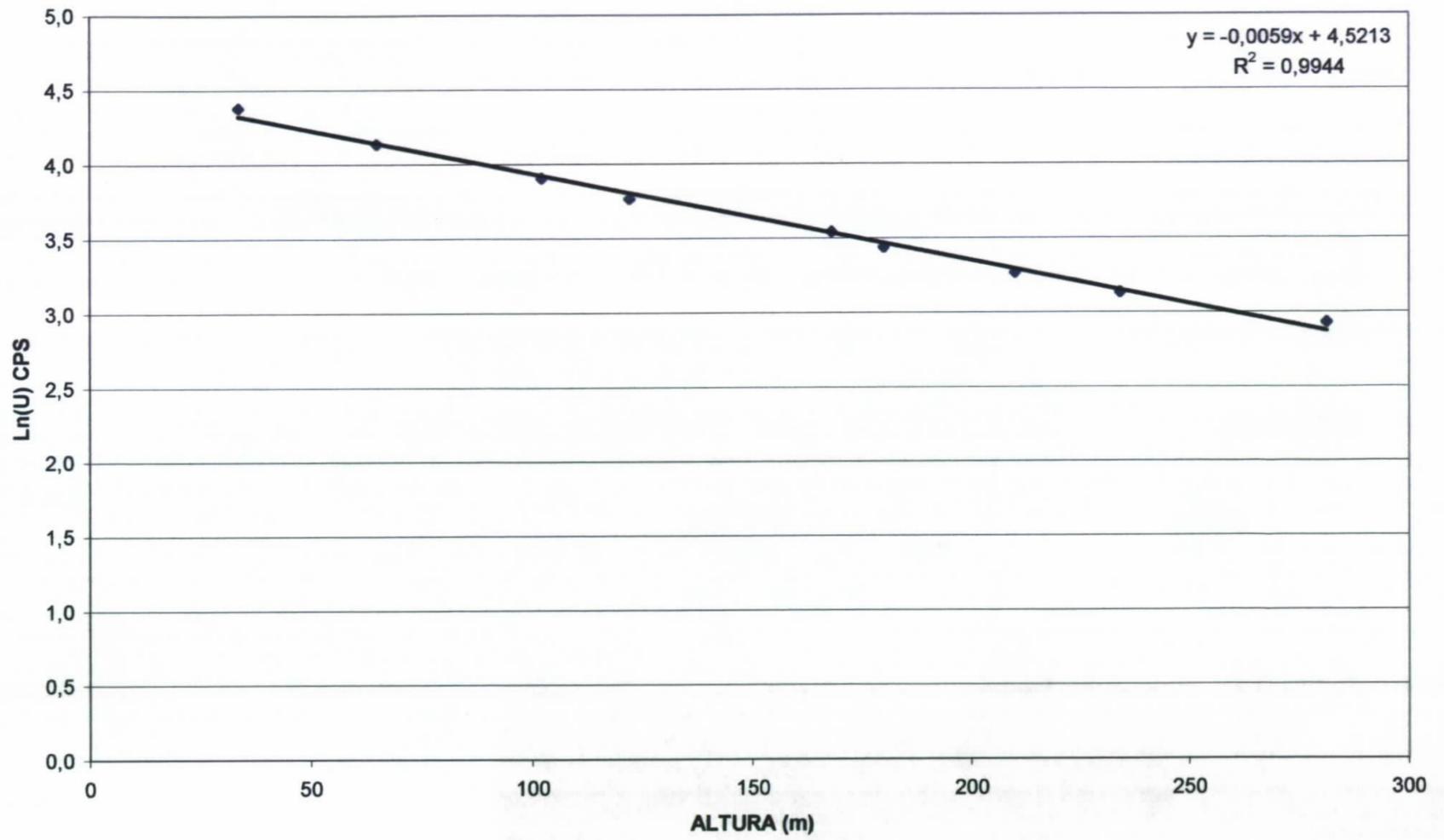


Figura I.1c - Coeficiente de Atenuação -Urânio

**TÓRIO**

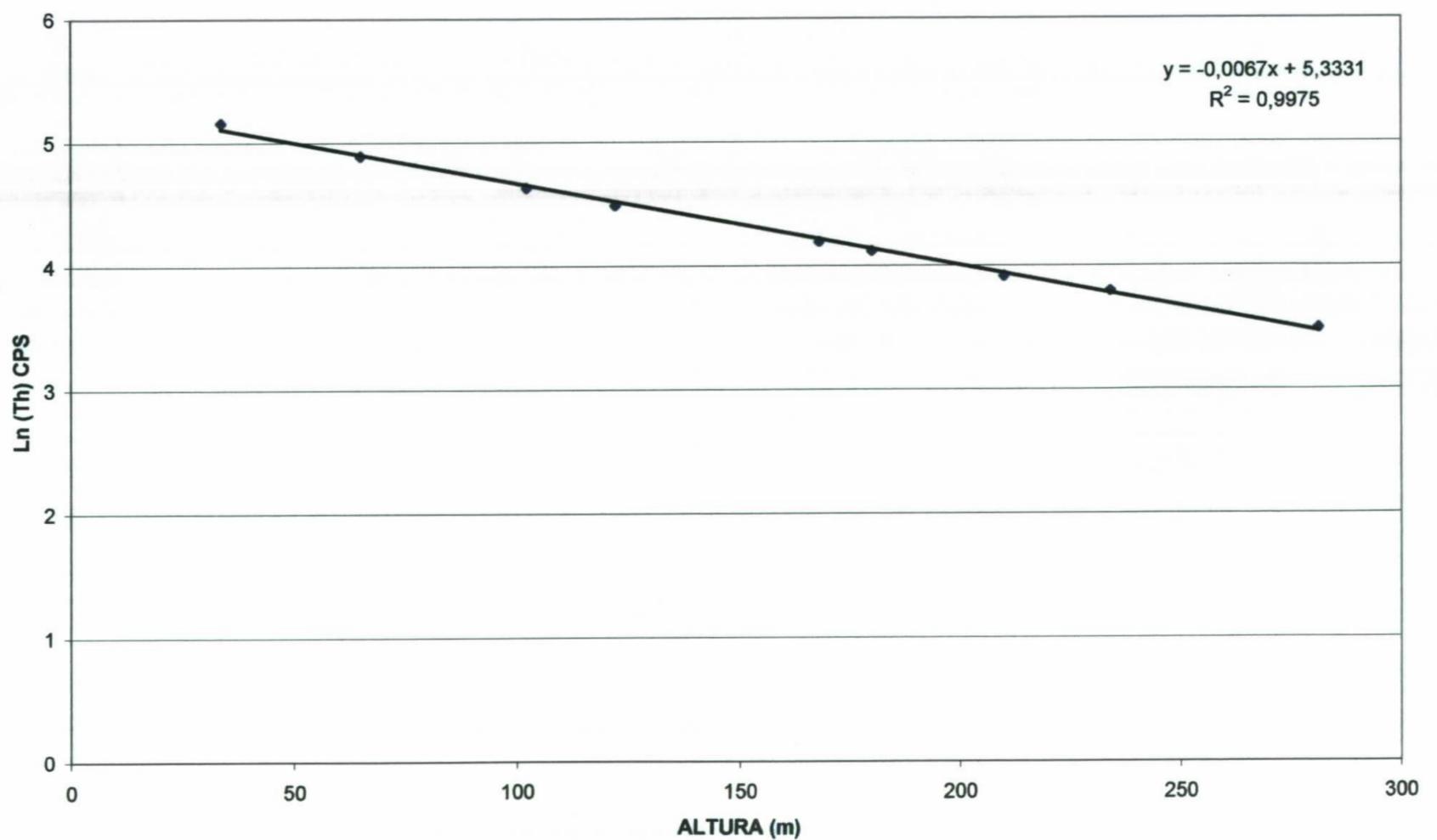


Figura I.1d - Coeficiente de Atenuação – Tório

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), obtém-se:

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

onde:

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

**ANEXO II – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO**

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunuí-Caparro

Cliente: CPRM 22/04/2000 *Ze*

Data: 16/03/2001

Piloto: Ranilson/Lotto

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

Dados do Voo

Aceito/rejeitado

Elt	Linha#	fiducial		tempo gps		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	LKm	aprovado/comnt.		
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim							
2	9130	912	1500	486210	486798	11:3	11:13	W	EB	WB	31.00	31,00		
2	9120	1542	2146	487167	487771	11:19	11:29	E	EB	WB	31.00	31,00		
2	9110	2147	2666	488084	488603	11:34	11:43	W	EB	WB	31.00	31,00		
2	9100	2667	3202	488734	489269	11:45	11:54	E	EB	WB	31.00	31,00		
2	9090	3203	3732	489498	490027	11:58	12:7	W	EB	WB	31.00	31,00		
2	9080	3733	4286	490148	490701	12:9	12:18	E	EB	WB	31.00	31,00		
2	9070	4287	4814	490934	491461	12:22	12:31	W	EB	WB	31.00	31,00		
2	9060	4839	5374	491745	492280	12:35	12:44	E	EB	WB	31.00	31,00		
2	9050	5375	5882	492432	492939	12:47	12:55	W	EB	WB	31.00	31,00		
2	9040	5883	6561	493278	493956	13:1	13:12	E	EB	WB	39.00	39,00		
2	9030	6562	7139	494088	494665	13:14	13:24	W	EB	WB	39.00	39,00		
<b>TOTAL</b>											<u>357.02</u>	Km	<u>357,00</u>	
												T/O	LAND	Tempo Total
												10:15	14:30	04:15
horas são locais													<b>TOTAL</b>	<b>04:15</b>

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunui-Caparro

Cliente: CPRM 25/03/2001 *Zc*

Data: 19/03/2001

Piloto: Ranilson/Lotto

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

Dados do Voo

Acerto/rejeitado

Flt	Linha#	fiducial		tempo gps		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	LKm	aprovado/comnt.	km RECUS.
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim						
3	10	1063	1763	142312	143012	11:31	11:43	N	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	20	1764	2488	143153	143877	11:45	11:57	S	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	30	2489	3203	144089	144803	12:1	12:13	N	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	40	3204	3942	144958	145696	12:15	12:28	S	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	50	3943	4630	145830	146517	12:30	12:41	N	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	60	4631	5382	146583	147334	12:43	12:55	S	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	70	5383	6091	147453	148161	12:57	13:9	N	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	80	6092	6780	148263	148951	13:11	13:22	S	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	90	6781	7454	149077	149750	13:24	13:35	N	SB	NB	43.00	42,20	0.80
3	100	7455	8185	149884	150614	13:38	13:50	S	SB	NB	43.00	42,20	0.80

TOTAL	<u>430.04</u>	Km	422,00	8,00
		T/O	LAND	Tempo Total
		10:35	14:45	04:10

horas são locais

TOTAL 04:10

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunul-Caparro

Cliente: CPRM 25/03/2001 Z

Data: 23/03/2001

Piloto: Ranilson

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

## Dados do Voo

## Acelto/rejeitado

Flt	Linha#	fiducial		tempo gps		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	LKm	aprovado/comnt.	km RECUS.
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim						
4	110	903	1603	488149	488849	11:35	11:47	N	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	120	1604	2272	488931	489599	11:48	11:59	S	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	130	2273	2946	489679	490352	12:1	12:12	N	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	140	2947	3621	490432	491106	12:13	12:25	S	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	150	3622	4334	491286	491998	12:28	12:39	N	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	160	4335	5033	492079	492777	12:41	12:52	S	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	170	5034	5743	492981	493690	12:56	13:8	N	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	180	5744	6424	493777	494457	13:9	13:20	S	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	190	6425	7130	494532	495237	13:22	13:33	N	SB	NB	43.00	42,20	0,80
4	200	7131	7814	495305	495988	13:35	13:46	S	SB	NB	43.00	42,20	0,80

TOTAL	<u>430.04</u>	Km	<u>422,00</u>	<u>8,00</u>
		T/O	LAND	Tempo Total
		10:40	14:40	04:00

horas são locais

TOTAL 04:00

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunuí-Caparro

Cliente: CPRM 25/04/2001 *Z*

Data: 25/03/2001

Piloto: Ranilson

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

Dados do Voo

Acerto/rejeitado

Flt	Linha#	altitudinal		tempo gps		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	LKm	aprovado/comnt.	
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim						
5	210	880	1534	58134	58788	12:8	12:19	N	SB	NB	43.00	42.20	0.80
5	220	1535	2219	58900	59584	12:21	12:33	S	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	230	2220	2911	59698	60389	12:34	12:46	N	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	240	2912	3639	60471	61198	12:47	12:59	S	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	250	3640	4321	61319	62000	13:1	13:13	N	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	260	4322	5042	62114	62834	13:15	13:27	S	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	270	5043	5746	63007	63710	13:30	13:41	N	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	280	5747	6449	63846	64548	13:44	13:55	S	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	290	6450	7139	64665	65354	13:57	14:9	N	SB	NB	43.00	42.21	0.79
5	300	7140	7843	65448	66151	14:10	14:22	S	SB	NB	43.00	42.21	0.79

TOTAL 430.04 Km 422,09 7,91  
 T/O 11:15 LAND 15:20 Tempo Total 04:05

horas são locais

TOTAL 04:05

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunuí-Caparro

Cliente: CPRM 25/04/2001 *z*

Data: 29/03/2001

Piloto: Ranilson

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

## Dados do Voo

## Aceito/rejeitado

Flt	Linha#	Fiducia		tempo gpc		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	Lkm	aprovado/comnt.	km RECUS.	
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim							
6	310	891	1742	404547	405398	12:22	12:36	N	SB	NB	56.96	55.21	1.75	
6	320	1743	2624	405502	406383	12:38	12:53	S	SB	NB	56.59	55,21	1.38	
6	330	2625	3472	406583	407430	12:56	13:10	N	SB	NB	56.21	54,98	1,23	
6	340	3473	4340	407495	408362	13:11	13:26	S	SB	NB	55.84	54,75	1,09	
6	350	4341	5165	408450	409274	13:27	13:41	N	SB	NB	55.46	54,52	0,94	
6	360	5166	6038	409392	410264	13:43	13:57	S	SB	NB	55.09	54,30	0,79	
TOTAL											<u>336.14</u> 5	Km	<u>328,97</u>	<u>7,18</u>
												T/O	LAND	Tempo Total
												11:25	14:55	03:30

horas são locais

TOTAL 03:30

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunui-Caparro

Cliente: CPRM 25/04/2001 *ze*

Data: 30/03/2001

Piloto: Mauricio

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

## Dados do Voo

## Acelto/rejeitado

Flt	Linha#	fiducial		tempo gps		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	Lkm	aprovado/comnt.	km RECUS.		
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim								
7	370	893	1694	486420	487221	11:7	11:20	N	SB	NB	54.71	54,03	0,68		
7	380	1695	2535	487321	488161	11:22	11:36	S	SB	NB	54.34	53,65	0,69		
7	390	2536	3343	488259	489066	11:37	11:51	N	SB	NB	53.98	53,27	0,71		
7	400	3344	4192	489162	490010	11:52	12:6	S	SB	NB	53.82	52,90	0,92		
7	410	4193	5020	490112	490939	12:8	12:22	N	SB	NB	53.65	52,52	1,13		
7	420	5021	5862	491077	491918	12:24	12:38	S	SB	NB	53.48	52,15	1,33		
TOTAL											323.98	Km	318,52	5,46	
T/O											10:15	LAND	13:35	Tempo Total	03:20

horas são locais

TOTAL 03:20

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunuí-Caparro

Cliente: CPRM 26/04/2001 *FE*

Data: 01/04/2001

Piloto: Maurício

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

## Dados do Voo

## Acelto/rejeitado

Flt	Linha#	fiducial		tempo gps		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	LKm	aprovado/comnt.	km RECUS.
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim						
8	430	1065	1874	58482	59291	12:14	12:28	N	SB	NB	53.32	51,77	1,55
8	440	1875	2688	59377	60190	12:29	12:43	S	SB	NB	53.15	51,40 será revoada	1,75
8	450	2689	3498	60270	61079	12:44	12:57	N	SB	NB	52.98	51,11	1,87
8	460	3499	4323	61162	61986	12:59	13:13	S	SB	NB	52.82	51,04	1,78
8	470	4324	5141	62065	62882	13:14	13:28	N	SB	NB	52.65	50,96	1,69
8	480	5142	5947	62993	63798	13:29	13:43	S	SB	NB	52.48	50,89	1,59
8	490	5948	6737	63875	64664	13:44	13:57	S	SB	NB	52.32	50,81	1,51
8	500	6738	7532	64747	65541	13:59	14:12	S	SB	NB	52.15	50,73	1,42

TOTAL 421.87 Km 408,71 13,16

T/O 11:20 LAND 15:05 Tempo Total 03:45

horas são locais

TOTAL 03:45

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunuí-Caparro

Cliente: CPRM 26/04/2001

Data: 06/04/2001

Piloto: Mauricio

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

## Dados do Voo

## Acelto/rejeitado

Flt	Linha#	fiducial		tempo gps		tempo de voo		Dir	Tie Sul	Tie norte	LKm	aprovado/comnt.	km RECUS.
		inicio	fim	inicio	fim	inicio	fim						
9	440	160	959	490804	491603	12:20	12:33	N	SB	NB	0.00	revoos	
9	510	960	1762	491743	492545	12:35	12:49	S	SB	NB	51.98	50,66	1,32
9	520	1763	2549	492619	493405	12:50	13:3	N	SB	NB	51.82	50,59	1,23
9	530	2550	3364	493474	494288	13:4	13:18	S	SB	NB	51.65	50,51	1,14
9	540	3365	4138	494358	495131	13:19	13:32	N	SB	NB	51.48	50,44	1,04
9	550	4139	4936	495220	496017	13:33	13:46	S	SB	NB	51.32	50,38	0,94

TOTAL 258.25 Km 152,58 5.67

T/O LAND Tempo Total  
11:30 14:45 03:15

horas são locais

TOTAL 03:15

# MEGAFISICA SURVEY S.A.

Projeto: Tunui-Caparro

Cliente: CPRM 27/04/2000 *z*

Data: 11/04/2001

Piloto: Mauricio

Aeronave: PT - LMK

Base: S. G. da Cachoeira - AM - Brasil

Operador: Almir

Sistema: PDAS/DGR33

Dados do Voo

Acito/rejeitado

												aprovado/comnt.	kw RECUS.
10	560	885	1647	315231	315993	11:33	11:46	N	SB	NB	51.15	50.33 revoo	6.82
10	570	1648	2424	316081	316857	11:48	12:0	S	SB	NB	51.00	50.27	0.73
10	580	2425	3187	316920	317682	12:2	12:14	N	SB	NB	51.00	50.06	0.94
10	590	3188	3980	317747	318539	12:15	12:28	S	SB	NB	51.00	49.85	1.15
10	600	3981	4743	318614	319376	12:30	12:42	N	SB	NB	51.00	49.64	1.36
10	610	4744	5534	319433	320223	12:43	12:57	S	SB	NB	51.00	49.64	1.36
10	620	5535	6296	320285	321046	12:58	13:10	N	SB	NB	51.00	49.64	1.36

TOTAL	357.1	Km	349.43	7.72
	5	T/O	LAND	Tempo Total
		10:45	14:15	03:30

horas são locais

TOTAL 03:30

**ANEXO III – CONTEÚDO DOS CD-ROM'S**

---

Este CD-ROM contém os arquivos referentes ao PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO MINERAL TUNUI-CAPARRO.

Diretórios	Conteúdo
GRID	Grids no Formato Geosoft
HPGL	Arquivos dos Mapas no Formato de Plotter HPGL
MAP	Arquivos dos Mapas no Formato Geosoft
XYZ	Arquivos de Dados nos Formatos XYZ Geosoft e ASCII*

\*Os formatos dos arquivos encontram-se descritos no Relatório Final.

---

OBS: 1) Todas as coordenadas métricas estão referenciadas ao DATUM SAD69, meridiano central 69°W

2) O primeiro dígito da numeração das linhas corresponde ao Número de Controle de Processamento da LASA para o projeto, sendo que o número 3 foi designado para o PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO TUNUI-CAPARRO.

3) O segundo dígito da numeração das linhas quando representado pelo número 9 indica que a mesma é uma linha de controle.

4) O último dígito corresponde a versão da linha.

Exemplos:

31871

| | | \_\_\_ Versão 1  
| | \_\_\_ Linha de Produção 1 87  
| \_\_\_ N° de Controle

39080

| | | \_\_\_ Versão 0  
| | \_\_\_ Linha de Controle 908  
| \_\_\_ N° de Controle

## Relação dos Arquivos por Diretório

DIRETÓRIO	ARQUIVO	CONTEÚDO
<b>GRID</b>	1DV.GRD	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total
	1DV_S.GRD	Pseudo-Iluminação da 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (nT/m)
	DTM.GRD	Modelo Digital do Terreno (m)
	K_PERC.GRD	Potássio (%)
	MAG.GRD	Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (nT)
	MAGSIGN.GRD	Sinal Analítico do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (nT/m)
	MAGSIGN_S.GRD	Pseudo-Iluminação do Sinal Analítico do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (nT/m)
	TC_EXP.GRD	Contagem Total ( $\mu$ R/h)
	THK.GRD	Razão Tório/Potássio
	TH_PPM.GRD	Tório (ppm)
	UK.GRD	Razão Urânio/Potássio
	UTH.GRD	Razão Urânio/Tório
	U_PPM.GRD	Urânio (ppm)
	<b>HPGL</b>	1DV_01.PRN
1DV_02.PRN		Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – 1ª Derivada Vertical
1DV_03.PRN		Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – 1ª Derivada Vertical
1DV_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – 1ª Derivada Vertical
DTM_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Modelo Digital do Terreno
K_01.PRN		Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Potássio
K_02.PRN		Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Potássio
K_03.PRN		Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Potássio
K_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Potássio
MAG_01.PRN		Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Campo Magnético Total
MAG_02.PRN		Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Campo Magnético Total
MAG_03.PRN		Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Campo Magnético Total
MAG_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Campo Magnético Total
SIGN_01.PRN		Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Sinal Analítico
SIGN_02.PRN		Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Sinal Analítico
SIGN_03.PRN		Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Sinal Analítico
SIGN_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Sinal Analítico
TC_01.PRN		Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Contagem Total
TC_02.PRN		Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Contagem Total
TC_03.PRN		Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Contagem Total
TC_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Contagem Total
TERN_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Ternário – K-U-Th
THK_01.PRN		Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Razão Tório/Potássio
THK_02.PRN		Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Razão Tório/Potássio
THK_03.PRN		Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Razão Tório/Potássio
THK_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Razão Tório/Potássio
TH_01.PRN		Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Tório
TH_02.PRN		Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Tório
TH_03.PRN		Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Tório
TH_100.PRN		Folha Integrada 1:100.000 – Tório

	UK 01.PRN	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Razão Urânio/Potássio
	UK 02.PRN	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Razão Urânio/Potássio
	UK 03.PRN	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Razão Urânio/Potássio
	UK 100.PRN	Folha Integrada 1:100.000 – Razão Urânio/Potássio
	UTH 01.PRN	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Razão Urânio/Tório
	UTH 02.PRN	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Razão Urânio/Tório
	UTH 03.PRN	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Razão Urânio/Tório
	UTH 100.PRN	Folha Integrada 1:100.000 – Razão Urânio/Tório
	U 01.PRN	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Urânio
	U 02.PRN	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Urânio
	U 03.PRN	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Urânio
	U 100.PRN	Folha Integrada 1:100.000 – Urânio
<b>MAP</b>	1DV 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – 1ª Derivada Vertical
	1DV 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – 1ª Derivada Vertical
	1DV 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – 1ª Derivada Vertical
	1DV 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – 1ª Derivada Vertical
	CPRM GOV FED.BMP	Imagem Bitmap Logotipo CPRM
	CPRM GOV FED.BMP.GI	Georeferência de Imagem BMP
	DTM 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 - Modelo Digital do Terreno
	FPATH 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Traço de Linha de Vôo
	FPATH 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Traço de Linha de Vôo
	FPATH 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Traço de Linha de Vôo
	FUGRO.BMP	Imagem Bitmap Logotipo FUGRO
	FUGRO.BMP.GI	Georeferência de Imagem BMP
	K 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Potássio
	K 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Potássio
	K 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Potássio
	K 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Potássio
	LASA.BMP	Imagem Bitmap Logotipo LASA
	LASA.BMP.GI	Georeferência de Imagem BMP
	MAG 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Campo Magnético Total
	MAG 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Campo Magnético Total
	MAG 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Campo Magnético Total
	MAG 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Campo Magnético Total
	SIGN 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Sinal Analítico
	SIGN 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Sinal Analítico
	SIGN 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Sinal Analítico
	SIGN 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Sinal Analítico
	TC 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Contagem Total
	TC 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Contagem Total
	TC 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Contagem Total
	TC 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Contagem Total
	TERN 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Ternário – K-U-Th
	THK 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Razão Tório/Potássio
	THK 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Razão Tório/Potássio
	THK 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Razão Tório/Potássio
	THK 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Razão Tório/Potássio
	TH 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Tório
	TH 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Tório
	TH 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Tório
	TH 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Tório

	UK 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Razão Urânio/Potássio
	UK 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Razão Urânio/Potássio
	UK 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Razão Urânio/Potássio
	UK 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Razão Urânio/Potássio
	UTH 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Razão Urânio/Tório
	UTH 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Razão Urânio/Tório
	UTH 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Razão Urânio/Tório
	UTH 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Razão Urânio/Tório
	U 01.MAP	Folha 1 NA.19-Z-A-II-2/III-1 – Urânio
	U 02.MAP	Folha 2 NA.19-Z-A-II-4/II-3/III-3 – Urânio
	U 03.MAP	Folha 3 NA.19-Z-A-V-2/V-1/VI-1 – Urânio
	U 100.MAP	Folha Integrada 1:100.000 – Urânio
<b>XYZ</b>	CRUZ.XYZ	Arquivo ASCII – Dados de Cruzamentos
	GAMALINE.XYZ	Arquivo Geosoft XYZ Gamaespectrometria das Linhas de Produção
	GAMATIE.XYZ	Arquivo Geosoft XYZ Gamaespectrometria das Linhas de Controle
	MAGLINE.XYZ	Arquivo Geosoft XYZ Magnetometria das Linhas de Produção
	MAGTIE.XYZ	Arquivo Geosoft XYZ Magnetometria das Linhas de Controle
	PERFIL.ASC	Arquivo Digital Final dos Dados em Perfis (ASCII)

**Os formatos dos arquivos encontram-se descritos no Relatório Final.**

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

REGISTRO N°	NOME DO PROJETO				NOME DA EMPRESA CONTRATANTE				CONTRATO				NOME DA EMPRESA CONTRATADA				DATA DO PROJETO				BLOCO / ÁREA			
																	INÍCIO		FIM					
01																								
REGISTRO N°	QUANTIDADE DE LINHAS				ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS				DISPONÍVEL															
	DE VÔO		DE CONTROLE		DE VÔO (m)		DE CONTROLE (m)																	
01																								
REGISTRO N°	DISPONÍVEL																							
REGISTRO N°																								

REGISTRO N°	NOME DO ARQUIVO	COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES
01	REGISTRO-MESTRE DO PROJETO	290	35	DCB=(LRECL=290,BLKSIZE=10150 RECFM=FB)
02	REGISTRO-MESTRE DA LINHA	290	35	DCB=(LRECL=290,BLKSIZE=10150 RECFM=FB)
03	REGISTRO DE DETALHE	290	35	DCB=(LRECL=290,BLKSIZE=10150 RECFM=FB)





PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO MINERAL TUNJÍ-CAPARRO  
ARQUIVO XYZ/FORMATO DIGITAL DO ARQUIVO FINAL DOS DADOS DE CRUZAMENTOS ENTRE  
AS LINHAS DE VÔO E LINHAS DE CONTROLE

FOLHA 1 de 1

REGISTRO N°	NÚMERO DA LINHA DE VÔO (18)	NÚMERO DA FIDUCIAL (FB.1)	TEMPO (SEGUNDO) (FB.2)	ALTURA DO VÔO (M) (FB.1)	COORDENADAS UTM		CAMPO MAGNÉTICO TOTAL		GAMA ESPECTROMETRIA					
					UTM E (F10.0)	UTM N (F10.0)	CORRIGIDO DA VARIÇÃO DIURNA (FB.1)	APÓS O NIVELAMENTO (FB.1)	CTB (CPS) (FB.1)	CTCMRH (1) (FB.1)	THB (CPS) (FB.1)	THCPPM (2) (FB.1)		
01														
REGISTRO N°	GAMA ESPECTROMETRIA							DADOS DE CRUZAMENTO		TEMPO (SEGUNDO) (FB.1)	ALTURA DO VÔO (M) (FB.1)	COORDENADAS UTM		
01	KB (CPS) (FB.1)	KC% (3) (FB.1)	UB (CPS) (FB.1)	UCPPM (4) (FB.1)	eUeTH (FB.1)	eU/K (FB.1)	eTH/K (FB.1)	NÚMERO DA LINHA DE CONTROLE	NÚMERO DA FIDUCIAL			UTM E (F10.0)		
REGISTRO N°	CAMPO MAGNÉTICO TOTAL				GAMA ESPECTROMETRIA									
01	UTM N (F10.0)	CORRIGIDO DA VARIÇÃO DIURNA (FB.1)	APÓS O NIVELAMENTO (FB.1)	CTB (CPS) (FB.1)	CTCMRH (1) (FB.1)	THB (CPS) (FB.1)	THCPPM (2) (FB.1)	KB (CPS) (FB.1)	KC% (3) (FB.1)	UB (CPS) (FB.1)	UCPPM (4) (FB.1)	eUeTH (FB.1)	eU/K (FB.1)	
REGISTRO N°														
01	eTH/K (FB.1)													
REGISTRO N°	NOME DO ARQUIVO		COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	CICLO DE RETENÇÃO	OBSERVAÇÕES								
01	DADOS DE CRUZAMENTOS		312			(1) CONTAGEM TOTAL CORRIGIDO EM microRoentgen/h								
						(2) URÂNIO CORRIGIDO EM PPM								
						(3) POTÁSSIO CORRIGIDO EM %								
						(4) URÂNIO CORRIGIDO EM PPM								

PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO MINERAL TUNJÍ-CAPARRO  
ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSFT) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE VÔO - LINE)

FOLHA 1 de 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	LINE	NÚMERO DA LINHA																	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	X COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	Y COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	Z1 FIDUCIAL (F10.1)	Z2 MAGB (BRUTO) (nT) (F10.2)	Z3 MAGC (CORRIGIDO) (nT) (F10.2)	Z4 MAGR (-IGRF) (nT) (F10.2)	Z5 VARIÇÃO DIURNA (nT) (F10.2)	Z6 ALTURA BAROMÉTRICA (m) (F10.2)	Z7 ALTURA (m) (F10.2)	Z8 LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
	Z9 LATTUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)																		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
REGISTRO Nº	NOME DO ARQUIVO				COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES												
	MAGLINE.XYZ						COORDENADAS UTM: DATUM HORIZONTAL SAD-69, MERIDIANO CENTRAL 69°W Gr.												

PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO MINERAL TUNUJ-CAPARRO  
 ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE CONTROLE - TIE)

FOLHA 1 de 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	TIE	NÚMERO DA LINHA										
			<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black;"> <span>5</span><span>10</span><span>15</span><span>20</span><span>25</span><span>30</span><span>35</span><span>40</span><span>45</span><span>50</span><span>55</span><span>60</span><span>65</span><span>70</span><span>75</span><span>80</span><span>85</span><span>90</span><span>95</span> </div>									
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	X COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	Y COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	Z1 FIDUCIAL (F10.1)	Z2 MAGB (BRUTO) (nT) (F10.2)	Z3 MAGC (CORRIGIDO) (nT) (F10.2)	Z4 MAGR (-GRF) (nT) (F10.2)	Z5 VARIACÃO DIURNA (nT) (F10.2)	Z6 ALTURA BAROMÉTRICA (m) (F10.2)	Z7 ALTURA (m) (F10.2)	Z8 LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)		
			<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black;"> <span>5</span><span>10</span><span>15</span><span>20</span><span>25</span><span>30</span><span>35</span><span>40</span><span>45</span><span>50</span><span>55</span><span>60</span><span>65</span><span>70</span><span>75</span><span>80</span><span>85</span><span>90</span><span>95</span> </div>									
		Z9 LATTITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)										
		<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black;"> <span>5</span><span>10</span><span>15</span><span>20</span><span>25</span><span>30</span><span>35</span><span>40</span><span>45</span><span>50</span><span>55</span><span>60</span><span>65</span><span>70</span><span>75</span><span>80</span><span>85</span><span>90</span><span>95</span> </div>										
REGISTRO Nº	NOME DO ARQUIVO	COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES								
	MAGLINE.XYZ			COORDENADAS UTM: DATUM HORIZONTAL SAD-69, MERIDIANO CENTRAL 69°W Gr.								

PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO MINERAL TUNJÍ-CAPARRO  
 ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOF7) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE VÔO - LINE)

FOLHA 1 de 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	LINE	NÚMERO DA LINHA										
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	<b>X</b> COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	<b>Y</b> COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	<b>Z1</b> FIDUCIAL (F10.0)	<b>Z2</b> THC (CPS) (F10.2)	<b>Z3</b> UC (CPS) (F10.2)	<b>Z4</b> KC (CPS) (F10.2)	<b>Z5</b> CTC (CPS) (F10.2)	<b>Z6</b> TH_PPM (PPM) (F10.2)	<b>Z7</b> U_PPM (PPM) (F10.2)	<b>Z8</b> K_PERC (%) (F10.2)		
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	<b>Z9</b> CT_MRH (microRoentgen/h) (F10.2)	<b>Z10</b> ALTURA (m) (F10.2)	<b>Z11</b> ALTURA GPS (m) (F10.2)	<b>Z12</b> LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)	<b>Z13</b> LATITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)							

REGISTRO Nº	NOME DO ARQUIVO	COMPRIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES
	GAMALINE.XYZ			COORDENADAS UTM: DATUM HORIZONTAL SAD-69, MERIDIANO CENTRAL 69° W Gr.

PROJETO AEROGEOFÍSICO DISTRITO MINERAL TUNJÍ-CAPARRO  
ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFI) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE CONTROLE-TIE)

FOLHA 1 de 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CONTROLE	TIE	NÚMERO DA LINHA													
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	<b>X</b> COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	<b>Y</b> COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	<b>Z1</b> FIDUCIAL (F10.0)	<b>Z2</b> THC (CPS) (F10.2)	<b>Z3</b> UC (CPS) (F10.2)	<b>Z4</b> KC (CPS) (F10.2)	<b>Z5</b> CTC (CPS) (F10.2)	<b>Z6</b> TH_PPM (PPM) (F10.2)	<b>Z7</b> U_PPM (PPM) (F10.2)	<b>Z8</b> K_PERC (%) (F10.2)					
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	<b>Z9</b> CT_MRH (microRoentgen/h) (F10.2)	<b>Z10</b> ALTURA (m) (F10.2)	<b>Z11</b> ALTURA GPS (m) (F10.2)	<b>Z12</b> LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)	<b>Z13</b> LATTUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)										

REGISTRO N°	NOME DO ARQUIVO	COMPIMENTO	FATOR DE BLOCO	OBSERVAÇÕES
	GAMATIE.XYZ			COORDENADAS UTM: DATUM HORIZONTAL SAD-69, MERIDIANO CENTRAL 69° W Gr.

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

<b>LINHA</b>	<b>VÔO</b>	<b>FIDUCIAL INICIO</b>	<b>FIDUCIAL FINAL</b>
30010	3	1063.0	1763.0
30020	3	1764.0	2488.0
30030	3	2489.0	3203.0
30040	3	3204.0	3942.0
30050	3	3943.0	4630.0
30060	3	4631.0	5382.0
30070	3	5383.0	6091.0
30080	3	6092.0	6780.0
30090	3	6781.0	7454.0
30100	3	7455.0	8185.0
30110	4	903.0	1603.0
30120	4	1604.0	2272.0
30130	4	2273.0	2946.0
30140	4	2947.0	3621.0
30150	4	3622.0	4334.0
30160	4	4335.0	5033.0
30170	4	5034.0	5743.0
30180	4	5744.0	6424.0
30190	4	6425.0	7130.0
30200	4	7131.0	7814.0
30210	5	880.0	1534.0
30220	5	1535.0	2219.0
30230	5	2220.0	2911.0
30240	5	2912.0	3639.0
30250	5	3640.0	4321.0
30260	5	4322.0	5042.0
30270	5	5043.0	5746.0
30280	5	5747.0	6449.0
30290	5	6450.0	7139.0
30300	5	7140.0	7843.0
30310	6	891.0	1742.0
30320	6	1743.0	2624.0
30330	6	2625.0	3472.0
30340	6	3473.0	4340.0
30350	6	4341.0	5165.0
30360	6	5166.0	6038.0
30370	7	893.0	1694.0
30380	7	1695.0	2535.0
30390	7	2536.0	3343.0
30400	7	3344.0	4192.0
30410	7	4193.0	5020.0
30420	7	5021.0	5862.0
30430	8	1065.0	1874.0
30440	9	160.0	959.0
30450	8	2689.0	3498.0

<b>LINHA</b>	<b>VÔO</b>	<b>FIDUCIAL INICIO</b>	<b>FIDUCIAL FINAL</b>
30460	8	3499.0	4323.0
30470	8	4324.0	5141.0
30480	8	5142.0	5947.0
30490	8	5948.0	6737.0
30500	8	6738.0	7532.0
30510	9	960.0	1762.0
30520	9	1763.0	2549.0
30530	9	2550.0	3364.0
30540	9	3365.0	4138.0
30550	9	4139.0	4936.0
30560	10	885.0	1647.0
30570	10	1648.0	2424.0
30580	10	2425.0	3187.0
30590	10	3188.0	3980.0
30600	10	3981.0	4743.0
30610	10	4744.0	5534.0
30620	10	5535.0	6296.0
39010	2	912.0	1500.0
39020	2	1542.0	2146.0
39030	2	2147.0	2666.0
39040	2	2667.0	3202.0
39050	2	3203.0	3732.0
39060	2	3733.0	4286.0
39070	2	4287.0	4814.0
39080	2	4839.0	5374.0
39090	2	5375.0	5882.0
39100	2	5883.0	6561.0
39110	2	6562.0	7139.0