



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/07.19.13.51-NTC

**CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS PARA O
DETECTOR MULTIDIRECIONAL DE MUONS -
MMD-DB**

Adriano Petry

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/37SMTJL>>

INPE
São José dos Campos
2010

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr^a Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/07.19.13.51-NTC

**CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS PARA O
DETECTOR MULTIDIRECIONAL DE MUONS -
MMD-DB**

Adriano Petry

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/37SMTJL>>

INPE
São José dos Campos
2010

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 – Canais direcionais possíveis no MMD composto por 36 detectores em cada uma das duas camadas	8
Figura 2 – Sintaxe utilizada para armazenamento dos arquivos gerados pelo MMD	9
Figura 3 – Agrupamentos dos 119 canais direcionais para formar 17 canais direcionais	14
Figura 4 – Contagens originais e normalizadas barometricamente, para direção vertical nos anos de 2007 e 2008, para temperaturas entre 19°C e 20°C, em dias onde o sol não apresentava manchas solares (“sunpots”)	15
Figura 5 – Modelagem do banco de dados relacional para o MMD	19

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1: Dados armazenados nos arquivos de dez minutos.....	10
Tabela 2: Dados armazenados nos arquivos horários.....	13
Tabela 3: Coeficiente de normalização barométrica para as principais direções do MMD entre 2001 e 2005	16
Tabela 4: Coeficiente de normalização barométrica para as principais direções do MMD a partir de 2006	17

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	5
2 O DETECTOR MULTIDIRECIONAL DE MÚONS	6
2.1 Montagem inicial - 2001 a 2005.....	6
2.2 Atualização do MMD em 2005.....	6
2.3 Sistema de captura por FPGA em 2006	7
3 INFORMAÇÕES PRODUZIDAS	8
3.1 Acesso aos dados	9
3.2 Informações fornecidas a cada dez minutos	9
3.3 Informações fornecidas a cada minuto	12
3.4 Informações horárias	12
3.5 Normalização barométrica	14
4 BANCO DE DADOS PARA O DETECTOR MULTIDIRECIONAL DE MUONS (MMD-DB).....	18
4.1 Modelagem do banco de dados	18
4.2 Sistema de carregamento de dados.....	20
5 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 INTRODUÇÃO

O documento foi desenvolvido inicialmente para facilitar a compreensão do Detector Multidirecional de Muons (MMD) instalado junto ao Observatório Espacial do Sul (OES/CRS/CCR/INPE-MCT), em São Martinho da Serra no Rio Grande do Sul, no âmbito da parceria INPE/MCT e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A partir dessa compreensão, são definidos os requisitos necessários à modelagem e implantação de um banco de dados, referenciado neste documento como MMD-DB, capaz de manipular as informações produzidas pelo instrumento. Inicialmente são descritas as principais características do MMD, com vistas à compreensão básica de seu funcionamento. A seguir, o foco é direcionado para a interpretação e análise dos dados produzidos pelo MMD. Ao final é apresentado um modelo de banco de dados relacional construído para armazenar e manipular essas informações, assim como o software desenvolvido para carregamento dos dados no banco de dados construído.

2 O DETECTOR MULTIDIRECIONAL DE MÚONS

O Detector Multidirecional de Muons instalado no Observatório Espacial do Sul faz parte de uma rede internacional de detectores de muons, cujos dados são utilizados para estudos de previsão das estruturas solares que podem causar tempestades geomagnéticas. Ele foi construído para detectar a incidência direcional de raios cósmicos sobre a superfície terrestre, fornecendo dados sobre a intensidade e direção de partículas secundárias chamadas muons, originadas pela colisão de raios cósmicos com a atmosfera terrestre [1-2]. As intensidades são obtidas através da medida de cintilação de um conjunto de detectores dispostos em duas camadas. As direções são detectadas através da análise da correlação entre a detecção de cintilações na camada superior e inferior do detector.

2.1 Montagem inicial - 2001 a 2005

Inicialmente, o instrumento foi construído utilizando-se quatro detectores na camada superior e quatro na camada inferior, dispostos em forma de quadrado. Entre as camadas, separadas por uma distância de 1,73m, há uma placa de chumbo de 5 cm de espessura. A montagem inicial do MMD iniciou sua operação em março de 2001, fornecendo informações em 9 canais direcionais: vertical, norte, sul, leste, oeste, nordeste, sudeste, noroeste e sudoeste.

2.2 Atualização do MMD em 2005

Em dezembro de 2005 o instrumento iniciou sua operação contando com 28 detectores na camada superior e 28 na camada inferior, dispostos em uma grade de quatro linhas e sete colunas. O sistema de medição para 13 canais direcionais (V, N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, N2, S2, E2, W2) passou a ser operado. Contudo, esse grande número de detectores pode fornecer informações em várias outras direções, o que foi possível com a instalação de

um sistema de captura baseado em dispositivos de *hardware* específicos FPGA (*Field Programmable Gate Array*).

2.3 Sistema de captura por FPGA em 2006

Com o aumento no número de detectores, é possível mensurar o total de 91 canais direcionais distintos, ao invés dos 13 canais tradicionais. Assim, está em operação simultânea, desde 2006, outro sistema de medidas de contagens, baseado em sistemas de *hardware* específicos (FPGAs). Nesse novo sistema de contagem, todas as possíveis direções de medidas são consideradas. Como se espera no futuro aumentar o número de detectores para 36 por camada, em uma grade de quatro linhas por nove colunas, são medidos um total de 119 canais direcionais, sendo atribuído valor igual a zero para as direções ainda não contempladas pelos atuais 28 detectores por camada. A figura 1 ilustra os canais direcionais diferentes existentes nesse novo sistema de contagem de dados. Na figura 1, tem-se a visão superior do MMD, onde as setas indicam alguns dos canais direcionais existentes, a partir de um detector específico da camada superior em direção a outro detector na camada inferior. Perceba que cada canal direcional contará com diversos pares: detector camada superior - detector camada inferior. Esses canais não são identificados por nomes, mas por coordenadas (x,y), que identificam a proximidade entre os detectores de cada camada. Assim, por exemplo, a medida de contagem para o canal vertical (V), aqui identificado por (0,0), será feita levando em consideração 36 pares de detectores. A direção norte (N) será identificada por (0,1), considerando as contagens em 27 pares de detectores, e a direção sudoeste (SW) será identificada por (-1,-1), considerando contagens em 24 pares de detectores. Note-se que nas coordenadas (x,y), o valor de “y” varia entre -3 e 3, e “x” entre -8 e 8 para o instrumento contendo 36 detectores por camada. A configuração atual de 28 detectores por camada fornece valores iguais a zero para “x” valendo -8, -7, 7 e 8.

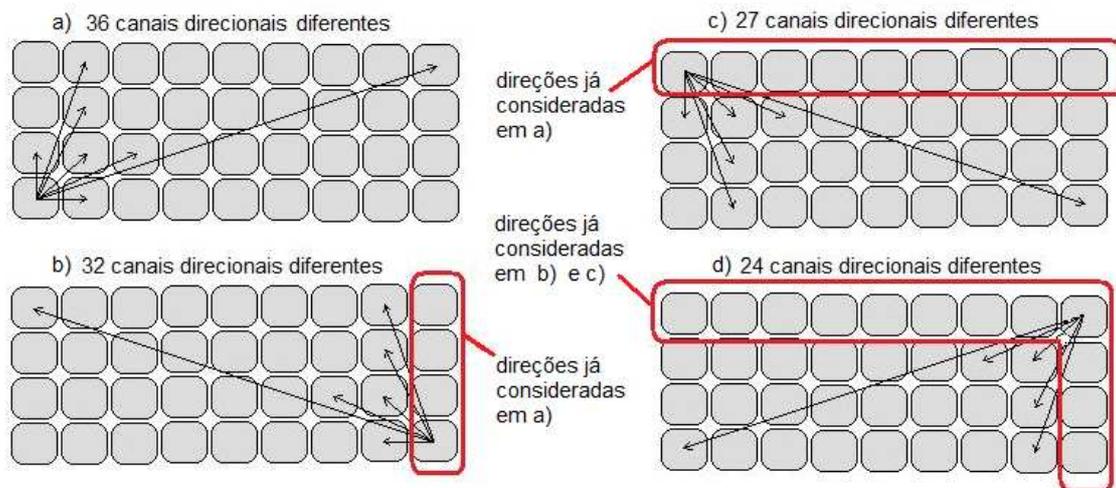


Figura 1 – Canais direcionais possíveis no MMD composto por 36 detectores em cada uma das duas camadas

3 INFORMAÇÕES PRODUZIDAS

Os dados produzidos pelo MMD são gerados e armazenados em arquivos-texto junto ao computador instalado no OES, que auxilia o funcionamento do instrumento. O local de armazenamento dos arquivos é a pasta D:\database. São gerados por dia 24 arquivos cujo nome inicia com a letra “m”, com informações relativas a intervalos de tempo de 1 minuto, além de 1 arquivo cujo nome inicia com a letra “t”, com informações relativas a intervalos de tempo de 10 minutos. Cada arquivo com dados de um minuto contém 60 linhas, representando o total de uma hora de funcionamento do instrumento. Os arquivos com informações de dez minutos contêm 144 linhas cada, representando o total de 24 horas de funcionamento do instrumento. Esses arquivos são organizados em subpastas referentes a cada mês de funcionamento do instrumento. A sintaxe utilizada para armazenamento dos arquivos junto ao computador do instrumento instalado no Observatório Espacial do Sul é mostrada na figura 2.

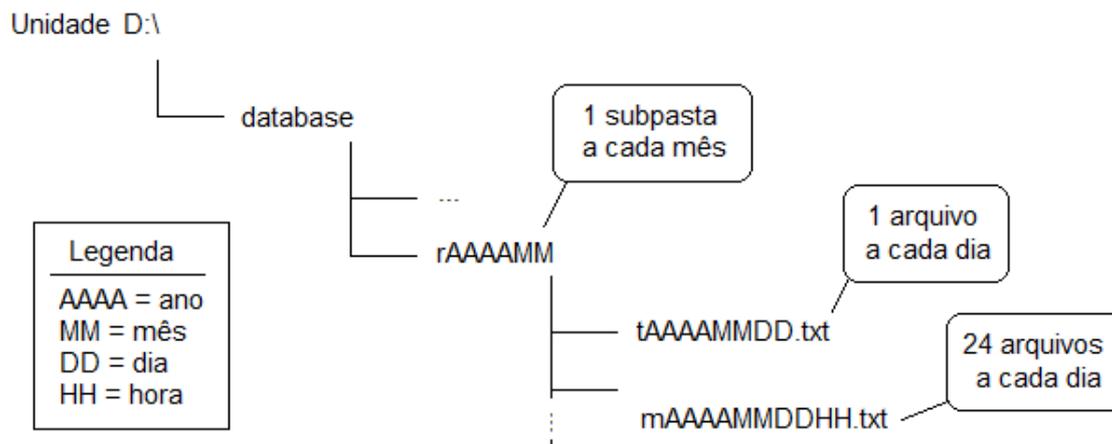


Figura 2 – Sintaxe utilizada para armazenamento dos arquivos gerados pelo MMD

3.1 Acesso aos dados

Os dados produzidos pelo MMD podem ser acessados remotamente, uma vez que o computador que auxilia seu funcionamento disponibiliza esse serviço através de programas diferentes, como PCAnywhere, VNCViewer e TeamViewer. Periodicamente, os dados são enviados para os pesquisadores da Shinshu University no Japão e disponibilizados na internet, através das URLs ftp://ftp.bartol.udel.edu/takao/muon_data/saomartinho/ e <http://cosray.shinshu-u.ac.jp/crest/> (acesso através do link “CR Muon Quasi-Real Time data service”). O sitio <http://neutronm.bartol.udel.edu/spaceweather/> também disponibiliza os dados, mas de forma gráfica, incluindo, além do instrumento instalado em São Martinho da Serra, outros 3 detectores semelhantes, instalados nas cidades de Kuwait, Hobart e Nagoya.

3.2 Informações fornecidas a cada dez minutos

Os arquivos gerados pelo MMD que contém informações de contagens a cada dez minutos apresentam os dados mostrados na tabela 1.

Tabela 1: Dados armazenados nos arquivos de dez minutos

Valores	Colunas usadas por valor	Descrição
1	4	Ano (hora internacional) do final do período de contagem
5	3	Mês, dia, hora, minuto e segundo (hora internacional) do final do período de contagem
1	4	Período de aquisição em segundos usado para acumular as contagens
3	10	Somatório das contagens de todos detectores da camada superior, camada inferior e de muons que atravessaram ambas camadas
13	10	Dados direcionais para direções V, N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, N2, S2, E2, W2
1	10	Tensão fornecida pela fonte de alta tensão, integrada ao longo do período de aquisição
2	10	Dados do sensor de pressão e do sensor de temperatura
2	10	Número de pulsos fornecido pelo oscilador durante o período de aquisição, e número de pulsos subtraído do tempo não usado
1	10	Contagens de correlações bem-sucedidas entre as camadas superior e inferior
1	10	Contagens de correlações rejeitadas entre as camadas superior e inferior
1	10	Contagens rejeitadas não correlacionadas entre camadas
1	10	Somatório das contagens de todos os 119 componentes direcionais
36	7	Contagens individuais para cada um dos 36 detectores da camada superior
36	7	Contagens individuais para cada um dos 36 detectores da camada inferior
119	7	Contagens para cada uma das 119 possíveis direções

Algumas observações são destacadas a respeito dos dados desse tipo de arquivo:

- Os dados são gerados utilizando dois sistemas de contagens diferentes: o primeiro contando com 13 canais direcionais (V, N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, N2, S2, E2, W2) e o segundo contando com 119 canais direcionais (x,y). Por razões de construção dos sistemas eletrônicos de aquisições, as contagens dos 13 canais direcionais apresentam valores brutos maiores que as contagens equivalentes dos 119 canais direcionais;
- A seqüência de direções utilizada para o registro de contagens até 13/12/2007 era V, N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, S2, N2, W2, E2. Após essa data, a seqüência passou a ser V, N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, N2, S2, E2, W2.
- O período de aquisição em segundos usado para acumular as contagens deverá apresentar neste arquivo valor igual a 600, representando 600 segundos de aquisição. Valores diferentes ao esperado podem ser atribuídos a uma interrupção nas contagens ou ajuste do relógio do computador, que é periodicamente sincronizado;
- Como os valores da tensão fornecida pela fonte de alta tensão são integrados ao longo do tempo, ele deve ser dividido pelo tempo total transcorrido;
- Os dados dos sensores de pressão (Contagem_Pressão) e temperatura (Contagem_Temperatura) devem ser manipulados para obtermos os valores nas unidades hectopascal (hPa) e graus Célsius (°C), de acordo com o seguinte sistema de equações:

$$\text{PeriodT} = 600 / (\text{Contagem_Temperatura} * 10^{-6})$$

$$\text{PeriodP} = 600 / (\text{Contagem_Pressão} * 10^{-6})$$

$$U = \text{PeriodT} - 5,827605$$

$$C = 99,47206 + 4,355120 * U - 112,7058 * U * U$$

$$T0 = 27,59161 + 0,806170 * U + 19,29672 * U * U + 15,24889 * U * U * U$$

$$\text{Fact} = 1.0 - (T0 * T0 / (\text{PeriodP} * \text{PeriodP}))$$

$$\text{Press\~{a}o_hPa} = 68,9476 * C * \text{Fact} * (1.0 - 0,037349 * \text{Fact})$$

$$\text{Temp_Celsius} = -3954,210 * U - 10724,26 * U * U$$

Caso esteja sendo calculado o valor da press\~{a}o e temperatura para dados hor\~{a}rios (ver item 3.4), a Contagem_Temperatura e Contagem_Press\~{a}o devem ser somadas para os 6 valores de dez minutos e o c\~{a}lculo do PeriodT e PeriodP passam a ser realizados usando as equa\~{c}o\~{e}s:

$$\text{PeriodT} = 3600 / (\text{Soma_Contagem_Temperatura} * 10^{-6})$$

$$\text{PeriodP} = 3600 / (\text{Soma_Contagem_Press\~{a}o} * 10^{-6})$$

- As contagens para cada uma das 119 poss\~{i}veis dire\~{c}o\~{e}s s\~{a}o seq\~{u}encialmente armazenadas, iniciando com os valores da dire\~{c}o\~{e} (-8,3), continuando em (-7,3) sucessivamente at\~{e} (8,3). As pr\~{o}ximas dire\~{c}o\~{e}s s\~{a}o (-8,4) indo at\~{e} (8,4). Essa forma de armazenamento de contagens de dire\~{c}o\~{e}s continua at\~{e} a \~{u}ltima dire\~{c}o\~{e} (8,-3).

3.3 Informa\~{c}o\~{e}s fornecidas a cada minuto

Os arquivos gerados pelo MMD que cont\~{e}m informa\~{c}o\~{e}s de contagens a cada minuto apresentam os mesmos dados mostrados na tabela 1. A diferen\~{c}a entre os dados de dez minutos e os dados de um minuto \~{e} basicamente o per\~{i}odo de aquisi\~{c}o\~{e} em segundos usado para acumular as contagens, que no caso de informa\~{c}o\~{e}s fornecidas a cada minuto dever\~{a} apresentar o valor igual a 60, representando 60 segundos de aquisi\~{c}o\~{e}.

3.4 Informa\~{c}o\~{e}s hor\~{a}rias

Os dados disponibilizados na internet (item 3.1) apresentam-se tamb\~{e}m atrav\~{e}s de informa\~{c}o\~{e}s hor\~{a}rias (arquivos nominados "hAAAAMMDD.txt"), onde existe um \~{u}nico arquivo para cada dia, composto por 24 linhas,

representando 1 hora de contagens cada uma. Essas informações horárias foram obtidas através da união de dados de 10 minutos. Elas são mostradas simplesmente como a soma de contagens e também de forma normalizada (veja item 3.5) em função da pressão atmosférica registrada no instante da coleta. A seqüência das informações nos arquivos horários está mostrada na tabela 2.

Tabela 2: Dados armazenados nos arquivos horários

Valores	Colunas usadas por valor	Descrição
1	4	Ano (hora internacional) do início do período de contagem
3	3	Mês, dia, hora (hora internacional) do início do período de contagem
1	5	Período de aquisição em segundos usado para acumular as contagens
13	10	Dados direcionais corrigidos barometricamente para direções V,N,S,E,W,NE,NW,SE,SW,N2,S2,E2,W2
17	10	Dados direcionais corrigidos barometricamente para direções V,N,S,E,W,NE,NW,SE,SW,N2,S2,E2,W2,N3,S3,E3,W3, usando sistema baseado em FPGA
2	10.3 (float)	Pressão (hPa) e temperatura (oC)
3	10	Somatório das contagens: todos detectores da camada superior, camada inferior e ambas camadas
13	10	Dados direcionais para direções V,N,S,E,W,NE,NW,SE,SW,N2,S2,E2,W2
1	10	Somatório das contagens de todos os detectores usando sistema de contagens baseado em FPGA
17	10	Dados direcionais para direções V,N,S,E,W,NE,NW,SE,SW,N2,S2,E2,W2,N3,S3,E3,W3, usando sistema baseado em FPGA

É importante salientar que as informações horárias apresentadas foram calculadas a partir dos dados de dez minutos através dos dois sistemas de contagens: o primeiro contando com 13 canais direcionais (V, N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, N2, S2, E2, W2) e o segundo contando com 119 canais direcionais (x,y), que são agrupados para formar 17 canais direcionais (V, N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, N2, S2, E2, W2, N3, S3, E3, W3). O agrupamento em questão é realizado conforme ilustra a figura 3. Assim, por exemplo, o canal direcional W2 é resultado da soma dos canais direcionais (-2,-1), (-2,0) e (-2,1).

y

3	N3 W3	N3 W3	N3 W3	N3 W3	N3 W3	N3 W3	N3	N3	N3	N3	N3	N3 E3	N3 E3	N3 E3	N3 E3	N3 E3	N3 E3
2	W3	W3	W3	W3	W3	W3		N2	N2	N2		E3	E3	E3	E3	E3	E3
1	W3	W3	W3	W3	W3	W3	W2	NW	N	NE	E2	E3	E3	E3	E3	E3	E3
0	W3	W3	W3	W3	W3	W3	W2	W	V	E	E2	E3	E3	E3	E3	E3	E3
-1	W3	W3	W3	W3	W3	W3	W2	SW	S	SE	E2	E3	E3	E3	E3	E3	E3
-2	W3	W3	W3	W3	W3	W3		S2	S2	S2		E3	E3	E3	E3	E3	E3
-3	S3 W3	S3 W3	S3 W3	S3 W3	S3 W3	S3 W3	S3	S3	S3	S3	S3	S3 E3	S3 E3	S3 E3	S3 E3	S3 E3	S3 E3
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8

x

Figura 3 – Agrupamentos dos 119 canais direcionais para formar 17 canais direcionais

3.5 Normalização barométrica

Sabe-se que as contagens provenientes dos detectores de um MMD sofrem influência de vários fatores, como a pressão atmosférica, temperatura, e atividade solar. Experimentos [3-4] mostraram que a pressão atmosférica apresenta uma relação inversa à intensidade de raios cósmicos detectados, ou seja, quanto maior a pressão, menor será a contagem observada. A figura 4 ilustra essa relação. Ela mostra valores de contagens para a direção vertical nos anos de 2007 e 2008. Para reduzir a influência com relação à temperatura, foram consideradas apenas contagens cuja temperatura no momento da aquisição estava entre 19°C e 20°C. A fim de minimizar a influência relativa à atividade solar, foram consideradas as contagens apenas em dias com o

número de manchas solares (“sunspot number”) igual a zero. Pode-se notar que os valores de contagens originais são menores, quanto maior a pressão atmosférica medida.

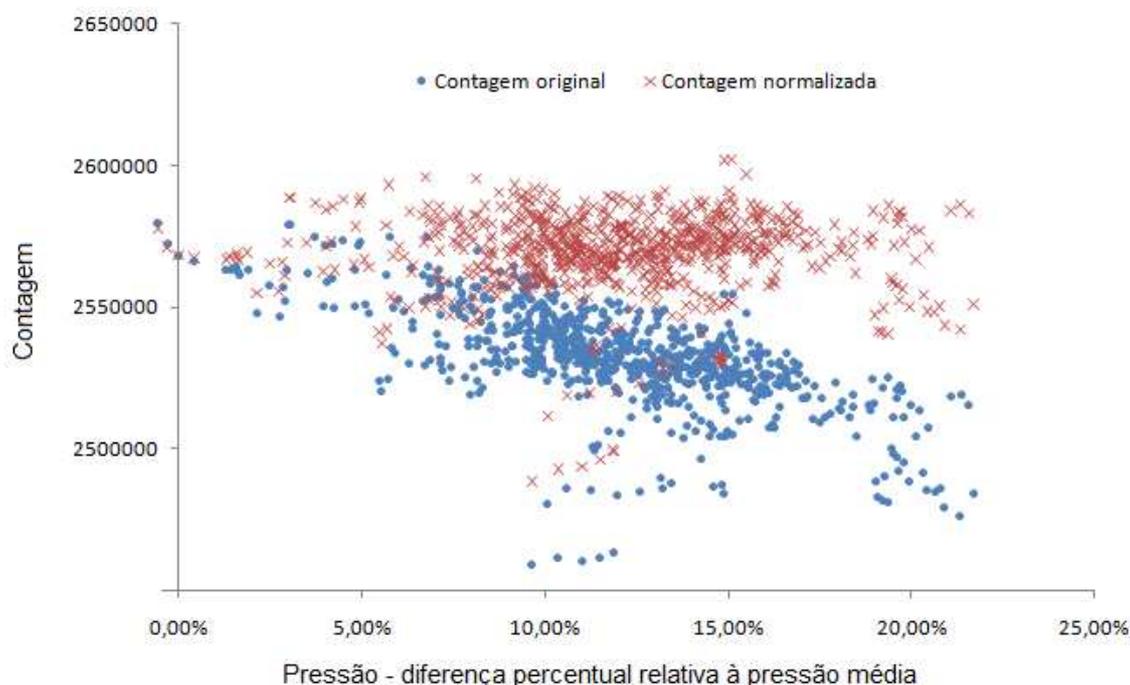


Figura 4 – Contagens originais e normalizadas barometricamente, para direção vertical nos anos de 2007 e 2008, para temperaturas entre 19°C e 20°C, em dias onde o sol não apresentava manchas solares (“sunpots”)

Para corrigir a distorção em razão da pressão atmosférica presente no momento da medição, pode-se ajustar o valor das contagens aplicando-se um fator de correção exponencialmente proporcional à pressão atmosférica medida:

$$ContNorm = ContOriginal.e^{(-\beta \cdot (Pressão - PressãoMédia)/100)}$$

O coeficiente de normalização barométrica β é ajustado individualmente para cada direção, e o valor da pressão média utilizado é, para efeitos de

simplificação, fixado para o valor 950hPa. Os valores de β utilizados até o momento são mostrados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Coeficiente de normalização barométrica para as principais direções do MMD entre 2001 e 2005

β	Direção
-0,113	V
-0,125	N
-0,116	S
-0,140	E
-0,130	W
-0,183	NE
-0,220	NW
-0,192	SE
-0,226	SW

Tabela 4: Coeficiente de normalização barométrica para as principais direções do MMD a partir de 2006

β	Direção
-0,12	V
-0,12	N
-0,12	S
-0,11	E
-0,12	W
-0,11	NE
-0,12	NW
-0,11	SE
-0,12	SW
-0,12	N2
-0,12	S2
-0,11	E2
-0,12	W2
-0,12	N3
-0,13	S3
-0,12	E3
-0,13	W3

4 BANCO DE DADOS PARA O DETECTOR MULTIDIRECIONAL DE MUONS (MMD-DB)

A fim de possibilitar a absorção das informações produzidas a cada minuto, a cada dez minutos e as informações horárias oriundas do MMD instalado no Observatório Espacial do Sul, foram realizadas a modelagem e implantação de um banco de dados relacional, utilizando a tecnologia de software livre PostgreSQL [5]. O banco de dados desenvolvido, chamado MMD-DB, alinha-se aos esforços feitos para construção de uma grande base de dados para o Programa de Clima Espacial do INPE, tendo sido construído para poder ser absorvido por essa base de dados.

4.1 Modelagem do banco de dados

A modelagem do banco de dados apresenta oito tabelas relacionadas de forma um-para-muitos (1:N), como mostra a figura 5. As tabelas “instrument_type”, “instrument” e “political_location” servem basicamente para identificar o instrumento, e existem para possibilitar a inclusão de outros aparelhos além do MMD do Observatório Espacial do Sul. As demais tabelas são exclusivas para o uso de dados oriundos de um MMD. Cada arquivo com dados de medições deve equivaler a um registro na tabela “muon_file”, identificando a origem dos dados. Esses arquivos podem conter informações a cada minuto, a cada dez minutos ou dados horários. Cada linha com dados de medições desses arquivos representará um registro da tabela “muon_data” e diversos registros associados (um para cada direção) na tabela “muon_directional_data”. Como as informações do momento da coleta (campos da tabela “muon_data”) são separadas das contagens direcionais (tabela “muon_directional_data”), é possível armazenar contagens oriundas de canais direcionais diferentes, inclusive permitindo o acréscimo futuro de direções até então não previstas. Para efeitos de normalização, cada canal direcional está identificado por um registro na tabela “directions”, e cada contagem da tabela “muon_directional_data” associa-se a um canal direcional da tabela

“directions”. Como a normalização das contagens é feita individualmente para cada canal direcional, e várias normalizações podem ser identificadas, em períodos de tempo distintos, cada registro da tabela “directions” pode ser associado a vários registros da tabela “normalization_coefficients”, que conterà os dados utilizados para normalização barométrica. É importante mencionar que alguns dados oriundos de arquivos com informações horárias apresentam contagens direcionais já normalizadas barometricamente. Assim, o campo “pressure_corrected” da tabela “muon_directional_data” identifica se a contagem associada está ou não normalizada.

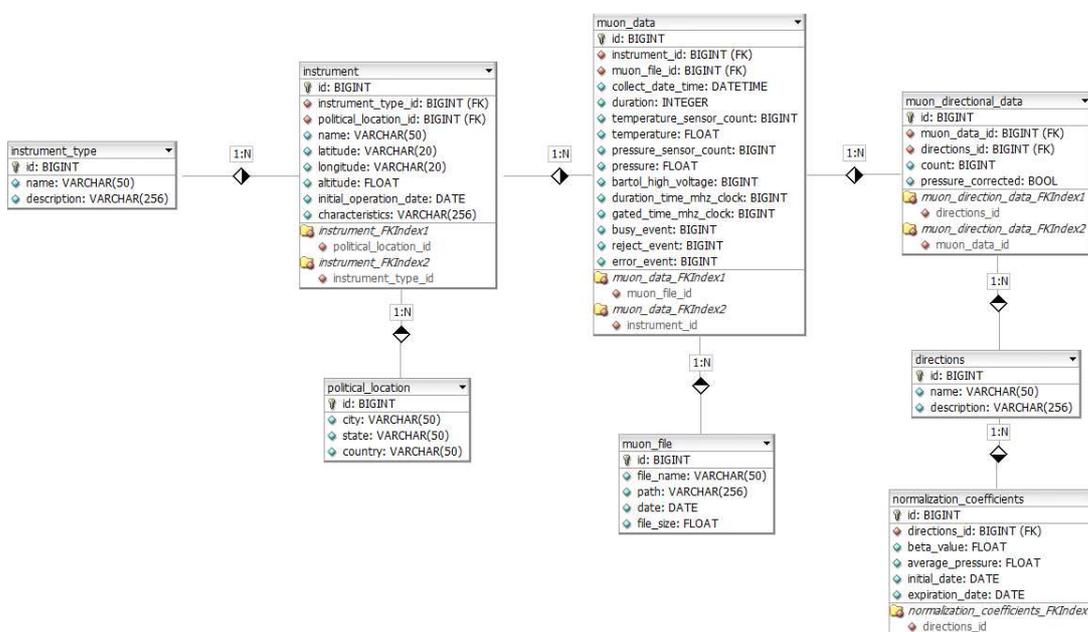


Figura 5 – Modelagem do banco de dados relacional para o MMD

A construção do banco de dados, conforme a modelagem mostrada na figura 5, pode ser feita utilizando sistema de banco de dados PostgreSQL. Para isso, foi desenvolvido em script escrito em linguagem SQL para automatizar esse processo de construção. O código-fonte desse script pode ser consultado por membros devidamente autorizados pelo autor e/ou equipe técnico-científica vinculadas ao instrumento.

4.2 Sistema de carregamento de dados

Para que os dados de contagens oriundos dos arquivos textuais possam ser corretamente carregados ao banco de dados desenvolvido, foi desenvolvido um software escrito em linguagem Java que utiliza o framework Hibernate [6] para acesso ao banco de dados. Esse software é capaz de receber arquivos contendo informações a cada minuto, a cada dez minutos ou dados horários e fazer a leitura de cada informação, colocando-a no lugar apropriado. Os arquivos podem estar organizados em uma ou mais pastas, acarretando a busca recursiva por arquivos válidos. No entanto, também foi previsto o carregamento de dados a partir do sitio da Shinshu University onde os dados são disponibilizados através da URL ftp://ftp.bartol.udel.edu/takao/muon_data/saomartinho/ (veja item 3.1). Durante esse processo de carregamento de dados, diversas verificações são realizadas, para garantir a consistência nos dados a serem carregados. Essas verificações descartam valores lidos que sejam incompatíveis com os limites esperados ou absurdos. As informações das tabelas “instrument_type”, “instrument”, “political_location”, “directions” e “normalization_coefficients” são necessárias ao correto funcionamento do banco de dados, mas não são encontradas nos arquivos de contagens. Assim, o software também automaticamente insere esses dados no banco de dados, ou utiliza-os se já previamente inseridos. O código-fonte desse software pode ser consultado por membros devidamente autorizados pelo autor e/ou equipe técnico-científica vinculadas ao instrumento.

5 CONCLUSÃO

Foram mostradas inicialmente as principais características do Detector Multidirecional de Muons (MMD), instalado no Observatório Espacial do Sul (OES/INPE). Esse instrumento iniciou sua operação em 2001, tendo sido atualizado em 2005 e 2006. As informações são gravadas em arquivos textuais, contendo uma estrutura pré-definida. Os dados produzidos por esse instrumento foram analisados em detalhe, o que possibilitou a modelagem e implantação de um banco de dados relacional, chamado MMD-BD. Além da construção do banco de dados, também foi desenvolvido um software para carregamento dos dados no banco, a partir dos arquivos textuais originais. A existência desse banco de dados, e a possibilidade de inserção dos dados no banco, permitem o desenvolvimento de sistemas de consulta de informações altamente eficiente. O banco de dados construído alinha-se aos esforços para construção de uma grande base de dados para o Programa de Clima Espacial do INPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SILVA, A. R. **Ciclo de vida do sistema de monção da América do Sul: observação e simulação**. 2008. 262 p. (INPE-16575-TDI/1567). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/09.14.03.35>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

[2] MOLDWIN, M. **An introduction to space weather**. Cambridge: University Press, 2008.

[3] SAGISAKA, S. Atmospheric effects on cosmic-ray muon intensities at deep underground depths. **Nuovo Cimento**, v. 9c, n.4, 1986.

[4] MAEDA, K. Directional dependence of atmospheric temperature effects on cosmic ray muons at sea level. **Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics**, v. 19, p.184-245, 1960.

[5] PostgreSQL Global Development Group. Disponível em <<http://www.postgresql.org/>>. Acesso em 01/02/2010.

[6] FERNANDES, R. G.; LIMA, G. **Introdução ao Hibernate**. Disponível em: <<http://www.j2eebrasil.com.br/mostrar/4>>. Acesso em 01/02/2010.