



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-14108-RPQ/255

**PREPARAÇÃO DE DADOS DE OBSERVAÇÕES PARA O SISTEMA
DE ASSIMILAÇÃO DE DADOS PSAS DO CPTEC**

Rosângela Saher Corrêa Cintra

INPE
São José dos Campos
2005



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-14108-RPQ/255

**PREPARAÇÃO DE DADOS DE OBSERVAÇÕES PARA O SISTEMA
DE ASSIMILAÇÃO DE DADOS PSAS DO CPTEC**

Rosângela Saher Corrêa Cintra

INPE
São José dos Campos
2005

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC pela utilização de suas instalações.

A Dra. Elizabeth Espinosa pelas sugestões dadas para seleção de dados e revisão dos cálculos e avaliação dos resultados dos perfis de temperatura de satélite ATOVS, que constam deste relatório.

RESUMO

Milhares de observações meteorológicas coletadas pelos serviços meteorológicos de tempo no mundo e dados gerados por satélites são utilizados para iniciar sistemas operacionais globais de Previsão Numérica de Tempo (PNT) utilizando diferentes técnicas de assimilação de observações. O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) implantou o sistema de análise objetiva global PSAS (Physical-space Statistical Analysis System) (GPSAS) para gerar condições iniciais para o seu modelo global CPTEC/COLA. O processo de assimilação de dados requer medidas do estado real da atmosfera em tempo real, estas medidas são as observações meteorológicas que são recebidas no centro através do *Global Telecommunications System* (GTS)/Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e como fonte alternativa para dados de satélite o *National Environmental Satellite Data and Information Service* (NESDIS). O sistema de análise desempenha um papel indispensável para ajustar modelos de previsão de tempo de acordo com as observações, uma vez que não há observações para todos os pontos do domínio dos modelos. Estas observações, que chegam ao centro em formatos de códigos padronizados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), devem ser preparadas e colocadas em formato coerente aos requisitos do sistema de assimilação. Foram desenvolvidos/adaptados diversos códigos computacionais de tratamento e preparação dos dados no formato adequado para o sistema GPSAS. Neste trabalho serão apresentados os métodos utilizados para seleção e adequação dos dados de observação, bem como uma visão geral das observações que são recebidas e utilizadas no CPTEC e como são apresentadas após sua preparação.

THE INTERFACE METEOROLOGICAL OBSERVATION FOR THE DATA ASSIMILATION SYSTEM PSAS TO GLOBAL AGCM CPTEC/COLA

ABSTRACT

Thousands of meteorological observations collected from the meteorological services around the world and satellites data are used for operating systems for Numerical Weather Prediction (NWP) employing different techniques of data assimilation. The Center for Weather Forecast and Climatic Studies of the National Institute for Space Research (CPTEC-INPE) is implementing the global analysis system called PSAS (Physical-space Statistical Analysis System) (GPSAS) to generate initial conditions for its global model CPTEC/COLA. The data assimilation process requests measures of the real state of the atmosphere, these measurements are the meteorological observations received from Global Telecommunications System (GTS)/National Institute of Meteorology (INMET), from satellite data, and alternatively from the National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS), for satellite data. The analysis system gives an indispensable adjust of the model state of weather forecast in agreement with the observations, once there are not observations for all the points of the domain of the models. These observations are processed using standard codes from the World Meteorological Organization (WMO), and they are prepared in agreement with the requirements of the assimilation system. Additionally, several developments are made for pre-processing the observational data for the Global PSAS. In this paper methods used for selection and adaptation of observations will be presented, as well as a general view of the space distribution of observations received and used in CPTEC.

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAPÍTULO 1	INTRODUÇÃO.....	17
CAPÍTULO 2	AQUISIÇÃO DE DADOS	21
2.1	Sistema de Observação Global (GOS)	22
2.1.1	As principais observações que compõe o GOS	24
2.2	Sistema de Telecomunicações Global (GTS).....	26
2.3	Sistema de Dados-Processados e de Previsão Global (GDPFS)	27
2.4	Dados recebidos no CPTEC	27
2.4.1	Dados reconstituídos de perfis de temperatura provenientes do NESDIS/NOAA.....	29
2.4.2	Observações de experimentos para pesquisas	30
2.5	O Sistema de Pré-Processamento de Dados	31
CAPÍTULO 3	METODO DE PREPARAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES PARA O SISTEMA DE ASSIMILAÇÃO DE DADOS PSAS.....	33
3.1	Arquivo ODS - Observation Data Stream	34
3.1.1	Estrutura do Arquivo	34
3.2	Preparação das observações e pré-seleção dos dados.....	39
3.2.1	Arquivos de entrada para o GPSAS	40
3.2.2	Arquivos para o RPSAS (Regional PSAS)	46
3.2.3	Ferramenta de Visualização ODSVIEW	47
CAPÍTULO 4	RESULTADOS	49
4.1	Distribuição Espacial dos dados de arquivos ODS	49
4.2	Utilização dos Dados dos Arquivos ODS.....	54
CAPÍTULO 5	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE FIGURAS

2.1 - Sistema que compõem a WWW	21
2.2 - Dados de superfície	28
2.3 – Dados de ar-superior.....	28
2.4 – Dados ATOVS recebidos: a) via INMET b) via NESDIS	29
4.1 – Distribuição de dados globais em arquivos ODS <i>pré-analise</i> dados de superfície em (a), (b), (c) e; dados de ar-superior em (d),(e), (f) e dados de satélite em (g) e (h) satélite, para o dia 01 de janeiro de 2004, 12 UTC.....	50
4.2 – Distribuição de dados globais em arquivos ODS <i>pré-analise</i> dados de superfície em (a), (b), (c) e; dados de satélite em (d) e dados de ar-superior em (g) e (h), para dia 12 de julho de 2004.	51
4.3 – Observações do arquivo ODS pós-analise com marca de controle de qualidade; distribuição global das observações de altura geopotencial.	52
4.4 – Cobertura de dados de arquivos pós-ODS verificando a marca de controle de qualidade a) para observações METAR e b) para observações de radiossondas em todos os níveis.	52
4.5 - Cobertura de dados globais em arquivos ODS pré-analise:dados ATOVS, a) proveniente do NESDIS e b) provenientes do INMET e DSA/INPE.	53
4.6 - Distribuição de dados em arquivos ODS <i>pré-analise</i> : (a) dados de ventos de satélite processados localmente no CPTEC para o dia 1 ^o de novembro de 2004 e; (b) dados de superfície processados de PCD do sistema SCD para dia 12 de julho de 2004	53
4.7 – Erro quadrático médio dos resíduos de <i>omf</i> e <i>oma</i> para variável de altura geopotencial ao nível de 500 hPa e número de observações que entraram no sistema RPSAS em janeiro de 1999.	54
4.8 – Erro quadrático médio dos resíduos de <i>omf</i> e <i>oma</i> para variável de altura geopotencial ao nível de 500 hPa, e número de observações que entraram no sistema GPSAS em outubro de 2004.....	55

LISTA DE TABELAS

2.1 – Quantidade de observações armazenadas no BDM.....	27
2.2 – Estações de radiossondas da campanha LBA (1999).....	30
2.3– Estações de radiossondas do projeto SALLJEX	31
3.1 - Atributos globais	35
3.3– Lista dos atributos de dados que formam o arquivo ODS.....	36
3.4 - Lista de tipos (<i>kt index</i>) de dados usados na assimilação de dados PSAS.....	38
3.5 - Lista de fontes (<i>kx index</i>) de dados usados para PSAS.....	38
3.6 - Códigos de marcas da história do controle de qualidade.	38
3.7 – Códigos encontrados como marca de exclusão das observações	39
3.8– Tipos/Subtipos de dados em formato BUFR.....	40
3.9 – Tabela de programas da interface pré-processamento/assimilação de dados.....	48
4.1 – Quantidade de observações ODS do dia 01.01.2004.	49
4.2 – Quantidade de observações ODS do dia 12.07.2004.	49
4.3 – Quantidade de Observações Aceitas, Re-aceitas e Rejeitadas	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATOVS	Advanced TIROS Operational Vertical Sounder
COLA	Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
DAO	Data Assimilation Office
ECMWF	European Centre for Medium-range Weather Forecasts.
GDPFS	Global Data Processing Forecast System
GMAO	Global Modeling and Assimilation Office
GOS	Global Observation System
GPSAS	Implementação do Sistema PSAS ao Modelo Global do CPTEC
GTS	Global Telecommunications System
hPa	Hecotor Pascals (também conhecido como milibars)
HDF	Hierarchical Data Format
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NESDIS	National Environmental Satellite, Data, and Information Service
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ODS	Observation Data Stream
PNMM	Pressão reduzida ao nível médio do mar
PNT	Previsão Numérica de Tempo
PSAS	Physical-space Statistical Analysis System

RMS Root Mean Square - Desvio médio quadrático dos Erros de previsão

WMO World Meteorological Organization

WWW World Weather Watch

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Diariamente executam-se sistemas operacionais globais de previsão numérica de tempo como o que está sendo implantado no CPTEC, utilizando mais de 500.000 itens de informação sobre a atmosfera, milhares de observações meteorológicas coletadas pelos serviços meteorológicos de tempo no mundo e dados gerados por satélites. Atualmente, preferencialmente operacional, o CPTEC executa seu sistema de PNT com condições iniciais proveniente do National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Essas análises utilizam o Sistema de Interpolação Estatística – SSI (Parrish and Derber, 1992).

Diferentes técnicas são usadas para assimilar estas observações, como a técnica variacional tri-dimensional (3D-VAR), ou Interpolação Ótima (IO); qualquer técnica utiliza como entrada de dados as observações e a primeira estimativa proveniente do modelo. Os sistemas de assimilação atuais não podem assimilar todos os tipos de dados, e nem toda a quantidade deles. Então, algoritmos de seleção de dados têm que ser usados.

Padrões de medidas para instrumentos variam amplamente. Instrumentos convencionais, como radiossondas, realizam medidas em tempos fixos e (essencialmente) de locais fixos. Instrumentos de órbita são amostras mais irregulares em espaço e tempo. A maioria das observações de superfície tende a estar em áreas densamente povoadas e os padrões de instrumentos de órbita são governados através de mecânicas orbitais. Em assimilação de dados atmosféricos, é importante entender tanto quanto possível sobre cada instrumento cujas observações serão assimiladas, em particular, características dos erros dos instrumentos de observação devem ser bem entendidas.

Observações atmosféricas, atualmente, incluem: medidas diretas (*in situ*) de variáveis atmosféricas incluindo velocidade do vento, pressão, temperatura, e umidade; observações visuais de nuvens, visibilidade e tipo de precipitação; e observações de sensores remotos (medidas indiretas) de temperatura, umidade, nuvens e vento. Considera-se que observações diretas tendem a ser mais informativa que as observações de sensoriamento remoto, e em contrapartida esta última tem uma cobertura melhor (especialmente para a América do Sul). Esta combinação de observações provê uma extensa base de dados para obter condições iniciais e verificar modelos de PNT e para

pesquisa de futuros entendimentos da atmosfera. A concentração das observações sinóticas convencionais está principalmente no Hemisfério Norte o que limita a precisão e o alcance útil de previsões do tempo significativamente. O advento de satélites meteorológicos trouxe meios efetivos para completar a rede convencional de observações, não só provendo observações nas regiões pobres de dados dos oceanos, como no Hemisfério Sul e estratosfera, e também uma resolução horizontal mais refinada que as observações convencionais, sendo muito importante, portanto, a inclusão destes dados nos sistemas de assimilação.

Em Previsão Numérica de Tempo são necessários dois componentes básicos: um estado “real” da atmosfera, definido pelas observações meteorológicas, e a necessidade de um modelo atmosférico que possa ser integrado no tempo através de um procedimento numérico. Na estimativa do estado inicial, a partir de um conjunto de dados de observação incompletos no espaço-tempo utiliza-se a técnica de assimilação de dados. O procedimento cíclico onde o resultado de uma integração curta, tipicamente de 6 h é usado como “estimativa inicial” (FG), combinado com as últimas observações disponíveis, formam o novo estado inicial para a próxima integração do modelo. Esta pode ser uma maneira eficiente para processar as numerosas observações da natureza, pois a previsão de tempo depende de uma representação precisa do estado inicial da atmosfera (Daley, 1991).

O PSAS (*Physical-space Statistical Analysis System*) é um sistema de assimilação de dados com a versatilidade e capacidade de acomodar desenvolvimentos futuros na metodologia de assimilação de dados de uma maneira consistente com a teoria de estimação, baseado em Interpolação Ótima (OI). Embora formule as equações de análise de uma maneira diferente, são matematicamente equivalentes (Guo e da Silva, 1995), foi desenvolvido pelo *Global Modelling and Assimilation Office* (GMAO)/NASA e está sendo implantado no CPTEC. As aproximações locais e a seleção de dados do esquema OI são eliminadas. O sistema é similar aos sistemas de análise espectral variacional de Centros como NCEP e ECMWF, porém trabalha diretamente no espaço físico. O PSAS desempenha uma grande parte de seus cálculos no espaço da observação, o que resulta em ganhos computacionais, pois a dimensão do espaço de observação é uma ordem de magnitude menor que o da previsão do estado. O GPSAS é o sistema de análise para o modelo global CPTEC/COLA (Cintra, 2002;

Herdies, 2002) e o RPSAS é o sistema de análise para o modelo Regional Eta. (Espinoza et al.,2002; Cintra et al., 2001).

As observações chegam ao CPTEC preferencialmente pelo GTS (Sistema de Telecomunicações Global) e são armazenadas em um formato decodificado no BDM (Banco de dados Meteorológico), através do sistema de pré-processamento de dados. Antes da assimilação de dados, as observações sofreram controle de qualidade rudimentar, por exemplo, um cheque do formato e posição da observação, para limites climatológicos e hidrostáticos como também uma consistência interna e temporal, respectivamente. Então um arquivo de observação satisfatório para assimilação é criado em um módulo tipo “pré-processamento” da observação, através de uma interface para a entrada do sistema de assimilação. Isto requer conversões de formato, mudança de algumas variáveis da observação, como cálculo de temperatura virtual e altura geopotencial, onde também é checada a confiabilidade da observação constante do código BUFR. O arquivo resultante contém toda a informação de observações da janela de dados (atualmente seis horas) e é uma contribuição inicial para um Sistema de Previsão Integrado. A observação é examinada e pré-seleciona observações únicas.

O sistema PSAS utiliza formato de arquivo de observações particular ao sistema, um novo formato de arquivo de dados de observação chamado ODS (*Observation Data Stream*), suficientemente descritivo contendo todo tipo de informação adicional para caracterizar a observação. Com a implantação do GPSAS, iniciou-se o desenvolvimento da interface que prepara e seleciona os dados de observação e cria os arquivos em formato próprio, que será apresentada neste relatório. Em novembro de 2004, esta interface foi implantada juntamente com a versão seqüencial do sistema GPSAS no NEC SX-6 do CPTEC (Global PSAS) e atualmente encontra-se em fase de teste operacional para a rotina de previsão de tempo do centro.

CAPÍTULO 2

AQUISIÇÃO DE DADOS

A WWW (World Weather Watch) mantida pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) em níveis: *global, regional, e nacional*, consiste em três elementos núcleo: o Sistema de Observação Global (GOS), junto com o Sistema Global de dados Processados e Previsão (GDPFS) e o Sistema de Telecomunicação Global (GTS), organizado e coordenado pela OMM. Veja Figura 2.1

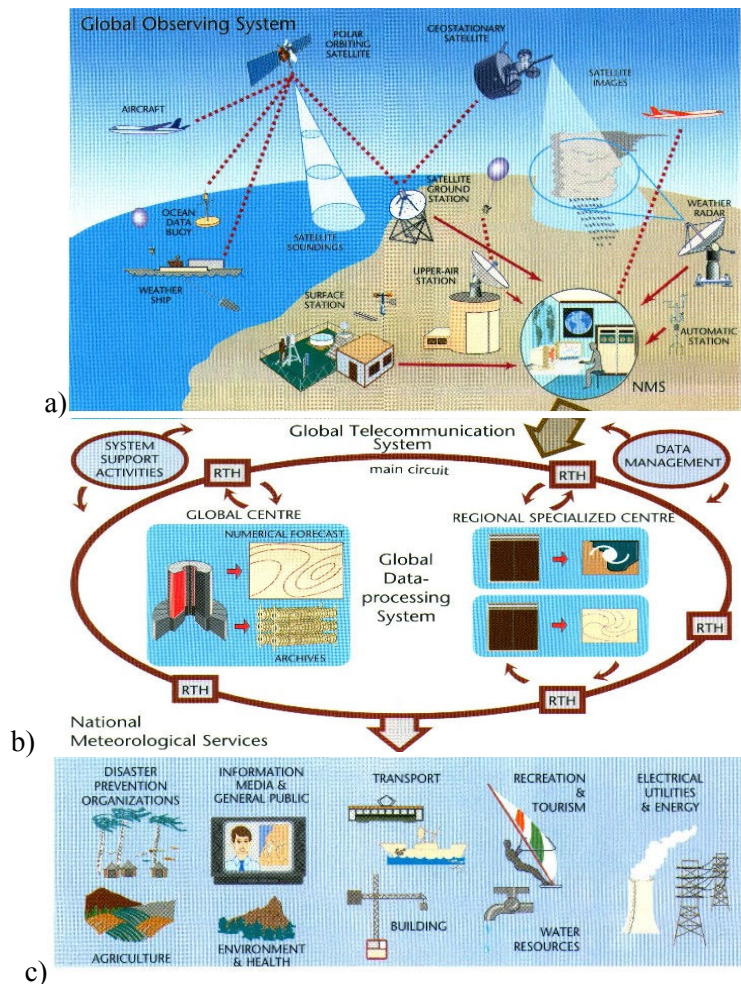


FIGURA 2.1 - Sistemas que compõem a WWW: a) GOS, b) GTS e GDPFS c) comunidade.

FONTE: www.wmo.ch/www/

O GOS provê dados de observação para agrometeorologia, meteorologia aeronáutica, e climatologia, inclusive o estudo de clima e mudança global. Todas as observações coletadas pelo GOS trafegam pelo GTS, composto de uma rede automática, para a distribuição de dados de observação. No Brasil, o órgão da OMM é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Brasília/DF, órgão este responsável por repassar as mensagens coletadas no mundo, através do GTS. Este órgão repassa ao CPTEC os dados de observação globais disponíveis, e fazem parte da rotina operacional de aquisição de dados do CPTEC.

2.1 Sistema de Observação Global (*Global Observing System - GOS*)

O propósito do GOS é prover, de todas as partes do globo e do espaço, observações de alta qualidade, unificadas, do estado da atmosfera e superfície de oceanos, previsões e advertências e ainda para outras aplicações em defesa de programas da OMM e programas ambientais. O GOS inclui instalações de observação em estações em terra e em mar, em aeronaves, satélites meteorológicos e outras plataformas.

- Observações de Superfície - A coluna vertebral do subsistema de superfície continua sendo aproximadamente 11.000 estações em terra que fazem observações na ou próximo à superfície da Terra, pelo menos a cada três horas e freqüentemente de hora em hora, de parâmetros meteorológicos como pressão atmosférica, velocidade e direção de vento, temperatura do ar e umidade relativa.
- Observações de ar superior - Uma rede de 900 estações de ar-superior, radiossondas, fixas a balões ascendentes livres, fazem medidas de pressão, velocidade de vento, temperatura e umidade da superfície até 30 km de altura. Mais de dois terços das estações fazem observações a 00 GMT e 12 GMT. Entre 100 e 200 estações fazem observações uma vez por dia. Em áreas de oceano, observações de radiossondas são obtidas por aproximadamente 15 navios que principalmente manipulam o Atlântico Norte provido com facilidades automáticas de sondagens de ar-superior a bordo.
- Observações de Aeronave - Mais de 3000 aeronaves provêm relatórios de pressão, ventos e temperatura durante vôo. Aircraft Meteorological Data Relay

(AMDAR), sistema de retransmissão meteorológica de aeronaves faz observações de alta qualidade de ventos e temperaturas ao nível de cruzeiro como também a níveis selecionados na ascensão e na descida.

- Estações de Observações do Mar - Sobre os oceanos, o GOS tem observações de navios, bóias ancoradas e de deriva, e plataformas estacionárias. O número de observações de navios é aproximadamente 7.000, quase 40% estão em mar, em qualquer momento determinado. O programa de bóia de deriva operacional inclui aproximadamente 750 bóias.
- Satélites - Em 2003, a rede de Satélite de Observação Ambiental incluiu cinco satélites operacionais circumpolares e seis satélites operacionais geoestacionários e vários satélites de Pesquisa e Desenvolvimento. Os satélites geoestacionários, a cerca de 36 000 Km de altitude, tem órbitas à velocidade da rotação da Terra, e os circumpolares, a 800-900 Km de altitude, descrevem órbitas que os levam aos Pólos Norte e Sul alternadamente. As estações terrestres recolhem e tratam os diversos dados enviados pelos satélites. Vários satélites de órbita polar são equipados com instrumentos de sondagens que podem prover perfis verticais de temperatura e umidade em áreas livres de nuvem. Os satélites geoestacionários também são usados para medir velocidade de vento localizando nuvens e vapor de água.
- Outras Plataformas - O GOS também inclui observações de radiação solar e medidas de ondas. Além disso, perfilador de vento e radares Doppler estão provando serem extremamente valiosos provendo dados de alta resolução em espaço e tempo, especialmente nas mais baixas camadas da atmosfera. Traçadores de perfis de vento são especialmente úteis fazendo observações às vezes entre sondagens e balões-piloto, e tem grande potencial como uma parte de redes integradas. Radares Doppler são extensivamente usados como parte de rede nacional, e de redes regionais, principalmente para previsão de fenômenos de tempo severos de curto prazo (www.wmo.ch/www).

2.1.1 As Principais Observações que Compõe o GOS

- *SYNOP/SHIP* - observações de superfície terrestre e marítima. - Estas são observações que incluem temperatura, pressão, umidade, velocidade e direção do vento, nuvens, e precipitação e são relatadas a cada 3 horas.
- *BUOY* - observações de superfícies marítimas - Os dados obtidos das *bóias de deriva* (sistemas lagrangeanos) são recebidos por via remota através do sistema Argos (sistema franco-americano que opera nos satélites da série NOAA). Atualmente, é possível obter, através do satélite, o campo de temperatura da superfície do mar para grandes extensões. Através de *bóias ancoradas* são realizadas coletas de variáveis oceanográficas em vários níveis de profundidade e variáveis meteorológicas de superfície, e os dados transmitidos via satélite em tempo quase real.
- *METAR* - observações de superfície terrestre sistemática. O acrônimo METAR vem de uma tradução livre de *Relatório Rotineiro de Tempo para Aviação* (Francês), e é emitido regularmente em intervalos de uma hora. O acrônimo SPECI também provém de uma tradução livre de *Relatório Especial de Tempo para Aviação*, e é um código meteorológico que contém as informações básicas de superfície, classificadas como "*Especiais Seleccionadas*", observadas em determinado instante. Utilizados internacionalmente segundo normas da *International Civil Aviation Organization* (ICAO), medem vento, visibilidade, temperatura, temperatura de ponto de orvalho, etc.
- *TEMP* – observações de ar superior são medidas por radiossondas (balões meteorológicos). Estas observações são obtidas duas a quatro vezes ao dia, principalmente 00 e 12 GMT (tempo médio de Greenwich). As observações são gravadas em níveis de pressão pré-seleccionados sempre como “níveis mandatários”. Em adição, dados de “níveis significativos” são gravados sempre que mudanças na vertical excederem a um limite pré-especificado. As medidas principais são temperatura, umidade e ventos.
- *PILOT* – observações de vento obtidas por balões piloto. São perfis de velocidade do vento para a baixa troposfera. A precisão destas observações é

ligeiramente mais pobre do que para radiossondas devido aos erros considerados pela velocidade de subida dos balões.

- *AIREP* – observações manuais ou automáticas reportadas de aeronaves. Estas são observações fora dos horários sinóticos (0 , 6, 12 e 18 horas), temperatura e principalmente ventos perto de 200-300 hPa (altitude de “cruzeiro”).
- *SATEM/ATOVS* (Advanced TOVS) – sondagens de temperatura que são recuperadas das radiâncias medidas pelos satélites de órbita polar. Radiômetros de infravermelho e microondas a bordo de satélites de órbita polar NOAA são usados para observar radiâncias em 29 canais espectrais. Os dados de radiâncias são convertidos para perfis de temperatura usando formulação matemática baseada em conceitos físicos. A cobertura global é alcançada por cada satélite a cada 12 horas. Os dados produzidos são temperatura média da camada (no caso do SATEM) e temperaturas e umidade em níveis de pressão (no caso do ATOVS) em horários não fixos, com resolução horizontal de 80 km ou maior.

O satélite *TIROS Operational Vertical Sounder* é atualmente um conjunto de três instrumentos completamente separados medindo radiação do topo da atmosfera: HIRS-3 (*High Resolutions InfraRed Sounder*), AMSU-A e AMSU-B (*Advanced Microwave Sounding Unit*), SSU (*Stratospheric Sounding Unit*). O HIRS, com 20 bandas espectrais, é utilizado para o cálculo do perfil vertical de temperatura para as regiões sem cobertura de nuvens. O AMSU-A permite obter informações em áreas de céu encoberto, apresenta apenas quinze canais em duas frequências para temperatura e AMSU-B, mais cinco canais para umidade <www.ncdc.noaa.gov/docs/klm/html/c3/sec3.htm>. Os dados obtidos deste satélite são observações de radiâncias brutas; as radiâncias são pré-processadas (dados que tem procedimentos de calibração, ajustamento de emissividade, detecção de nuvens, detecção de precipitação, etc.) e produtos reconstituídos (perfis derivados de temperatura e umidade). O problema de dado reconstituído é fundamentalmente mal-posto e requer a adição de informação “a priori” para obter a solução (Carvalho,1997).

Como uma alternativa para o uso de temperaturas reconstituídas de satélite, as radiâncias (bruta ou correção de nuvens) podem ser assimiladas diretamente,

como nos métodos variacionais de assimilação de dados. (Espinoza, 2002). A assimilação de radiâncias de correção de nuvens usando uma abordagem variacional uni-dimensional foi implementada no Centro Europeu de Previsão de Tempo de Médio-prazo (ECMWF) em 1993 (Eyre et al., 1993).

- *SATOB* – dados de velocidade do vento em nível simples deduzidos da movimentação de nuvens detectadas por imagens de satélite geoestacionário. A cobertura é quase global entre 60 N e 60 S; todavia a amostragem pode ainda ser um problema e resultar em viés (*bias*) de baixa velocidade do vento para fluxo de correntes. (Atlas, 1997)
- Outros tipos de dados baseados em superfície ou no espaço estão atualmente disponíveis para assimilação. Estes incluem: observações sintéticas de pressão ao nível do mar, umidade ou vento determinado por imagens de satélite geoestacionário (ex. PAOB, observações de pressão ao nível do mar que cobre mais os oceanos do Hemisfério Sul); observações de área limitada da precipitação e/ou ventos de radares; velocidade do vento em superfície e vapor d'água verticalmente integrado do SSM/I (*Special Sensor Microwave Imager*); e dados de velocidade do vento do ERS-I (medidor de dispersão). Ambos SSMI/I e ERS-1 fornecem dados de alta resolução sobre os oceanos globais.

2.2 Sistema de Telecomunicações Global (*Global Telecommunication System - GTS*)

Este sistema é composto de uma rede automática crescente de facilidades de telecomunicações para a coleta e distribuição rápida e confiável de dados de observação e informações processadas. O GTS consiste em uma rede integrada de circuitos que interconectam centros meteorológicos de telecomunicação. Os circuitos do GTS estão compostos de uma combinação de ligações de telecomunicação terrestre e de satélite (www.wmo.ch/www).

2.3 Sistema de Dados-Processados e de Previsão Global (*Global Data Processing Forecast System - GDPFS*)

Consiste de Centros Meteorológicos para prover dados processados, análises e produtos de previsão de tempo. É organizado como um sistema de três níveis de: Centros Meteorológicos Mundiais (WMCs), Centros Meteorológicos Especializados Regionais (RSMCs) e Centros Meteorológicos Nacionais (NMCs) (www.wmo.ch/www).

O CPTEC está inserido neste contexto da WWW como NMC do GDPFS, pode distribuir seus produtos de previsão via GTS. O CPTEC recebe dados de observação distribuídos pelo GOS/GTS para obter condições iniciais para seus modelos numéricos de previsão de tempo.

2.4 Dados recebidos no CPTEC

O CPTEC recebe outros dados não distribuídos pelo GOS. Nesta categoria encontram-se: as Plataformas de Coleta de Dados (PCD) (Cintra et al.,2004); dados reconstituídos de satélite (ATOVS), provenientes do National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS), e provenientes da Divisão de Satélites Ambientais (D.S.A) do CPTEC/INPE, e ainda possui dados de experimentos de pesquisas. A rede sinótica de observação nacional do GOS é mantida pelo INMET, que é responsável pela coleta e distribuição (via GTS) de dados de estações meteorológicas do Brasil (cadastradas na OMM). O CPTEC recebe esses dados através do INMET, pré-processa e armazena em banco de dados.

TABELA 2.1 – Quantidade de observações armazenadas no BDM.

Tipo de Observação	Código GOS	12GMT	diária
Estações de ar superior	TEMP	507	1114
Estações de ar superior	PILOT	280	781
Aeronaves	AIREP	4195	18574
Estações de superfície terrestre	SYNOP ¹	6995	28535
Estações de superfície terrestre	METAR	10412	43258
Estações de superfície marítima	SHIP	1409	5724
Bóias a deriva e oceanográficas	BUOY	3348	11884
Satélite geoestacionário	SATOB	3598	12862

Um exemplo de estatística do recebimento de dados através do Banco de Dados Meteorológicos do CPTEC (BDM) e do sistema de Pré-processamento de dados para o dia 05 de janeiro de 2004, mostrado na tabela 2.1. Este dia é um dia típico da recepção de dados do centro no mês de janeiro.

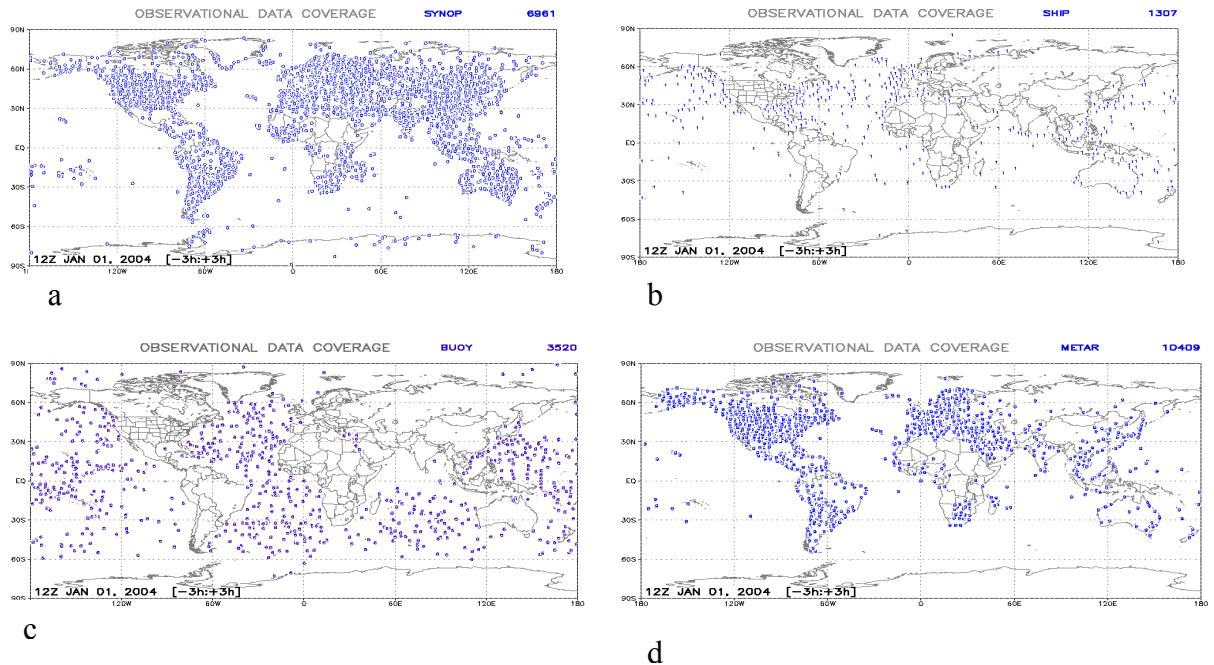


FIGURA 2.2 - Dados de superfície: a) SYNOP, b) SHIP, c) BUOY, d) METAR.

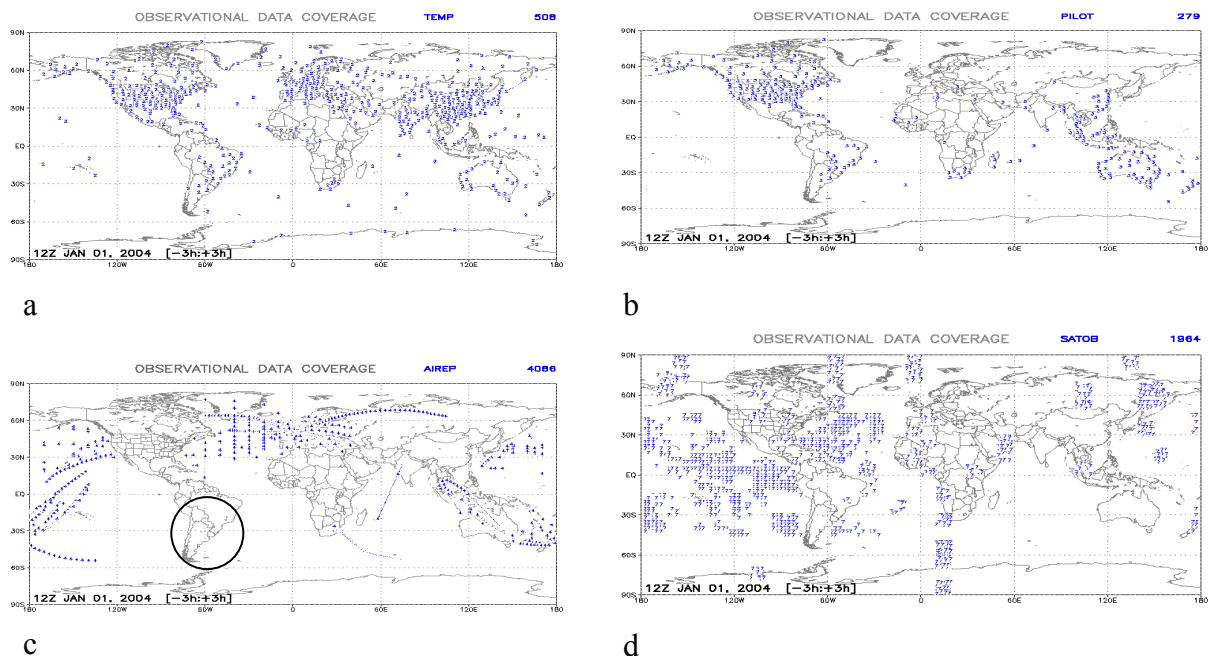


FIGURA 2.3 – Dados de ar-superior: a) TEMP; b) PILOT; c) AIREP d) SATOB.

Mapas de cobertura global para cada um dos tipos de observações descritas, de um período de 6 horas centralizados em 12 GMT para 1 de janeiro de 2004, são mostrados nas Figuras 2.2 e 2.3 e ilustram a heterogeneidade do GOS bem como a cobertura típica de cada tipo de dados recebida no CPTEC. Pode-se verificar a ausência de dados sobre o Brasil em alguns casos, por exemplo, AIREP.

2.4.1 Dados reconstituídos de perfis de temperatura provenientes do NESDIS/NOAA

Radiômetros de infravermelho e microondas a bordo de satélites de órbita polar NOAA (Administração Nacional do Oceano e da Atmosfera/EUA), são usados para observar radiâncias. Os dados de radiâncias são convertidos para perfis de temperatura, estes dados reconstituídos ou “*retrievals*” são conhecidos como ATOVS (Advanced TOVS). A cobertura global é alcançada por cada satélite a cada 12 horas. Os dados produzidos são temperaturas e umidade em níveis de pressão, são assínóticos e com resolução horizontal de 80 km ou maior. Estes dados são muito importantes para completar a informação da atmosfera em todo o globo. A transmissão de dados ATOVS, via GTS/INMET, apresentava até setembro de 2004, na distribuição espacial global, falta de dados no quadrante (0° 90S – 0° 90W), quadrante onde está a América do Sul. Como fonte alternativa do recebimento destes dados de satélite ATOVS com a cobertura global completa, o CPTEC, através de participantes do grupo ITSC (*Internacional TOVS Studies Conference*), obteve uma fonte alternativa de recepção de dados. Através de acordo junto ao NESDIS, copiam-se os dados ATOVS do “*site*” www.cemsc.noaa.gov. Estes dados teoricamente seriam os mesmos transmitidos para o GOS/GTS/INMET e são adquiridos no CPTEC, também pela rotina operacional de aquisição de dados. e pré-processamento. A cobertura espacial é mostrada na Figura 2.4.

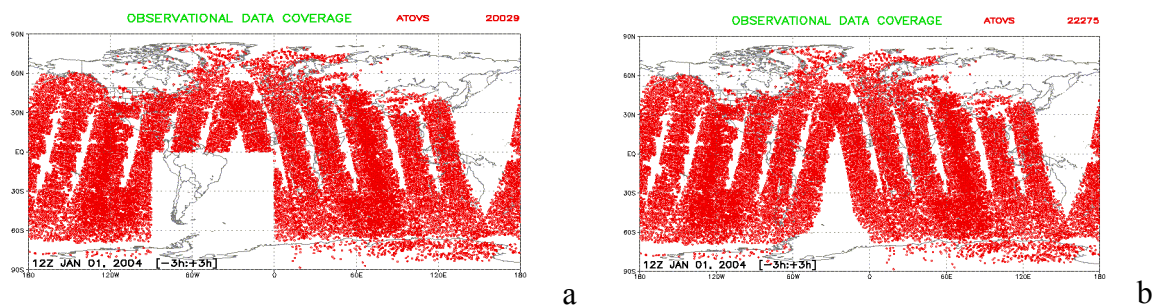


FIGURA 2.4 – Dados ATOVS recebidos: a) via INMET b) via NESDIS

A Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do INPE recebe radiâncias do satélite NOAA-15, NOAA-16 e NOAA-17, e utiliza o software ICI (*Inversion Coupled with Imager*) desenvolvido na MétéoFrance (www.meteorologie.eu.org/ici/), para recuperar perfis de temperatura e umidade. Estes perfis são transformados para perfis de temperatura virtual em 15 níveis e são repassados diretamente para serem lidos pela interface de entrada do sistema de assimilação de dados para o modelo Regional do CPTEC, completando as observações necessárias dentro do domínio do modelo Eta. Estas observações não passam pelo sistema de pré-processamento de dados. Obtém-se estas informações das variáveis de temperatura e razão de mistura recuperadas pelo software ICI, em 40 níveis, esta são codificadas a exemplo do arquivo recebido do GTS e do NESDIS, e podem ser incorporadas no sistema de assimilação global GPSAS.

2.4.2 Observações de experimentos para pesquisas

Experimentos em campo existem para coletar medidas de determinadas regiões do Brasil ou América do Sul, com a finalidade de pesquisa e estudos específicos. Estes dados podem ficar disponíveis no CPTEC, por exemplo, radiossondas do projeto LBA (Experimento de Grande Escala da Interação Atmosfera-Biosfera na Amazônia). Houve uma campanha de campo WETAMC (*Wet Season Atmospheric Mesoscale Campaign*) componente do LBA e do TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) onde foram coletadas radiossondas para estudo da atmosfera, no sudoeste da Amazônia durante os meses de cheia: janeiro e fevereiro de 1999 (tabela 2.2). O SALLJEX (*South American Low-level Jet Experiment*), coletou informações de radiossondas em janeiro e fevereiro de 2003 (tabela 2.3). Para a utilização em pesquisas de previsão de tempo e assimilação de dados, estas observações foram adquiridas através de pesquisadores e preparadas para inclusão nas análises dos modelos regional e global.

TABELA 2.2 – Estações de radiossondas da campanha LBA (1999)

<i>Localização</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
Abraços/RO	-10.75	-62.52
Rolim de Moura/RO	-11.70	-61.78
Rebio Jaru/RO	-10.14	-61.91
Rancho Grande/RO	-10.17	-62.37

TABELA 2.3– Estações de radiossondas do projeto SALLJEX

<i>Localização</i>	<i>País</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
Dourados/MS	Brasil	-22.22	-55.20
Rio Branco/AC	Brasil	-10.16	-67.30
Santa Cruz	Bolívia	-17.40	-63.78
MA	Paraguai	-22.03	-60.62
Sant. Estero	Argentina	-27.45	-64.15
Resistência	Argentina	-27.26	-64.15

2.5 O Sistema de Pré-Processamento de Dados

As observações recebidas no CPTEC até 2004 foram lidas e decodificadas através de um sistema de aquisição e pré-processamento de dados, que foi o software de decodificação/codificação das mensagens adquiridas no centro, o sistema foi desenvolvido pelo Centro Europeu de Previsão de Tempo de Médio Prazo (ECMWF), onde ainda hoje é usado operacionalmente. O sistema foi repassado ao CPTEC em 1992 e então, adaptado para ser utilizado; diversas modificações foram feitas no sentido de aprimorá-lo e adaptá-lo às necessidades e sistemas computacionais. O sistema de aquisição de dados foi desenvolvido no CPTEC e apresenta características diversas do ECMWF. Em 1995, este software entrou em operação gerando observações para alimentar a análise objetiva/JMA (*Japan Meteorological Agency*) do modelo global do CPTEC. Em 1999, os arquivos de mensagens codificadas pelo pré-processamento de dados passaram a alimentar o Banco de Dados Meteorológico (BDM) do CPTEC implantado naquela data.

O sistema de pré-processamento recebia diversos tipos de observações pré-definidas, definição esta acompanhada pela necessidade de obtenção de variáveis de estado para a assimilação de dados. São as pré-processadas mensagens de superfície, de ar superior, de satélite. O sistema de aquisição de dados recebia os diversos arquivos com mensagens/boletins meteorológicos que eram transmitidos pelo GTS/INMET. Este sistema separa as mensagens criando arquivos distintos por tipo. O núcleo do sistema de pré-processamento é composto por programas de decodificação de cada tipo de dado e de controle de qualidade das observações: um nível sintático, onde as observações que não estiverem no formato pré-definido pela OMM são rejeitadas e outro, onde é verificada a confiabilidade das informações (Norris, 1990). A observação recebe uma

marca (“*flag*”) de qualidade. Esta marca é informada em conjunto com a codificação das observações em formato binário BUFR (*Binary Universal Format for the Representation – FM 94*), vide publicação WMO no. 306 – Part B; este formato criado pela OMM garante um formato compacto para armazenamento dos dados e possível de ser lido por diversos centros meteorológicos. Estas observações em formato BUFR são armazenadas no Banco de Dados de observações do CPTEC (BDM). Os tipos de dados decodificados/codificados pelo sistema de pré-processamento atual são: SYNOP, SHIP, METAR, BUOY, TEMP, PILOT, AIREP, SATEM, SATOB, GRID, GRIB. Uma rotina separada foi feita para adquirir e pré-processar dados ATOVS.

Para automatizar/operacionalizar as rotinas de aquisição e pré-processamento de dados, foram desenvolvidas cerca de *quarenta scripts* divididos em quatro principais módulos de execução com a função de: (a) aquisição de dados, (b) execução de codificação /decodificação das mensagens, (c) preparação do arquivo de entrada para análise objetiva, (d) limpeza dos diretórios de execuções e arquivos de 48 horas anteriores. Ver documentação do sistema em Cintra e Borges (1999). Todos os dados recebidos no CPTEC são armazenados no seu formato original para possíveis re-análises ou re-processamento se necessários.

CAPÍTULO 3

METODO DE PREPARAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES PARA O SISTEMA DE ASSIMILAÇÃO DE DADOS PSAS

Até início de 2005, as observações chegavam ao CPTEC preferencialmente pelo GTS e eram armazenadas em um formato decodificado BUFR no BDM (Banco de dados Meteorológico), através do sistema de pré-processamento de dados. Estes dados armazenados sofreram controle de qualidade rudimentar, por exemplo, uma aferição do formato e posição da observação, para limites climatológicos e hidrostáticos como também uma consistência interna e temporal, respectivamente. Então um arquivo de observação satisfatório para assimilação é criado em um módulo tipo “*pré-processamento*” da observação, através de programa interface que cria a entrada do sistema de assimilação. Isto requer conversões de variáveis da observação, o método descrito verifica a confiabilidade da observação constante do código BUFR. O arquivo resultante contém toda a informação de observações da janela de dados (atualmente seis horas) e é uma contribuição inicial para um sistema de previsão integrado, ou ciclo de assimilação. A observação é examinada e pré-seleciona observações únicas.

Uma quantia muito grande de dados observados está disponível para uso da assimilação de dados e sistemas de previsão. Em um período de 6-horas há um total de mais de 500.000 dados para serem usados. Todo dado disponível é considerado para uso na análise. Exceções são observações de satélite (dados localmente densos) onde é aplicada alguma seleção. Para alguns tipos de dados, há necessidade de uma transformação de variáveis físicas necessárias para melhorar o procedimento de análise. Os vários tipos de dados têm características muito diferentes em termos de cobertura geográfica, estrutura vertical e distribuição temporal. A necessidade desta prática de *pré-seleção* é devido ao fato de que cada vez mais temos observações da atmosfera e que os algoritmos de assimilação não estão preparados numericamente ou computacionalmente para todas elas, então é necessário compatibilizar algoritmos e tamanho do vetor de observações. Todos estes fatores suportam um outro “*pré-processamento*” de observações que justificam o desenvolvimento do software que gera o arquivo de entrada para sistema de assimilação de dados.

3.1 Arquivo ODS - Observation Data Stream

Para o sistema de assimilação de dados implantado no CPTEC, o GPSAS, é necessário um conjunto de observações que disponibilizem variáveis de estado que possam compor o vetor observação para solução do problema de análise. Este conjunto de observações, que retrata a atmosfera medida num determinado momento, deve estar de acordo com os requisitos de entrada do sistema de assimilação de dados, para isto foram desenvolvidos programas-interface que preparam estas variáveis. Um novo formato de arquivo de dados de observação chamado ODS (*Observations Data Stream*) é utilizado especificamente pelo PSAS, deve ser suficientemente autodescritivo contendo todo tipo de informação adicional para caracterizar a observação. A ferramenta da autodescrição da observação é a lista de tipos de dados e fontes usadas no horário da sua criação, ou seja, cada observação possui o tipo de dado associada a sua fonte (instrumento) com os atributos que lhe acompanham. A implementação do conceito ODS foi feita em FORTRAN-90, usando a interface NetCDF para o “*Hierarchical Data Format*” (HDF), desenvolvido no “*National Center for Supercomputer Applications*” (NCSA).

O formato ODS assegura portabilidade do software e arquivos de dados entre diversos conjuntos de plataformas de hardware. Arquivos suficientemente autodescritivos pode prover várias informações adicionais sobre a observação como identificadores de sondagens e de tempo. Os arquivos ODS variam entre *pré-análise* e *pós-análise*. Um arquivo de pré-análise deveria ser produzido somente pela descompactação dos dados do sistema de pré-processamento e não conter os atributos que só podem ser providos pelo sistema de assimilação (por exemplo, a previsão de 6 horas, o valor de análise interpolado). Um arquivo pós-análise deve ser produzido pelo sistema de assimilação, tendo a mesma informação de arquivos ODS de pré-análise complementada pela informação específica de assimilação.

3.1.1 Estrutura do Arquivo

Todo arquivo ODS contém informação de cabeçalho sobre a observação informada e do próprio arquivo. Algumas das informações são internamente usadas pela biblioteca de ODS localizar, conferir e processar os dados.

- Atributos globais são parâmetros do arquivo ODS e não mostram informações sobre as observações, descritos na tabela 3.1.
- Listas contêm informação sobre índices válidos para os atributos, Tabela 3.2.

TABELA 3.1 - Atributos globais

<i>Nome do Atributo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Atual colocação</i>
source	Fonte do arquivo ODS	Data Assimilation Office
title	Título do arquivo ODS	
type	Tipo de arquivo ODS	
version	Versão do arquivo ODS	2.10
data_info	Ponto de contato	
history	Histórico dos dados	

Um arquivo ODS consiste de observações organizadas em segmentos, que contêm toda a informação da observação para uma determinada data e hora sinótica. Cada segmento é definido com a localização e o número da observação do segmento, o valor da observação tem atributos que descrevem a medida. A lista destes atributos consta da Tabela 3.3. Todos os atributos listados devem constar do arquivo ODS, para cada segmento, no caso do arquivo pré-análise, não contém o “*omf*” e o “*oma*”

TABELA 3.2 - Conjunto de listas para os atributos de observação.

<i>Nome</i>	<i>tamanho</i>	<i>Descrição</i>	<i>Veja</i>
kt names	nkt	Nomes dos tipos de dados	Tabela 5.5
kt units	nkt	Unidades dos tipos de dados	Tabela 5.5
kx names	nkx	Nomes de fontes de dados	Tabela 5.6
Kx meta	nkx	kx específicos para informação de meta-dado	Tabela 5.6
qcx names	nqcx	Significado para cada possível valor de qcexcl	Tabela 5.7

A interface de FORTRAN se refere a estes atributos de escrita/leitura para arquivar usando o software desenvolvido pela GMAO/NASA. Abaixo estão descritos:

- Latitude (*lat*), a latitude da observação, em graus, negativa no hemisfério sul, positivo no hemisfério do norte.
- Longitude (*lon*), a longitude da observação, em graus, de 180W a 180E. Devem ser codificadas longitudes ocidentais como números de negativos.

- Nível (*lev*), no caso de observações convencionais como sondagens de temperatura, este atributo recorre ao nível vertical.
- Hora da amostragem (*time*), este atributo indica o tempo que decorreu em minutos desde 0 GMT do primeiro dia de acesso. Números negativos indicam o tempo antes de 0 GMT do dia.
- *Dia Juliano*, estende de meia-noite a meia-noite GMT, onde o dia Juliano 2.440.000 é 23 de maio de 1968. Deve-se converter o tempo desde este dia até o dia dos dados.

TABELA 3.3– Lista dos atributos de dados que formam o arquivo ODS.

<i>Nome do Atributo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Fortran Interface</i>	<i>Unidades</i>	<i>Intervalo válido</i>	<i>Número “bytes”</i>
lat	Latitude	Real	degrees north	[-90,+90]	2
lon	Longitude	Real	degress east	[-180,+180]	2
level	Nível ou canal	Real	hPa/none		4
Julian	Dia juliano	Integer			1
time	Minutos do dia Juliano	Integer	minutes	[180, 65354]	2
kt	Índice do tipo de dado	Integer		[1,255]	1
kx	Índice da fonte de dado	Integer		[1,65535]	2
ks	Índice da sondagem	Integer		[1,65535]	2
xm	Índice do metadado	Real			4
qcexcl	Flag de exclusão do controle de qualidade	Integer		[0, 255]	1
qchist	Marca da história do controle de qualidade	Integer		[0, 65534]	2
obs	Valor da observação	Real	Depende do kt		4
omf	Observação menos previsão	Real	Depende do kt		4
oma	Observação menos análise	Real	Depende do kt		4

- O índice de *tipo de dado*, denominado *kt*, é um inteiro que identifica a observação, possui um índice associado a uma descrição e às unidades. Esta é a identidade de índice observável. Uma lista dos tipos de dados poderá identificar cada tipo de dados e suas unidades. A lista parcial de tipos de dados segue na tabela 3.4. A versão atual e completa desta lista deve ser incluída em cada arquivo ODS.

- O índice da *fonte da observação*, denominado kx , é um inteiro que identifica a origem da medição, possui um índice associado a uma descrição. O atributo xm de observação (índice de meta-dado) pode ser usado para identificar a estação particular que proveu a informação. A lista parcial de fontes de dados na tabela 3.5. A versão completa desta lista deve ser incluída em cada arquivo ODS.
- *Sounding index* (ks), este índice é necessário para permitir a junção de perfis que vem da mesma sondagem de uma determinada hora sinótica. O conceito de sondagem está estendido aqui também para incluir medidas de radiâncias: satélites medem radiâncias em vários canais (equivalente a níveis verticais).
- *Metadata index* (xm), pretende-se que este índice aponte a informação de meta-dado armazenada em um arquivo separado referente à fonte de dados particular.
- *Flag de exclusão* de controle de qualidade ($qcexcl$), a marca de exclusão é um inteiro que indica se uma observação será excluída da análise, e, nesse caso, por que razão. Só dados com $qcexcl = 0$ são incluídos na análise, se $qcexcl > 0$ são excluídos. Tabela 3.6.
- *Marca de história* de controle de qualidade ($qchist$), a marca de história é usada para codificar a história do processo de controle de qualidade para cada observação. Na tabela 3.7 é apresentada lista de marcas de história que são atualmente usadas.
- *Observação* (obs), este atributo contém o valor atual da observação. É definido que um perfil de temperatura a 18 níveis obrigatórios está composto de 18 observações separadas.
- *Inovação* (omf), é a observação menos previsão usada na análise estatística interpolada ao local de observação.
- *Observação menos análise* (oma), a observação menos análise interpolada ao local de observação.

TABELA 3.4 - Lista de tipos (*kt index*) de dados usados na assimilação de dados PSAS.

<i>kt</i>	<i>variável</i>	<i>unidades</i>	<i>descrição</i>
1*	us	m/sec	vento zonal de superfície (10m)
2*	vs	m/sec	vento meridional de superfície (10m)
3*	slp	hpa	Pressão ao nível do mar
4*	u	m/sec	Vento zonal de ar superior
5*	v	m/sec	Vento meridional de ar superior
6*	h	m	Altura geopotencial
7*	w	g / kg	Razão de mistura do vapor d'água
8	T	Kelvin	Temperatura
9	Td	Kelvin	Temperatura do ponto de orvalho
23*	thck	m	Thickness

*tipos utilizados na atual versão dos arquivos ODS.

TABELA 3.5 - Lista de fontes (*kx index*) de dados usados para PSAS.

<i>kx</i>	<i>Descrição</i>	<i>Tipo de dado</i>
1	Estação de superfície terrestre - 1	Synop
3	Estação de superfície marítima - 1	Ship
6	Bóia a deriva	Buoy
7	Radiossonda	Temp
8	Balão piloto de vento	Pilot
9	Radiossonda de navio	Temp-ship
16	Informação de aeronave	Airep
19	Vento por localização de nuvens	Satob
42	Retrievals de temperatura do NESDIS SH marítimo	Atovs
90	Estação de superfície terrestre de aeroporto	Metar

TABELA 3.6 - Códigos de marcas da história do controle de qualidade.

<i>Qchist</i>	<i>Descrição</i>
0	limpo
1	Flag não especificado do pré-processamento
2	OBSOLETO
3	gcm ligeiramente debaixo da terra
17	outlier wrt background
18	rh outlier wrt background
19	rhTf outlier wrt background
20	Marcado como suspeito pela "yellow List"
21	obs simulada com confiabilidade < 1

TABELA 3.7 – Códigos encontrados como marca de exclusão das observações

<i>Qcexcl</i>	<i>Descrição</i>
0	limpo
1	Flag não especificado do pré-processamento
2	Localização impossível
3	gcm sob a superfície terrestre
4	Valor da observação indefinido
5	Valor da previsão indefinido
6	Nível de observação muito alto
7	Tipo de dado passível
8	Tempo fora da janela de tempo ativa
9	Não é uma variável de análise
17	Falha de buddy check
18	Vetor de vento incompleto
20	Perfil vertical incompleto
21	extreme outlier wrt background
22	Não é uma informação de umidade relativa
23	extreme rh outlier wrt background
24	extreme rhTf outlier wrt backgroundd
25	Falha de rh buddy check
26	Falha de rhTf buddy check
27	Saturação inválida de razão de mistura
28	Umidade de temperatura suspeita
29	obs excluída pelo processo de afinamento (thinner)
30	obs com valor não físico
31	obs excluída pela "Red List"
32	obs não pode ser simulada
33	Excluída pelo PSAS

3.2 Preparação das observações e pré-seleção dos dados

Atualmente, estão implantados dois softwares distintos que geram análises do Modelo de PNT Regional Eta e para a análise do Modelo de PNT Global do CPTEC. São dois sistemas de assimilação e um software de interface para cada software, a diferença reside no fato de que o arquivo ODS para o RPSAS é um ODS de pós-análise, ou seja, um arquivo em que consta o atributo *omf*. A documentação desta interface está descrita em relatório técnico interno da documentação da interface e em Cintra e Aravéquia, 1998.

A partir de arquivos em formato BUFR, os arquivos de dados globais divididos em tipos/subtipos, conforme Tabela 3.8, são reunidos em janelas de tempo de 6 horas, tendo a hora sinóptica como hora central.

TABELA 3.8– Tipos/Subtipos de dados em formato BUFR.

<i>Categoria</i>	<i>descrição</i>	<i>Bufr tipo</i>	<i>Bufr subtipo</i>	<i>Categoria</i>	<i>descrição</i>	<i>Bufr tipo</i>	<i>Bufr subtipo</i>
Superfície terrestre	Synop-land	0	1	Ar superior	Satob sec 2	5	82
	Synop (auto)	0	3	Satélite goes	Satob sec 3	5	83
	Synop ship abbr	1	9		Satob sec 4	5	84
Superfície marítima	Synop ship	1	11		Satob sec 5	5	85
	Synop ship rec2	1	12	Sondagens verticais (não Satélite)	Pilot	2	91
	Synop ship (a)	1	13		Pilot ship	2	92
	Synop ship (a) 2	1	14		Temp land	2	101
	Synop ship red	1	19		Temp ship	2	102
	Buoy/ drifter	1	21		Temp drop	2	103
	Bathy	1	22	oceanográficos	Dribu/buoy	31	131
Sondagens verticais (satélite)	Tesac	1	23	Ar superior	Codar	4	141
	ATOVS	3	55	Nível simples (não Satélite)	Airep	4	142
	Satem-500 km ll	3	61		Colba	4	143
	Satem-500 km w	3	62		Amdar	4	144
	Satem-500 km hl	3	63		Acar	4	145

3.2.1 Arquivos de entrada para o GPSAS

Os arquivos de dados globais são reunidos em janelas de tempo de 6 horas, tendo a hora sinótica como hora central, o corte da recepção dos dados (cutoff) é feito com 2:30 horas depois do ultimo horário da janela de tempo. Por exemplo, para reunir observações para gerar o arquivo da análise da hora sinótica 12Z, com janela de -3 horas e +3 horas, que seria das 9:00 às 14:59 hs., o cutoff é feito às 17:30 horas, e todas as observações daquela janela de tempo que forem recebidas após este arquivamento, não entram para a análise. Existem dois programas distintos que criam arquivos ODS pré-análise, ambos partem de arquivos em formato BUFR: arquivo ODS de dados convencionais e dados de vento de satélite e arquivo ODS de dados ATOVS.

3.2.1.1 Arquivo ODS de Dados Convencionais e Dados de Vento de Satélite

O programa *bufr_to_gods.x*, faz leitura do arquivo de observações e verifica o “flag” do controle de qualidade das observações, para obter as observações com confiabilidade maior que 40%. Este é um critério de pré-seleção, pois a observação será verificada novamente no controle de qualidade do GPSAS. As observações são trabalhadas de acordo com cada tipo/subtipo do dado informado pelo BUFR, conforme a tabela 3.8.

- Para os *dados de superfície* – observações SHIP e BUOY informam ventos (direção e velocidade) sobre os oceanos, e geram componentes de ventos. Observações SYNOP e METAR geram pressão reduzida ao nível do mar para as

observações de superfície terrestre para o ODS. Os níveis destas observações são assinalados com 2000 hPa (somente referência para o PSAS).

- O programa está preparado para obter observações de pressão reduzida do mar das informações de PCD (BUFR tipo 0, subtipo 7), assim que as mensagens estiverem codificadas com o controle de qualidade.
- Para os *dados de ar-superior* - observações TEMP informam direção e velocidade do vento, geopotencial, temperatura e temperatura do ponto de orvalho, geram para o ODS vento zonal e meridional, altura geopotencial e razão de mistura do vapor d'água, para todos os níveis medidos. As observações de aeronaves geram componentes do vento e altura geopotencial nos níveis informados.
- Para os *dados de satélite Geoestacionário* – observações SATOB geram componentes de ventos para cada nível observado.
- Para os *dados de satélite NESDIS* - observações SATEM (produto de resolução 500 km) informam temperatura e temperatura do ponto de orvalho para gerar altura geopotencial a partir das sondagens de temperatura para diversos níveis.

Conversões de variáveis foram necessárias para adequar as observações às necessidades da entrada de dados do processo de assimilação de dados:

- Direção e velocidade do vento são medidas por instrumentos meteorológicos de superfície e de altitude. Direções são medidas do Norte. O vetor deve ser decomposto em duas componentes de fluxo ortogonais, u e v . u é conhecido como vento zonal e é positivo em direção a Leste. v é o vento meridional e é positivo de Norte. E devem ser computados como:

$$u = - S \cos(d) \quad (3.1)$$

$$v = - S \sin(d) \quad (3.2)$$

sendo S a velocidade do vento em $m\ s^{-1}$ e d a direção em graus.

- A informação de altitude deve servir para informação de nível de pressão, para isto, foi criada uma função que faz interpolação logarítmica da altura informada

com variáveis de níveis de pressão pré-determinados e de alturas geopotencial também pré-determinadas, e assim encontrar a pressão correspondente.

Pressão = {101325, 89874, 79495, 70108, 61640, 54019, 47181, 41060, 35599, 30742, 26436, 19330, 14101, 10287, 7505, 5475, 2930, 10586, 0868}

Altura geopotencial = {0.0, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000, 14000, 16000, 18000, 20000, 24000, 28000, 32000}

- A altitude da radiossonda é reportada em unidades de geopotencial sobre o nível médio do mar. A elevação da estação deve ser a posição geométrica inspecionada, e será convertida a altura de geopotencial. Geopotencial, designado ϕ , é a energia potencial de uma parcela do ar de massa unitária, sendo que o seu valor referencial de zero encontra-se, em geral, no nível médio do mar. Geopotencial é:

$$\phi = \int_0^z g dz \quad (3.3)$$

- As unidades são $m^2 s^{-2}$. A unidade mgp (metro geopotencial) é definida como uma re-escala geopotencial, e é dado por:

$$h = \frac{1}{9.80665} \int g(z) dz \quad (3.4)$$

$$1 \text{ mgp} = 981 \text{ cm s}^{-2} \times 100 \text{ cm} = 9,81 \times 10^4 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2} = 9,81 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

A altura geopotencial é obtida dividindo o geopotencial pela aceleração de gravidade referencial do planeta (g), considerado como a constante (9,81) ao longo da vertical em toda camada. Esta re-escala é adotada no programa.

As informações reportadas pelas radiossondas são *temperatura* e *temperatura do ponto de orvalho* que serão convertidas em *razão de mistura do vapor d'água*. A razão de mistura (r) é a medida da quantidade de vapor d'água que uma parcela de ar contém, calculada através da seguinte equação:

$$r = 0.622 \cdot e/(p-e) \quad (3.5)$$

onde “ p ” é a pressão atmosférica (hPa), “ e ” a pressão de vapor (hPa):

$$e = T_d \cdot e_s / 100 \quad (3.6)$$

sendo “es” a pressão de saturação do vapor em (hPa), definida como

$$es = 6.11 \cdot \exp(10 \cdot (7.5 \cdot T) / (237.3 + T)) \quad (3.7)$$

onde T_d é a temperatura em ponto de orvalho e T é a temperatura do ar em graus K. Estas equações foram colocadas em uma função “*mixratio*”, onde os argumentos são as variáveis T e T_d das radiossondas. (Vianello, 1991). O PSAS utiliza razão de mistura (r) para calcular o incremento de umidade, que depois será transformada para umidade específica (q) para compor o campo de análise.

3.2.1.2 Arquivo ODS de dados satélite ATOVS

O segundo programa desenvolvido *atovs_to_ods.x*, utiliza arquivo de dados ATOVS adquiridos preferencialmente através do NESDIS, também agrupado em janela de 6 horas. Este arquivo, tem informações BUFR *tipo 3, subtipo 55*. Para atribuir o (*kx 33 a 56*) verifica-se o perfil de acordo com o hemisfério, horário, continente, se é observação de céu claro ou com nuvens. Para cada perfil deve-se adicionar o atributo “*ks*” para identificar os pedaços de observação como sendo de determinado perfil. Estes perfis são dados reconstituídos de radiâncias de satélite, recebidos como temperatura (T), em graus Kelvin e razão de mistura (r), em gramas de vapor por gramas de ar úmido, para um determinado nível de pressão. Estas variáveis não são assimiladas no GPSAS então foram codificadas as necessárias conversões. As variáveis T e r são transformadas em espessura e em seguida em altura geopotencial, utilizando a equação Hipsométrica. Essa equação é uma aplicação importante da equação do balanço hidrostático. A equação Hipsométrica relaciona a espessura entre duas superfícies isobáricas com a temperatura, verticalmente mediada entre esses dois níveis.

As transformações foram programadas para obter os perfis de altura geopotencial. Inicialmente obtendo os perfis de temperatura (T) e umidade (r), converte-se para *Temperatura Virtual* (T_v) iniciando do topo (1.0 hPa) da atmosfera até 1000 hPa. A T_v é a temperatura do ar seco à mesma densidade do ar úmido, com a mesma pressão. O ar úmido é menos denso que o ar seco; portanto, a temperatura virtual é sempre maior que a temperatura real. Contudo, mesmo para ar seja muito quente e úmido, a temperatura virtual excede a temperatura real apenas por poucos graus. Calcula-se T_v utilizando a seguinte fórmula:

$$T_V = T(1 + 0.608 \cdot r) \quad (5.8)$$

onde T e r são as variáveis informadas pelos perfis do ATOVS para um determinado nível de pressão, com T e T_V em graus K absolutos e r em (g/g). Não recebemos a informação de T_V para o nível de 925 hPa e este nível é requerido pelo GPSAS, e então a interpolação logarítmica do nível 920 hPa e 950 hPa, para obter a T_V do nível requerido. Deseja-se obter o perfil de *altura geopotencial* com o perfil de temperatura virtual calculado; a partir da superfície até ao topo da camada (ordem inversa), utiliza-se equação Hipsométrica (5.9) que descreve a relação entre a pressão e a altitude na atmosfera, e possibilita calcular a espessura de camadas atmosféricas que possuam perfil de temperatura virtual linear:

$$\ln \frac{p_{i+1}}{p_i} = -\frac{g\Delta h}{R^* T_{VM}} \quad (5.9)$$

onde p é a pressão em hPa; g é a aceleração da gravidade (padrão), igual a 9,80665, de acordo com as normas da OMM; R^* é a constante dos gases para o ar seco, igual a 287,04 m² s⁻²K⁻¹; T_{VM} é a temperatura virtual média da camada, igual a $[T_V(i+1) + T_V(i)] / 2$ em graus K; e Δh é a espessura da camada em metros; e i refere-se ao índice dos níveis. A espessura é designada para cada nível superior da camada em metros geopotenciais e pode ser somada para se obter a altura geopotencial h para cada nível de pressão. Então,

$$h_n = \sum_i^n \Delta h_i . \quad (5.10)$$

Assim que calculada a altura geopotencial requerida pelo sistema de assimilação, faz-se o somatório do Δh_i , partindo do primeiro nível 950 hPa informado, até o topo do perfil 0,4 hPa, totalizando 40 níveis. Estes perfis recebem o $kt = 23$; apesar do valor informado ser altura geopotencial, o atributo é de espessura, devido à correção do primeiro nível da superfície (1000 hPa), a este perfil será adicionado o valor da altura indicada pela previsão de 6 horas no programa “*Tovs_Anchor*” do PSAS. Para esta “ancoragem” dos dados ATOVS, deve ser atribuída a informação de meta-dado, com nível de referência que deverá ser corrigido no perfil todo.

Com a obtenção de perfis de altura geopotencial, em 40 níveis de pressão, para cada ponto de latitude/longitude informado. Obtém-se um número muito denso de

observações, por exemplo, para a quantidade de 30.000 pontos de observação ATOVS em média por horário sinótico, resultam aproximadamente 1.200.000 observações, (o que excede aos limites da implementação). Para atender à exigência do algoritmo, que espera um vetor de observações da ordem de 10^5 , utilizaram-se alguns critérios de pré-seleção: no primeiro foram selecionadas as observações dos 21 níveis de pressão utilizados no GPSAS (925 850 700 500 400 300 250 200 150 100 70 50 30 20 10 7 5 3 2 1 0.4). O número de observações mesmo após esta seleção, ainda não é satisfatório para a implementação do código atual. O segundo critério foi diminuir a quantidade escolhendo um ponto sim outro não, acompanhando a passagem (órbita) do satélite. Com estes critérios de pré-seleção obtém-se aproximadamente de 300.000 observações de ATOVS para a assimilação. Calcula-se então, o dia Juliano, atribui-se as colunas *Julian e time* e se faz a gravação do arquivo para entrada do GPSAS. Com este método foram obtidos dados consolidados em arquivos ODS pré-análise.

Futuramente serão necessários estudos mais aprofundados de pré-seleção destes dados. Em alguns centros somente 15% dos dados de satélite são utilizados, seria interessante conhecer a teoria que envolve os critérios de outros centros operacionais de Previsão Numérica do Tempo e avaliá-los na sua possível aplicação. Podem ser utilizados outros critérios como correção de “bias” (erros sistemáticos) diagnosticados com alguns resultados das análises ou comparação com observações convencionais, ver em Ferreira, 2003 e Janvien, 1999.

3.2.1.3 Arquivo ODS de Dados Convencionais Não Operacionais.

Para incorporação de informações de radiossondas, coletadas no experimento de campo do projeto SALLJEX de janeiro de 2003 na assimilação de dados utilizando o GPSAS e obter re-análises do modelo global, foram desenvolvidos dois programas: *lê_rs.x*, programa que prepara as informações colocando-as em formato intermediário, a partir da leitura do arquivo tipo planilha com dados coletados; e o segundo programa *rs_to_gods.x*, que a partir do arquivo em formato intermediário criado pelo programa anterior, obtém-se um arquivo ODS pré-análise, possibilitando a inclusão deste arquivo com dados adicionais em conjunto com os outros arquivos ODS de dados convencionais e dados de satélite.

Neste segundo programa, as informações disponíveis foram de geopotencial, temperatura (T) e temperatura no ponto de orvalho (T_d), direção e velocidade do vento para cada nível informado. Foram feitas as transformações de geopotencial para altura geopotencial (h), de T e T_d para r conforme descrito no programa *buf_r_to_gods.x*. As observações transformadas são gravadas no arquivo intermediário, que lidas, pelo segundo programa, são gravada no formato ODS pré-análise. Os resultados podem ser conferidos em Herdies, 2003.

Para inclusões de novos dados na assimilação, estes programas poderão ser utilizados, somente será necessário criar ou alterar um programa que obtém o formato intermediário de novos tipos de dados.

3.2.2 Arquivos para o RPSAS (Regional PSAS)

Para o sistema RPSAS foi desenvolvido programa-interface “*buf_r_to_ods.x*”, que gera um arquivo ODS pós-análise para entrada do sistema de assimilação para gerar condições iniciais para o modelo regional Eta, sistema que roda operacionalmente no CPTEC. Ver o método e a implementação deste programa em Cintra e Aravéquia, 1998. A diferença fundamental consiste na interpolação do modelo Eta, para obter o *omf*. E os perfis de satélite utilizados são provenientes da Divisão de Satélites Ambientais DSA/CPTEC/INPE, são perfis de temperatura virtual em 15 níveis de pressão. Os perfis de temperatura e umidade são reconstituídos pelo ITPP5 (Internacional TOVS Processing Package), desenvolvido na Universidade de Wisconsin/EUA ou ICI, convertidos e repassados para a rotina de assimilação de dados diretamente. As informações de temperaturas virtuais recebidas do DSA são lidas de um arquivo intermediário, pelo programa *buf_r_to_ods.x* e são computadas as devidas conversões para altura geopotencial. Para obtenção dos perfis de altura geopotencial foi também utilizada a equação Hipsométrica (5.9) e os cálculos de h (kt 23) foram feitos como descritos anteriormente.

A mesma equação foi utilizada para obtenção de “pseudo-heights”, ou seja, transformação das variáveis de pressão ao nível do mar para altura geopotencial de 1000 hPa, utilizando a informação de temperatura lida do modelo Eta.

Outra transformação particular do RPSAS é devido ao fato do modelo Eta ter a informação de temperatura (T) e temperatura em ponto de orvalho (T_d), estas informações de radiossondas são utilizadas e interpoladas para obter (r), equação (5.5), a razão de mistura do vapor d'água, a informação de umidade desta versão do software.

3.2.2.1 Arquivo para Dados Regionais Não Operacionais

Para incluir observações de experimentos como radiossondas do LBA (1999) foi desenvolvido um programa *rs_to_ods.x*, onde são lidos arquivos tipo planilha em caractere com as informações de nível coletado, e são transformadas em arquivo intermediário não formatado. Este arquivo é lido pelo programa "*bufr_to_ods.x*" modificado, as variáveis de altura geopotencial (h), temperatura (T), temperatura do ponto de orvalho (T_d) e direção e velocidade do vento são lidas e transformadas (conforme foi descrito no programa *bufr_to_gods.x*). O *bufr_to_ods.x* foi modificado para ler as observações não operacionais e cria-se um arquivo único em conjunto com as observações disponíveis na rotina operacional do sistema de pré-processamento de dados do CPTEC, para data do experimento ao qual se fez o estudo. Os resultados estatísticos das observações foram apresentados na *II conferência do LBA* que ocorreu em julho de 2002 em Manaus (Cintra & Tota, 2002).

3.2.3 Ferramenta de Visualização ODSVIEW

Para visualização das observações dos arquivos binários HDF em formato ODS, foram desenvolvidos alguns programas que criam uma ferramenta de visualização de arquivos ODS (para os arquivos regionais e globais). Estes programas lêem as informações, classifica-as por tipo de observação e gera arquivos (*station data*) para serem visualizadas utilizando o software GrADS (Grid Analysis and Display System), uma ferramenta interativa de fácil manipulação, e visualização de dados (<http://grads.iges.org/grads>). O programa *odsview* foi desenvolvido utilizando a biblioteca *odslib.x* (proveniente da GMAO/NASA) para leitura das observações; as informações foram ordenadas e divididas por instrumento, ou seja, tipo de observação (kx), e por perfil ou ponto da grade desestruturada das observações. Para cada observação, foram gravados os valores das observações *obs* e os valores do *omf* e *oma* (no caso do ODS pós-análise). Para visualização dos arquivos foi desenvolvido um

programa em linguagem específica interpretada pelo GrADS, que disponibiliza a imagem de sua distribuição espacial.

A figura indicará a quantidade de pontos de estação (para os tipos de dados) que entrarão ou entraram na assimilação de dados. Para os arquivos pós-análise que possuem as marcas de controle de qualidade. As observações rejeitadas são apresentadas em cores diferenciadas, e as observações re-aceitas (pelo buddy check) também, para cada tipo de dado. Para cada observação podem ser localizadas a latitude e longitude do ponto de observação solicitado. Esta ferramenta poderá auxiliar no monitoramento das observações quanto à aceitação e controle de qualidade do sistema de assimilação de dados.

Na tabela 3.8, está resumido os programas desenvolvidos para a preparação e manipulação de dados observacionais para o sistema de assimilação de dados GPSAS.

TABELA 3.9 – Tabela de programas da interface pré-processamento/assimilação de dados.

<i>Programa</i>	<i>Função</i>
<i>bufr_to_gods.x</i>	cria arquivo ODS <i>pré-análise</i> para o GPSAS, de observações convencionais e dados de satélite, a partir de dados operacionais.
<i>atovs_to_gods.x</i>	cria arquivo ods <i>pré-análise</i> para o gpsas, de observações de satélite atovs, a partir de dados recebidos do nesdis.
<i>le_rs.x</i>	cria arquivo intermediário que lê observações de <i>radiossondas</i> não operacionais, em formato caractere ASCII.
<i>rs_to_gods.x</i>	cria arquivo ODS <i>pré-análise</i> para o GPSAS, de radiossondas, a partir de arquivo intermediário criado por <i>le_rs.x</i>
<i>bufr_to_ods.x</i>	cria arquivo ODS <i>pós-análise</i> para o RPSAS, de observações convencionais, a partir de dados operacionais, e de perfis reconstituídos de temperatura virtual provenientes do DSA.
<i>rs_to_ods.x</i>	cria arquivo ODS <i>pós-análise</i> para o RPSAS, de observações convencionais, a partir de dados operacionais, e de radiossondas não operacionais provenientes de arquivo intermediário.
<i>odsview</i>	visualiza arquivos ODS <i>pré-análise</i> e <i>pós-análise</i> , quanto a distribuição de dados. Existe uma versão para o RPSAS e outra para o GPSAS, devido o domínio a ser mostrado e ao tipo de arquivo de entrada ser pós-análise e obter o atributo <i>omf</i> .

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 Distribuição Espacial dos dados de arquivos ODS

Foram criados arquivos ODS para iniciar os ciclos de assimilação de dados, com dados recebidos do GTS/INMET e NESDIS. As figuras foram geradas utilizando a ferramenta *ODSview*. Os resultados mostrados são de arquivos criados para análises das 12 horas, e representam um dia típico de observações recebidas. As Figuras 4.1 e 4.2 apresentam a distribuição espacial global destas observações.

TABELA 4.1 – Quantidade de observações ODS do dia 01.01.2004.

<i>Tipo de observação</i>	<i>Figura 3.1</i>	<i>Quantidade de observ.</i>	<i>Tipo de observação</i>	<i>Figura 3.1</i>	<i>Quantidade de observ.</i>
synop	(a)	4833	pilot	(e)	1130
ship	(b)	539	airep	(f)	3590
buoy	(c)	680	satob	(g)	1503
temp	(d)	502	atovs	(h)	8481

TABELA 4.2 – Quantidade de observações ODS do dia 12.07.2004.

<i>Tipo de observação</i>	<i>Figura 3.2</i>	<i>Quantidade de observ.</i>	<i>Tipo de observação</i>	<i>Figura 3.2</i>	<i>Quantidade de observ.</i>
synop	(a)	10895	pilot	(e)	795
ship	(b)	704	temp	(f)	556
buoy	(c)	662	atovs	(d)	10099

Os arquivos ODS pós-análise podem ser visualizados também na ferramenta *ODSview*, Para estes arquivos, as observações podem ser visualizadas em determinados níveis, destacando em *vermelho*, as observações *rejeitadas*, em *verde*, as observações *suspeitas*, mas aceitas pelo “*buddy CQ*”, e destacadas em *azul* as observações aceitas sem restrições. Na Figura 3.3, os pontos da observação de altura geopotencial para o mesmo dia (01.01.2004 12Z) das informações entrantes acima, são apresentados.

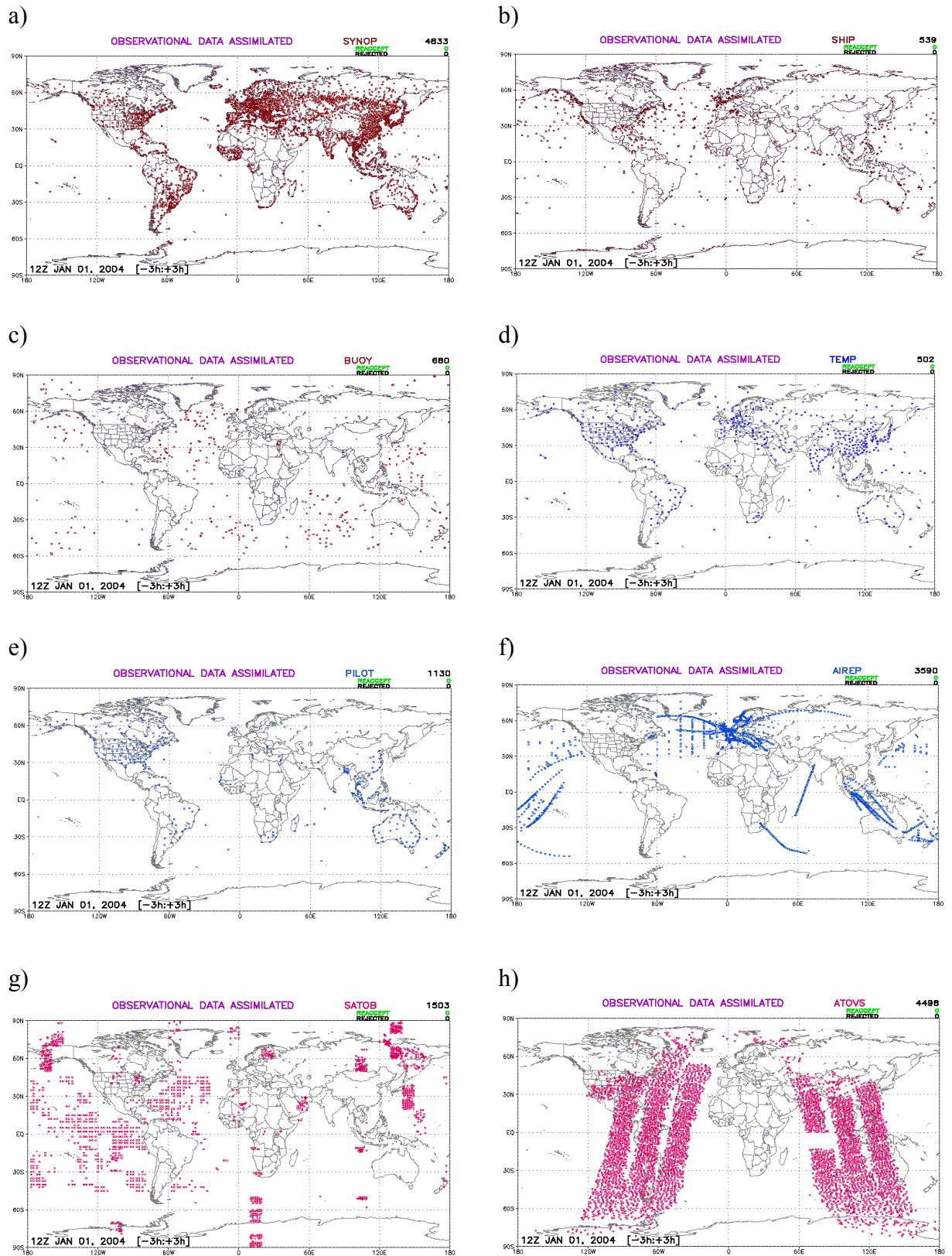


FIGURA 4.1 – Distribuição de dados globais em arquivos ODS *pré-análise* dados de superfície em (a), (b), (c) e; dados de ar-superior em (d),(e), (f) e dados de satélite em (g) e (h) satélite, para o dia 01 de janeiro de 2004, 12 UTC

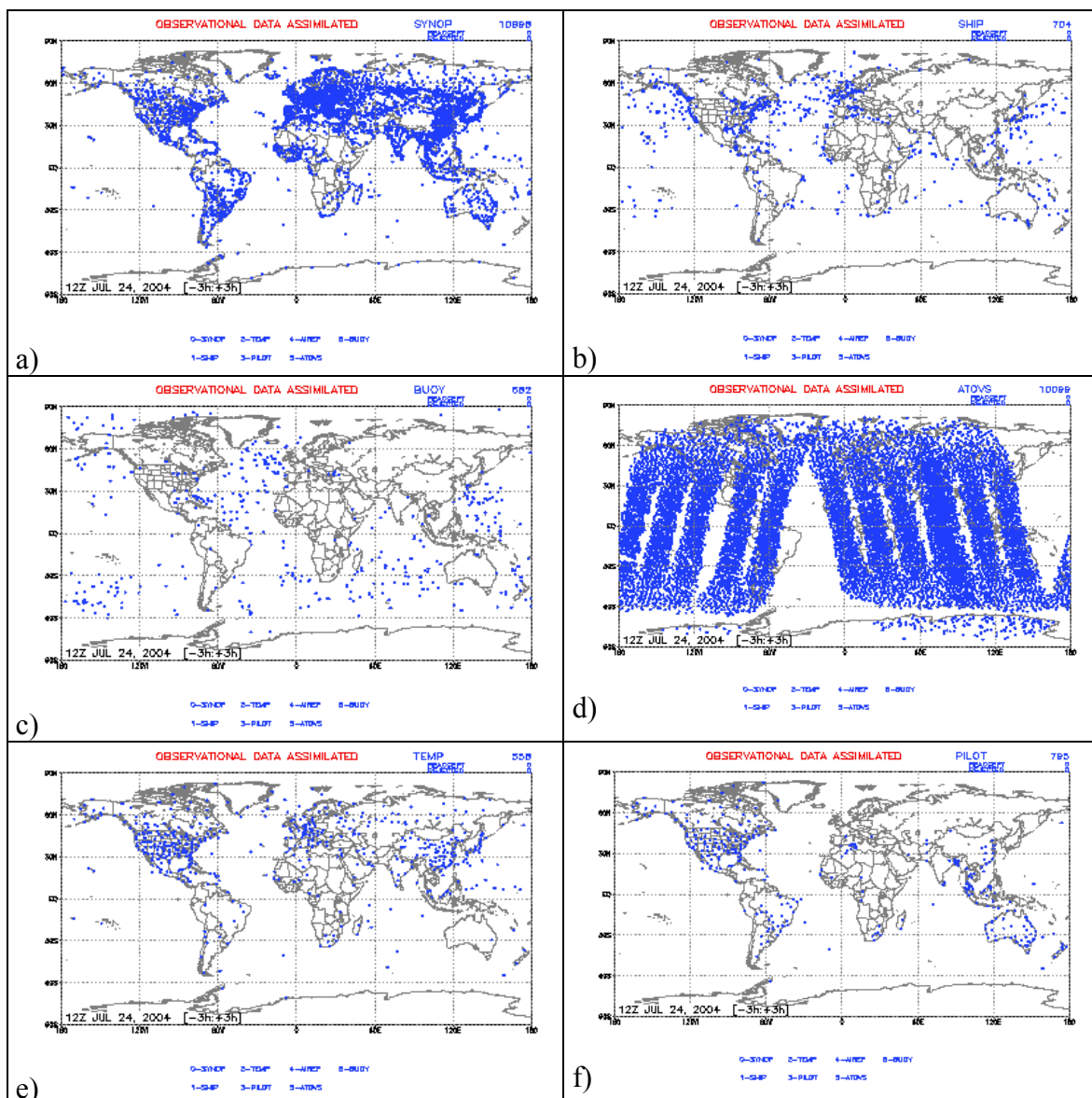


FIGURA 4.2 – Distribuição de dados globais em arquivos ODS *pré-analise* dados de superfície em (a), (b), (c) e; dados de satélite em (d) e dados de ar superior em (g) e (h), para dia 12 de julho de 2004.

TABELA 4.3 – Quantidade de Observações Aceitas, Re-aceitas e Rejeitadas

<i>Níveis de pressão</i>	<i>aceitas</i>	<i>reaceitas</i>	<i>rejeitadas</i>	<i>Figura 3.3</i>
250 hPa	351	346	1	(a)
500 hPa	380	305	3	(b)
850 hPa	395	295	11	(c)
1000 hPa	171	292	19	(d)

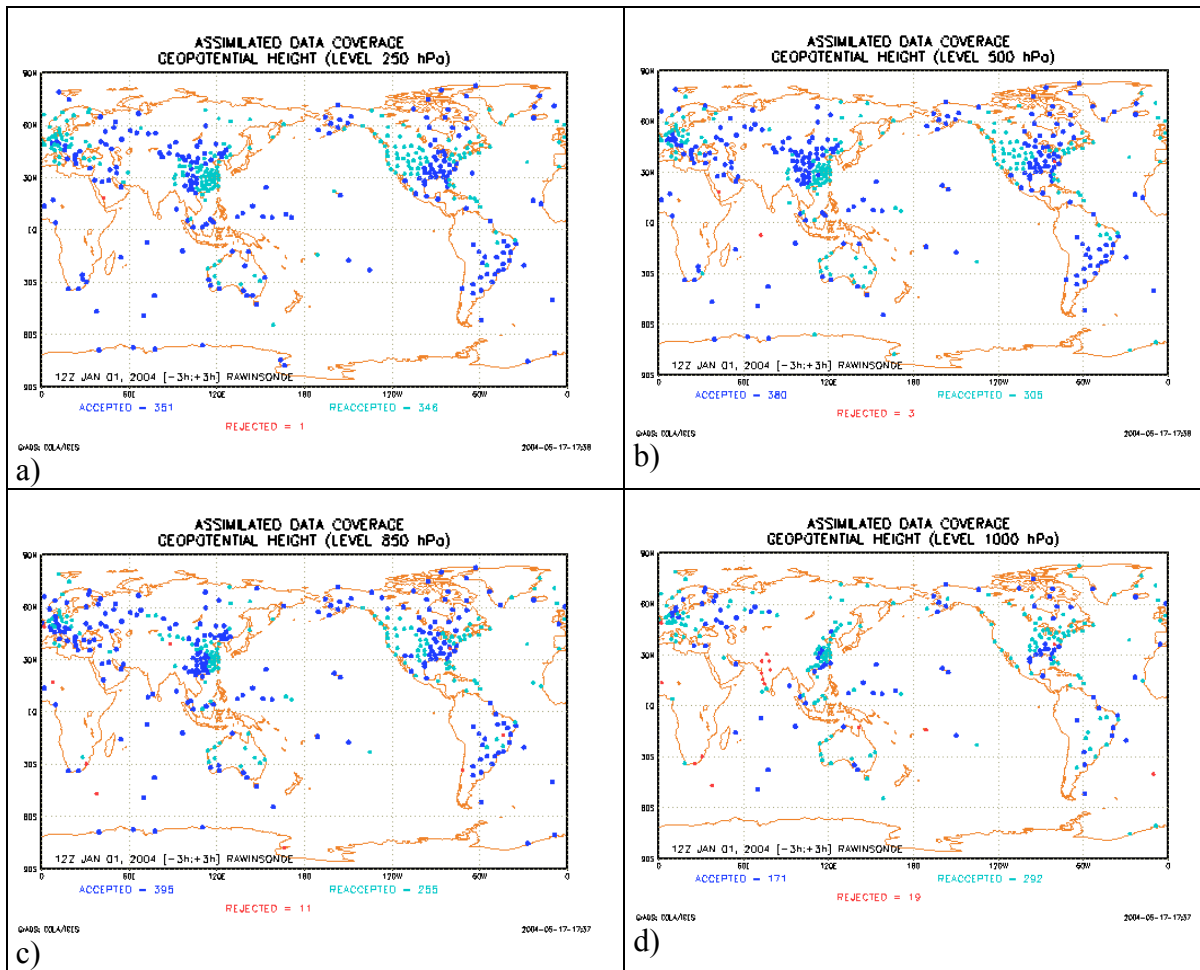


FIGURA 4.3 – Observações do arquivo ODS pós-análise com marca de controle de qualidade; distribuição global das observações de altura geopotencial.

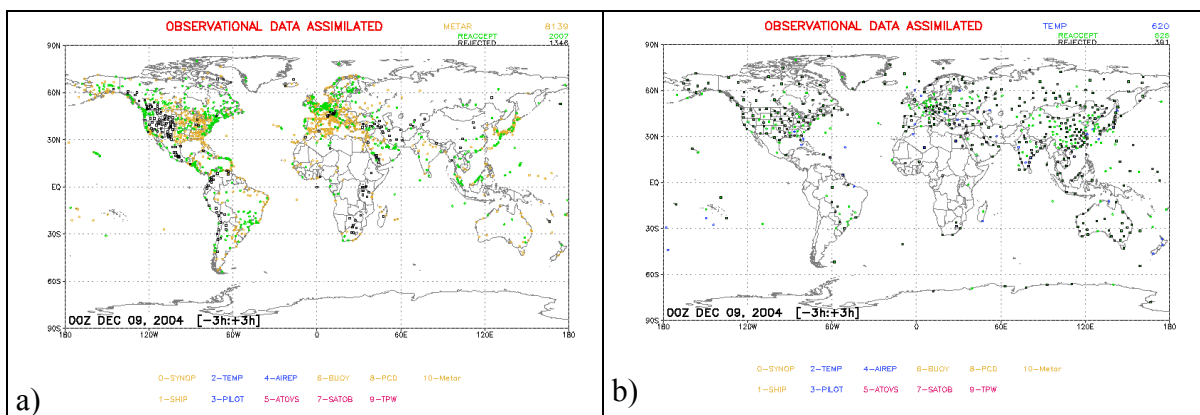


FIGURA 4.4 – Cobertura de dados de arquivos pós-ODS verificando a marca de controle de qualidade a) para observações METAR e b) para observações de radiossondas em todos os níveis.

A recepção de dados através do NESDIS, como foi descrito, é uma alternativa para resolver o problema da falta destes sobre a América do Sul, existente nos dados recebidos do GTS/INMET. Preferencialmente adquirimos os dados da primeira fonte, mas se não são adquiridos por algum motivo, temos preparado na rotina de aquisição de dados, decodificar os dados do INMET com os mesmos “retrievals” preparados pelo DAS, onde obteremos um arquivo com cobertura quase completa.

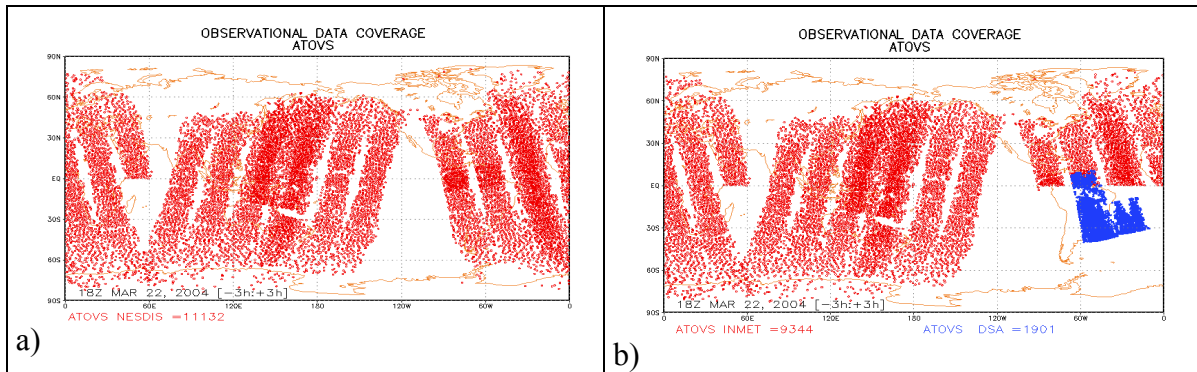


FIGURA 4.5 - Cobertura de dados globais em arquivos ODS pré-analise: dados ATOVS, a) proveniente do NESDIS e b) provenientes do INMET e DSA/INPE.

Arquivos ODS de dados locais de superfície provenientes das PCD/SCD/INPE e dados de ar-superior do satélite GOES provenientes do DSA/CPTEC/INPE, foram preparados para serem inseridos na assimilação de dados do sistema PSAS e estão em avaliação.

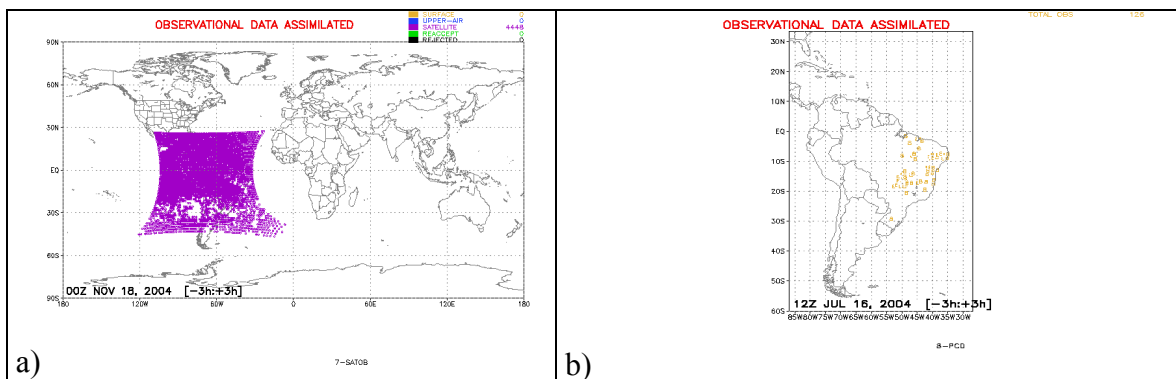


FIGURA 4.6 - Distribuição de dados em arquivos ODS pré-analise: (a) dados de ventos de satélite processados localmente no CPTEC para o dia 1º de novembro de 2004 e; (b) dados de superfície processados de PCD do sistema SCD para dia 12 de julho de 2004

4.2 Utilização dos Dados dos Arquivos ODS

Dados de experimentos com coleta de radiossondas foram incluídos na assimilação de dados. Dados coletados no experimento LBA de 1999, foram utilizados na assimilação do RPSAS com arquivos em formato ODS., com Resíduos de observação-menos-previsão (*omf*) e de observação-menos-análise (*oma*), constante dos arquivos ODS, foram avaliados para mostrar que o erro do *oma* é menor que o *omf*, indicando a correção da previsão em direção à observação. O número de observações apresentado na Figura 4.7 é superior a 2500, devido à inclusão das observações do experimento LBA em janeiro de 1999, na janela de tempo de seis horas, o experimento possui observações de radiossonda de 3 em 3 horas ou menos.

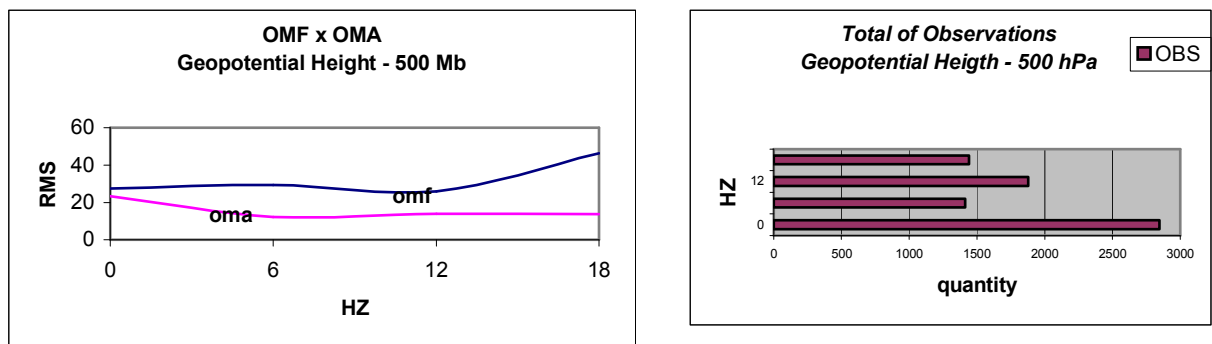


FIGURA 4.7 – Erro quadrático médio dos resíduos de *omf* e *oma* para variável de altura geopotencial ao nível de 500 hPa e número de observações que entraram no sistema RPSAS em janeiro de 1999.

A estatística do erro quadrático médio dos resíduos foi necessário para a avaliação do GPSAS, na Figura 4.8 pode-se avaliar esta série temporal para o período de outubro de 2004, que apresenta o erro do *oma* é menor que o *omf* em todo o período, confirmando a estabilidade do sistema de assimilação de dados. Este resultado foram apurados a partir dos arquivos gerados para a ferramenta ODSview.

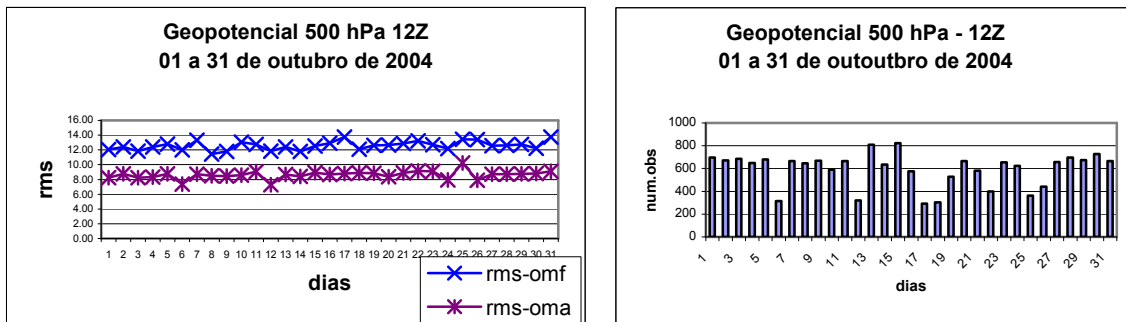


FIGURA 4.8 – Erro quadrático médio dos resíduos de *omf* e *oma* para variável de altura geopotencial ao nível de 500 hPa, e número de observações que entraram no sistema GPSAS em outubro de 2004.

Outra maneira de verificar as observações que entraram para a assimilação de dados é verificando o arquivo de saída do programa com os atributos do ODS. Veja exemplo:

```

ana: read ODS file(s), nobs = 325655

Observer: 91128 observations have been "red-listed"
PSAS_QC: moved 171621 quality-controlled observations to front of list
PSAS_QC: 325655 qc marks checked on output

Kx = 1      kt = 3      0      4319
Kx = 3      kt = 1      0      1257
           kt = 2      0      1257
           kt = 3      0      1286
Kx = 6      kt = 1      0      130
           kt = 2      0      130
           kt = 3      0      954
Kx = 7      kt = 4      5683   13239
           kt = 5      5683   13239
           kt = 6      6044   16503
           kt = 7      2996   16513
Kx = 8      kt = 4      569     8513
           kt = 5      569     8513
Kx = 9      kt = 4      28      128
           kt = 5      28      128
           kt = 6      23      69
           kt = 7      14      80
Kx = 16     kt = 4      155     352
           kt = 5      155     352
Kx = 17     kt = 4      253     3317
           kt = 5      253     3317
Kx = 19     kt = 4      298     551
           kt = 5      298     551
Kx = 33     kt = 6      28079  44226
Kx = 34     kt = 6      15857  24082
Kx = 39     kt = 6      38962  58527
Kx = 40     kt = 6      65674  98784
Kx = 90     kt = 3      0      5338
Kx = *** ALL KXs
kt = 1      0      1387
kt = 2      0      1387
kt = 3      0      11897
kt = 4      6986   26100
kt = 5      6986   26100
kt = 6      154639  242191
kt = 7      3010   16593
kt = *** ALL KTs 171621 325655

```


CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

A Assimilação de Dados atmosféricos é um campo de estudo das ciências da terra que gera uma estimativa do estado da atmosfera num determinado tempo, através da combinação de uma previsão de tempo curta, fornecida por um modelo e de observações, ou seja, dados meteorológicos de diferentes fontes, no mesmo instante de tempo, o resultado é atualmente, o principal meio para fornecer condições iniciais para modelos de PNT.

Com estes métodos desenvolvidos para preparação dos dados de observação, obtivemos arquivos consistentes e adequados para serem inseridos no ciclo de assimilação de dados implantado no CPTEC. Estes arquivos são o componente observacional que propiciará ao CPTEC obter de análise própria para o centro, independência de condição inicial para o modelo e independência de dados para a de geração de suas análises. Não há como realizar assimilação de dados sem os dados. O método propicia a capacidade de manipular a entrada de dados para pesquisas em assimilação. O método utilizado atentou para necessidade de obtenção das variáveis de estado para o sistema de análise e para atender as necessidades do sistema estatístico de análise objetiva em espaço físico PSAS, utilizando a estrutura de arquivos requerida por ele. A realização deste trabalho deve-se a instalação do sistema de assimilação de dados GPSAS no CPTEC e a avaliação feita através dos resultados adquiridos.

Para obter os dados em tempo real para o sistema de assimilação, foi necessário rever os tipos de observações recebidas no centro, as definições que a eles eram aplicadas no sistema de pré-processamento e entendimento da pré-seleção de dados e como estes dados devem ser organizados para o sistema de assimilação de dados implantado. Seja qual for o algoritmo usado em assimilação, não são assimiladas todas as observações disponíveis. Verificou-se que é necessário especificar cada pedaço da informação, usado na assimilação, e o relacionamento de cada pedaço com as variáveis estimadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atlas, R. Atmospheric observations and experiments to asses their usefulness in data assimilation. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 75, n. 1B, p. 111-130, Apr. 1997.

Cintra, R. e Aravéquia, J. A.: Apresentação do método de geração de dados para assimilação do modelo ETA/CPTEC. In: Congressos Brasileiros de Meteorologia, 10. e Congresso da FLISMET, 8., 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: SBMET,1998. 1 CD-ROM.

Cintra, R., Bottino, M., Aravéquia, J. A., Bonatti, J. P.: Avaliação dos campos de pressão ao nível do mar e altura geopotencial gerado pela assimilação de dados em modelo regional de previsão numérica de tempo usando um sistema estatístico em espaço físico de análise objetiva. Congresso Latino Americano e Ibérico de Meteorologia, 9. e Congresso Argentino de Meteorologia, 2001, Buenos Aires, Argentina. **Anais...** Buenos Aires: Biblioteca Nacional, 2001. 1 CD-ROM

Cintra, R., H F. Campos Velho. Preparação de dados de observação para o sistema de assimilação de dados do CPTEC. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13., Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Noix, 2004. 1 CD-ROM.

Daley, R. **Atmospheric data analysis**. New York: Cambridge University Press, 1991.

Espinoza E.S., R. Cintra, D. L. Herdies, J.A. Aravéquia, J. P. Bonatti, J. Bustamante, J.L. Gomes, S. H. S. Ferreira e W. F. A. Lima. Sistema de assimilação ETA/RPSAS. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12., Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal: Fábrica da Palavra,2002. p.3490-3505. 1 CD-ROM.

Herdies, D.; Ferreira,S.H.; Bonatti,J. P.; Cintra, R.; da Silva,Arlindo. O sistema de assimilação de dados atmosféricos global do CPTEC/INPE. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 12., Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal: Fábrica da Palavra,2002. p.4028-4034. 1 CD-ROM.

Herdies, D. L; Cintra, R.; Aravéquia,J. A.;Cavalcanti, I. F. A: Data assimilation at CPTEC/INPE during the period of SALLJEX. In: International CLIVAR Science Conference, 1., 21-25 June 2004, Baltimore, USA. **Abstracts...** Disponível na biblioteca

digital URLib: <clivar2004.org/Monsoon_FinalOrder-v2.pdf > Acesso em: 21 fev. 2005.

Kalnay, Eugenia **Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predicability**. Cambridge,UK: Cambridge University Press, 2003, 341 pp

Norris, Brian : **Pre-processing – General Data checking and validation**. European Reading, UK:Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF),1990. 34 p. (Meteorological Bulletin. M1.4/3).

Talagrand, O.: Assimilation of observations, an introduction. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, Apr. 1997, v.75, no. 1B, pp. 191-209.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). WWW. Cachoeira Paulista (SP). Disponível em:<www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 22 de fev. 2005.

World Meteorological Organization (WMO). WWW. Genebra. Disponível em: <www.wmo.int/www> Acesso em: 22 de fev. 2005.