



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES / AUTHORS

TOVS
SONDAGENS ATMOSFÉRICAS

PERFIS ATMOSFÉRICOS
SATÉLITE NOAA

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Marco Antonio Rupp
Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Yoshihiro Yamazaki
Yoshihiro Yamazaki

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL

EXTERNA / EXTERNAL

RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Marco Antonio M. Lemes
Marco Antonio M. Lemes

CDU/UDC

551.507.362.2

DATA / DATE

Setembro 1987

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICACION NO
	INPE-4370-PRE/1195
SONDAGEM VERTICAL DA ATMOSFERA	
AUTORES/AUTHORSHIP	Yoshihiro Yamazaki Yukitaka Nakamura Carlos Ho Shih Ning Maria Roseli Cabral Keiko Tanaka

ORIGEM
ORIGIN

DME

PROJETO
PROJECT

PROSAT

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

24

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

20

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Um grande volume de dados ambientais pode ser derivado a partir das medidas da radiação espectral da superfície e da atmosfera terrestre, feitas por instrumentos a bordo dos satélites de órbita polar da série NOAA. O Sondador Operacional TIROS-N (TOVS) fornece dados, entre outros, para deduzir a temperatura e a umidade desde a superfície até a estratopausa. Para a obtenção de parâmetros meteorológicos a partir das radiações espectrais, o conjunto de programas conhecidos como DNEXPORT, desenvolvido pelo Instituto Cooperativo para Estudos de Satélites Meteorológicos (CIMSS) foi implantado no Instituto de Pesquisas Espaciais. Trata-se de versão que a CIMSS tornou pública e está distribuindo a inúmeros usuários com estações de recepção direta de satélite, melhorada em relação à anterior pela inclusão de algoritmos físicos. Os programas produzem também a concentração total de ozônio em unidades Dobson, a partir das observações de radiações emitidas ao espaço pelo dióxido de carbono e ozônio da estratosfera. São apresentados resultados preliminares da solução física, usando sondagens recebidas do satélite NOAA-9, no dia 18 de abril de 1986, na Estação de Recepção de Satélites do INPE. Tendo em vista que o objetivo final é fazer uso intensivo de dados do sistema das sondagens de satélites, algumas comparações entre as sondagens locais de radiossondagens disponíveis no dia em questão, que coincidem com a varredura do NOAA-9, são também apresentadas.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

Este trabalho foi apresentado na VI Reunião Plenária da SELPER, em Gramado, de 10 a 15 de agosto de 1987.

ABSTRACT

An enormous volume of environmental data can be derived from the measurements of spectral radiance of earth's surface and atmosphere, made by the instruments on board the polar orbit NOAA series satellites. The Tiros-N Vertical Operational Sounder (TOVS) instruments provide data, among others, to deduce the temperature and humidity from the surface up to the stratopause. To retrieve meteorological parameters, from spectral radiance measurements, a full Export Package (DNEXPORT), developed by Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS), was installed in the Institute for Space Research's (INPE) Burroughs-B6800 (48 bits/word) computer. The implemented DNEXPORT package is a new improved version, that CIMSS is making available to numerous direct readout users, modified from the previous one, by the inclusion of the physical algorithms. The DNEXPORT package also produces total ozone concentration in Dobson units, from the radiation emission of carbon dioxide and ozone of the stratosphere. Preliminary results from the physical solution using sounding received from NOAA-9 satellite, on 18th April, 1986, at INPE's Meteorological Satellite Reception Station/Cachoeira Paulista are presented. As it is well-known, the current Brazilian radiosonde network fails to solve several important problems on the tropospheric scale of motion. Since the final objective is to make an intensive use of satellite sounding system data, some comparison between satellite and conventional in situ soundings that were available in conjunction with near overpass of NOAA-9 are also presented.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. METODOLOGIAS	4
3. TOVS EXPORT PACKAGE (DNEXPORT)	8
4. RESULTADOS E CONCLUSÕES	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1. INTRODUÇÃO

O primeiro satélite da série TIROS-N foi lançado em 1978 e seguido pelos satélites NOAA-6, 7, 8 e 9. Trata-se de uma série de satélites meteorológicos operacionais, de órbita polar, que fazem uma varredura da Terra aproximadamente em 12 horas. O conjunto de instrumentos que é levado a bordo, denominado Sondador Vertical Operacional TIROS-N (TOVS), permite determinar, entre outros, perfis verticais de temperatura e vapor d'água desde a superfície até estratopausa.

OS TOVS consiste em três instrumentos de medida de radiação: a) Sondador de Radiação Infravermelha de Alta Resolução (HIRS); radiômetro com 19 canais no infravermelho e 1 no visível; b) Unidade de Sondagem em Microonda (MSU); radiômetro com 4 canais em torno de 55 GHz; e c) Unidade de Sondagem Estratosférica (SSU), com 3 canais em torno de 15 μ m. A Tabela 1 mostra as características e finalidades das radiações medidas nos vários canais espectrais do TOVS. O instrumento HIRS detecta uma área circular de aproximadamente 17km de diâmetro no ponto subsatélite, enquanto o MSU detecta uma área circular, com 110km em diâmetro. Uma linha de varredura possui uma extensão de 2.250km e contém 56 campos de visão HIRS e somente 11 de MSU. O tempo de varredura de cada linha é de 6,4 segundos para HIRS e de 25,6 segundos para MSU; portanto, enquanto o HIRS varre 5 linhas, o MSU varre apenas 1 linha. Para ambos instrumentos, o campo de visão torna-se maior e elíptico à medida que se afasta do ponto subsatélite.

Os dados dos satélites NOAA são gravados na Estação Recepção de Satélites Meteorológicos do INPE, Cachoeira Paulista (22,6°S, 45°W), e processados no computador Burroughs 6800.

TABELA 1

CARACTERÍSTICAS DOS CANAIS DO SONDADOR TOV

NÚMERO DO CANAL HIRS	NÚMERO DE ONDA CENTRAL DO CANAL	COMPRIMENTO DE ONDA CENTRAL (µm)	PRINCIPAIS CONSTITUINTES DE ABSORÇÃO	NÍVEL DE CONTRIBUIÇÃO DO PICO DE ENERGIA	OBJETIVO DA OBSERVAÇÃO DA RADIANCIA
1	668	15,00	CO ₂	30 mb	<i>Sondagem da temperatura.</i> Os canais na banda em 15-µm são mais sensíveis às temperaturas de regiões relativamente frias da atmosfera comparadas com aquelas obtidas com canais na banda de 4,3-µm. Radiancias nos canais 5, 6 e 7 são também usadas para a obtenção de alturas e quantidade de nuvens no campo de visão do HIRS.
2	679	14,70	CO ₂	60 mb	
3	691	14,50	CO ₂	100 mb	
4	704	14,20	CO ₂	400 mb	
5	716	14,00	CO ₂	600 mb	
6	732	13,70	CO ₂ /H ₂ O	800 mb	
7	748	13,40	CO ₂ /H ₂ O	900 mb	
8	898	11,10	janela	Superfície	<i>Temperatura de superfície</i> e detecção de nuvem.
9	1.028	9,70	O ₂	25 mb	<i>Concentração total de ozônio</i>
10	1.217	8,30	H ₂ O	900 mb	<i>Sondagem de vapor d'água.</i> Fornece correção de vapor d'água na banda do CO ₂ e canais de janela. O canal de 6.7-µm é também utilizado para detectar nuvens cirrus de pequena espessura.
11	1.364	7,30	H ₂ O	700 mb	
12	1.484	6,70	H ₂ O	500 mb	
13	2.190	4,57	N ₂ O	1.000 mb	<i>Sondagem de temperatura.</i> Os canais na banda em 4,3-µm são mais sensíveis às temperaturas de regiões relativamente quentes da atmosfera que as obtidas com canais da banda de 15-µm. As radiancias de comprimento de onda curta são também menos sensíveis às nuvens que aquelas da região de 15-µm.
14	2.213	4,52	N ₂ O	950 mb	
15	2.240	4,46	CO ₂ /H ₂ O	700 mb	
16	2.276	4,40	CO ₂ /H ₂ O	400 mb	
17	2.361	4,24	CO ₂	5 mb	
18	2.512	4,00	janela	Superfície	<i>Temperatura da Superfície.</i> Muito menos sensíveis às nuvens e H ₂ O que a janela em 11-µm. É utilizado com o canal em 11-µm para detecção da contaminação de nuvens e derivação de temperatura de superfície quando parcialmente coberta por nuvem. Dados simultâneos em 3,7 e 4,0-µm tornam possível e eliminação devida à reflexão solar.
19	2.671	3,70	janela	Superfície	
20	14.367	0,70	janela	Nuvem	<i>Detecção de nuvem.</i> Utilizado durante o dia, juntamente com os canais da janela em 4,0 e 11-µm para definir campos de visão instantânea não obstruídos.
MSU	FREQUÊNCIA (GHZ)		PRINCIPAIS CONSTITUINTES DE ABSORÇÃO	NÍVEL DE CONTRIBUIÇÃO DO PICO DE ENERGIA	OBJETIVO DA OBSERVAÇÃO DA RADIANCIA
1	50,30		janela	Superfície	<i>Determinação da emissividade da superfície</i> e atenuação devida às nuvens.
2	53,73		O ₂	700 mb	<i>Sondagem de temperatura.</i> Os canais de microonda sondam através de nuvens e podem ser usados para diminuir a influência de nuvens que afetam a sondagem nos canais nas bandas 4,3 e 15-µm dos HIRS.
3	54,96		O ₂	300 mb	
4	57,95		O ₂	90 mb	
SSU	COMPRIMENTO DE ONDA (µm)		PRINCIPAIS CONSTITUINTES DE ABSORÇÃO	NÍVEL DE CONTRIBUIÇÃO DO PICO DE ENERGIA	OBJETIVO DA OBSERVAÇÃO DA RADIANCIA
1	15,0		CO ₂	15,0 mb	<i>Sondagem de temperatura.</i> Utilizando células de gás de CO ₂ , e modulação de pressão, a SSU detecta a emissão térmica da estratosfera.
2	15,0		CO ₂	4,0 mb	
3	15,0		CO ₂	1,5 mb	

Este trabalho utiliza o conjunto de programas desenvolvidos pelo Instituto de Cooperação de Estudos de Satélites Meteorológico (CIMSS - Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, Madison, WI) (Smith et alii, 1983), conhecido por "DNEXPORT" para a obtenção de perfis de temperatura, umidade e concentração total de ozônio a partir de radiações medidas pelo TOVS. Nenhuma modificação no programa foi feita, a não ser aquelas necessárias para a implementação no computador B6800. O perfil de temperatura foi determinado a partir de uma malha de 3x3 dados HIRS, ou seja, em média a cada 60km. A solução iterativa de Smith (1970) é empregada pelo "DNEXPORT" no seu método físico para a obtenção de perfil de temperatura atmosférica a partir da equação de transferência radiativa. Basicamente, este método resolve a equação da transferência radiativa iterativamente, até encontrar uma concordância suficientemente boa entre as radiancias observada e calculada.

A radiancia limpa, isto é, a radiancia livre da interferência de nuvens é determinada a partir de uma malha de 3x3, isto é, de 9 campos de visão do HIRS. Inicialmente, procura-se por campos de visada que sejam completamente limpos por meio de vários testes. Em caso de falha, tenta-se determinar radiancias limpas de campos parcialmente cobertos. Neste caso, é utilizado o "método dos pares adjacentes", ou N^* , baseado em uma técnica que emprega autovetores de matrizes de covariância (Smith and Wolf, 1976) para corrigir tanto físico como matematicamente os valores da radiancia pela presença de nuvens (N^* - cobertura fracional de nuvens). No caso de falha nesta tentativa, ou seja, se a região estiver completamente coberta por nuvens, pode-se inferir a temperatura a partir dos 4 canais da MSU, pois uma faixa de microondas as radiancias são pouco afetadas pelas nuvens. Os procedimentos da determinação de radiancia limpa do processamento TOVS foram descritos por McMillin e Dean (1982).

Os dados de superfície necessários ao cálculo da transferência radiativa são pressão, temperatura e emissividade da superfície terrestre. A pressão da superfície é calculada hidrostaticamente usando uma altura estimada e uma temperatura para 1000mb, um gradiente de

temperatura de $5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ e uma estimativa à elevação de superfície do local, da radiância observada. Esta altura é obtida de dados de resolução topográfica horizontal de 10 milhas náuticas ou 60 milhas náuticas. A temperatura da superfície é estimada utilizando os canais de janela em $3,7\mu\text{m}$, $4,9\mu\text{m}$ e $11\mu\text{m}$. A emissividade da superfície é determinada utilizando o canal da janela em microonda (50 GHz).

O perfil de vapor d'água é calculado utilizando a solução inversa da equação de transferência radiativa (Smith and Zhou, 1982) e dados dos canais 10, 11 e 12. A concentração total de ozônio é determinada de forma análoga à do vapor d'água, isto é, usando a mesma equação.

2. METODOLOGIAS

A determinação das estruturas verticais da temperatura e umidade, a partir das radiâncias espectrais da atmosfera terrestre, medidas pelos sondadores a bordo de satélites, é feita a partir da calibração dos sinais elétricos fornecidos pelos sensores. Estes sinais são respostas dos sensores às intensidades da radiação eletromagnética monocromática, ou seja, conjunto de radiâncias resultantes da emissão de radiação térmica pela atmosfera terrestre. De uma análise crítica e minuciosa destes conjuntos de radiâncias medidas é que se determinam os perfis verticais da temperatura e umidade da atmosfera.

Muito embora várias técnicas foram desenvolvidas para a obtenção de perfis verticais da atmosfera, a partir de sondagens remotas por satélites, elas são classificadas, de uma maneira geral, através dos métodos de: regressão estatística, de inversão, físico, ou a combinação desses métodos (Smith and Woolf, 1976; Rodgers, 1977; Smith, 1970; Fleming, 1977; Chedin et alii, 1985). Não obstante, a complexidade e as contínuas pesquisas que vêm sendo feitas sobre o tópico em questão, vários centros meteorológicos já implantaram técnicas distintas e vêm se utilizando dos produtos para fins de previsões de tempo. Uma das técnicas mais utilizadas é a da regressão estatística, e mais recentemente o método físico.

Segundo estudos e comparações com dados de radiossondagem (Smith, 1970), o método da regressão estatística apresenta bons resultados para regiões onde se dispõe de uma boa climatologia de ar superior. O método utiliza a relação estatística entre as radiâncias medidas por satélites e perfis verticais de temperatura e umidade iniciais, deduzidos a partir de análises (regressão linear múltipla) de uma grande amostra de radiâncias de satélites coincidentes com dados de radiossondagens. Neste sistema operacional TOVS (NESS 83 - NOAA TEC. REPORT), dados de radiossondas são comparados rotineiramente com os de radiâncias, e um conjunto estatístico é utilizado para gerar os coeficientes da equação de regressão:

$$T_j = \sum_i C_{ij} T_i, \quad (1)$$

onde T_j é a temperatura do j -ésimo nível de pressão; T_i é a temperatura radiométrica do i -ésimo canal TOVS; e C_{ij} os coeficientes da regressão múltipla linear. Para cada nível j , o número de canais é limitado de 3 a 5, dentre os 20 canais HIRS e 4 MSU. Muito embora não se tenha uma boa base de dados estatísticos necessários para a região da América do Sul, no estudo comparativo entre sondagens de radiossondas e satélites feitos por Foster et alii, (1986), foi mostrado que os dados produzidos utilizando métodos estatísticos pela NOAA/NESS (National Oceanic and Atmospheric Administration/National Earth Satellite Service) podem ser perfeitamente empregados para fins de previsão sinótica e climática. A Figura 1 foi elaborada na fase de análise do trabalho acima, e está sendo apresentada para ilustração comparativa entre observações de radiossondagens (R) e de satélite (S) feitas sobre a estação de Porto Alegre no dia 28 de julho de 1979.

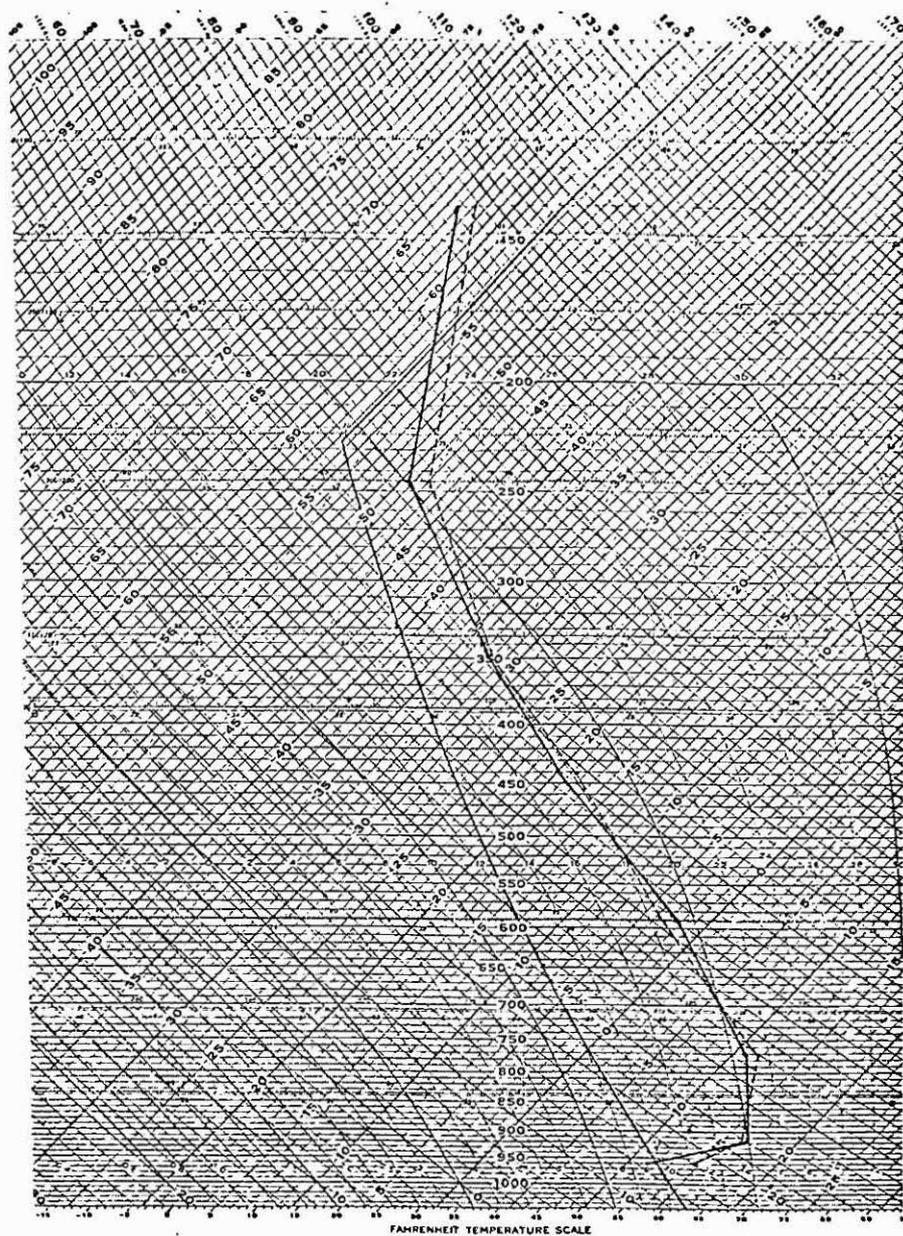


Fig. 1 - Radiossonagem (R) e sondagem TOVS (S) de Porto Alegre (RS) do dia 28/07/79.

Uma das falhas do método estatístico é que a equação da transferência radiativa, expressa na forma:

$$I_i = \bar{B}_i(T, p_s) \zeta_i(p_s) + \int_0^{p_s} \bar{B}_i(T, p) d\zeta_i(p), \quad (2)$$

onde \bar{B} é a radiância média ponderada de Plank, T a temperatura, p a pressão, ζ a transmitância ótica dos gases atmosféricos, o índice i o indicativo da resposta do instrumento no i -ésimo intervalo espectral, e o índice s indicativo da superfície, não é totalmente balanceada vis to ter caráter inteiramente estatístico.

O método matemático de inversão consiste na obtenção da solução da Equação 2 integral não-linear. Elias (1982) apresenta uma discussão detalhada sobre os métodos matemáticos de inversão utilizados para a obtenção de perfis verticais a partir de sondagens remotas. Uma dessas técnicas consiste na obtenção da solução a partir de um perfil inicial dado pela Equação 1, resolvendo as diferenças pelo método da mínima informação (Foster, 1961; Prata, 1983). Uma outra técnica, também estatística, é a de inversão matemática, que consiste na obtenção da solução que utiliza funções ortogonais empíricas (FOE), obtidas de conjuntos de sondagens convencionais, tomando o perfil inicial como perfil médio dessas sondagens, e a solução consiste no conjunto de coeficientes aplicados às FOE (Wark and Fleming, 1966).

Na realidade, não é possível obter uma solução exata do problema sem a utilização de restrições, visto que a forma da função transmitância $\zeta_i(p)$ apresenta meia banda de vários quilômetros e é obtida a partir da teoria e de constantes moleculares conhecidas. Diversos estudos observacionais e teóricos foram feitos na tentativa de obter melhores informações e conhecimentos sobre essa função; contudo, fato é que a comunidade científica reconhece ainda que as radiâncias observadas e computadas não apresentam total concordância (Wark, 1982).

3. TOVS EXPORT PACKAGE (DNEXPORT)

O algoritmo físico desenvolvido no Instituto Cooperativo para Estudos de Satélites Meteorológicos (CIMSS), conhecido como "TOVS Export Package" (DNEXPORT), converte dados de radiâncias das sondagens dos satélites da série TIROS-N/NOAA utilizando a equação da transferência radiativa. Na obtenção da solução é levada em conta a influência das variáveis de superfície, tais como: a topografia, emissividade, temperatura e as diversas condições de cobertura de nuvens. A solução é basicamente obtida de desvios verdadeiros dos perfis de temperatura, umidade e ozônio, com respeito a condições iniciais, em função das radiâncias medidas e daquelas calculadas a partir dos perfis iniciais.

Este sistema DNEXPORT, adaptado e implantado no INPE, é constituído por 20 programas, 132 sub-rotinas e 36 funções, e está dividido em três subsistemas básicos. O primeiro tem a função de extrair os dados TOVS dos dados TIP, separar e calibrar dados HIRS e MSU, e identificar os dados em termos de varredura (latitude x longitude) na superfície da Terra. O segundo tem a função básica de pre-processar os dados medidos, HIRS e MSU, corrigi-los considerando efeitos de absorção pelo vapor d'água, emissividade, fluorescência, reflexão da luz solar, outros efeitos de bordo, e interpolar dados MSU sobre os HIR por terem diferentes resoluções. O último tem função de processar os dados e obter o perfil vertical da temperatura, umidade, altura geopotencial, concentração de ozônio, água precipitável, vento térmico e parâmetros do nível de condensação por levantamento. Detalhes mais específicos sobre o DNEXPORT podem ser encontrados em Smith et alii (1984).

O conjunto de programas que compõe o DNEXPORT apresenta como opção de dados iniciais: i) uma atmosfera padrão diferenciada para épocas de inverno e verão, bem como para cinco zonas latitudinais, obtidos por estimativas de regressão de radiâncias não-contaminadas por nuvens (microondas e infravermelho estratosférico); e ii) aqueles de modelos dinâmicos de previsão. Face às dificuldades atuais de dispor de dados de modelos de precisão, o pacote foi adaptado, e implantado com as duas possibilidades, porém processados com a primeira opção.

Em termos de tempo de CPU do computador Burroughs B6800, a partir dos dados gravados na Estação de Recepção de Satélites Meteorológicos do INPE/Cachoeira Paulista, para obter 447, sondagens verticais, foram gastas cerca de 2 horas. Na Figura 2 estão indicados por "x" alguns pontos onde foram obtidos os perfis verticais. Não foram plotados todos os pontos das sondagens para não saturar a figura. Como se pode observar, é bastante significativo o número de sondagens que se pode obter, comparado com cerca de 10 estações de radiossondagens, a custo de pelo menos US\$ 100 cada, que estão funcionando operacionalmente no País.

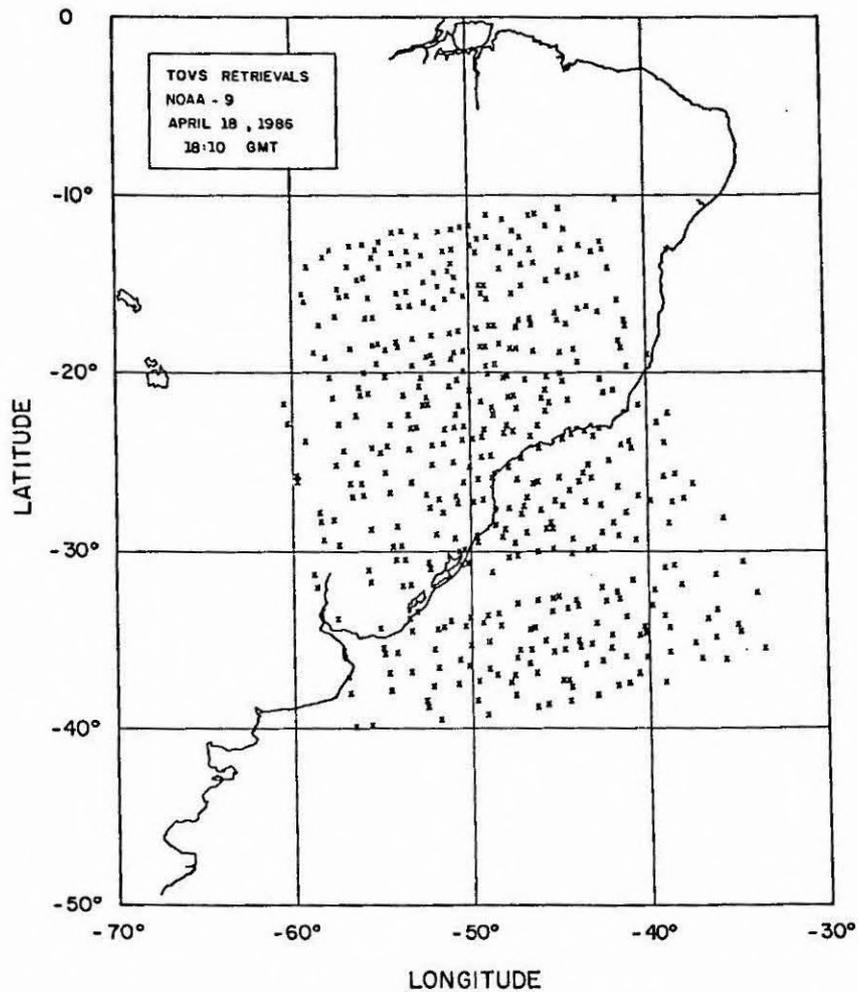


Fig. 2 - Pontos selecionados (x) de sondagens TOVS do dia 18/04/86.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

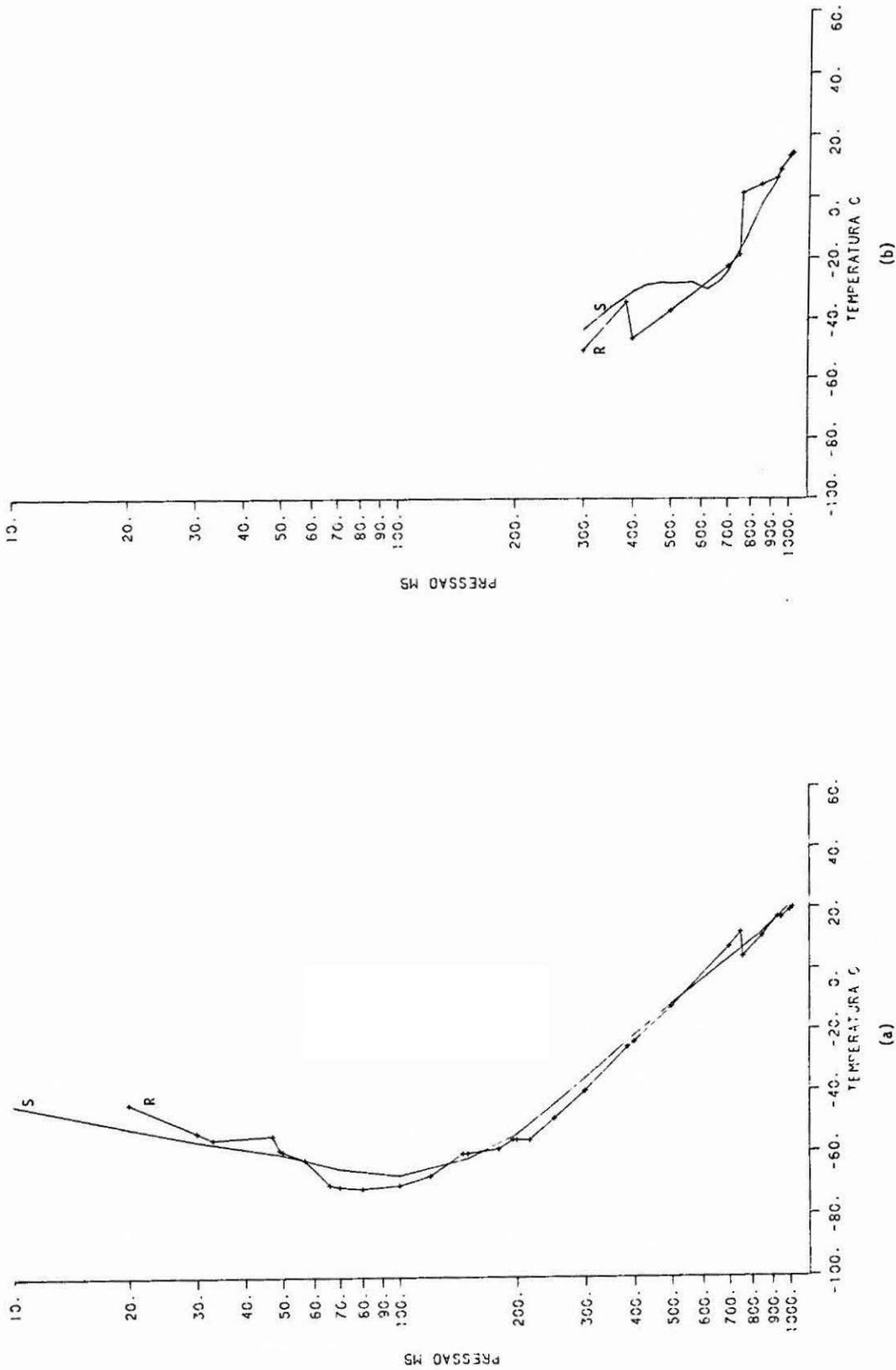
Nas Figuras 3a a 5a são apresentados os perfis verticais das temperaturas secas e nas Figuras 3b a 5b as do ponto de orvalho obtidas a partir das radiossondagens (R) e de satélites (S) do dia 18 de abril de 1986, respectivamente sobre as cidades de Porto Alegre, São Paulo e Brasília. A diferença no horário entre a passagem do satélite e a determinação da temperatura por meio de radiossondagens é de aproximadamente 6 horas. Em todos estes perfis observa-se que as temperaturas nas proximidades das superfícies não coincidem devido à dificuldade em ser deduzidas, à grande contribuição de radiações absorvidas pela própria superfície bem como às características da não-homogeneidade da superfície. Entretanto, de uma maneira geral, os perfis acompanham com boa coerência as observações. É de particular relevância, especialmente para a Meteorologia, que o perfil de umidade representado pela temperatura do ponto de orvalho apresente configurações gerais coerentes com as observações. E sob este ponto de vista, os perfis obtidos são aceitáveis para fins de previsão de tempo.

Na Figura 6 são apresentados os mapeamentos térmicos para os níveis de 1000, 850, 500 e 300mb, produzidos com interpolação para pontos (latitude, longitude) igualmente espaçados. Estas interpolações foram feitas considerando valores médios, ponderados, inversamente proporcionais à distância dos pontos vizinhos da grade igualmente espaçada. Na Figura 7 é apresentado o mapeamento do total de água precipitável derivado do perfil de umidade das sondagens TOVS e na Figura 8, o vento térmico ao nível de 300mb. Na Figura 9 é apresentada a carta sinótica traçada manualmente, apenas com dados convencionais e imagens do satélite GOES-W. Como se pode observar, a configuração geral da circulação nos altos níveis obtida com sondagem TOVS está coerente com as observações, muito embora a intensidade dos ventos não seja da mesma ordem de magnitude. Em termos de água precipitável, a análise qualitativa entre a Figura 7 e a imagem do satélite (Figura 10) revela que as regiões de máxima concordam razoavelmente bem com as de maior cobertura de nuvens. Apesar de as sondagens por satélites apresentarem gran

de cobertura espacial, é necessário que os dados convencionais sejam utilizados por meio de técnicas de assimilação e de análise objetiva, concomitantemente para a elaboração de uma previsão de tempo. No estágio atual das sondagens por satélite, para que estas produzam dados em mesoescala, pesquisas devem ser conduzidas para diminuir as atuais diferenças existentes entre elas e os dados convencionais.

É importante observar que, devido a problemas inerentes aos sensores, as radiossondas também apresentam problemas, até hoje discutíveis, especialmente com respeito à umidade, quando estas sofrem grandes variações, o que ocorre quando as sondas acabam de passar por uma camada bem úmida (nuvens). Um outro aspecto é que, além de o método físico apresentar erros sistemáticos e aleatórios, o número de canais dos sensores TOVS é limitado. Assim sendo, é praticamente impossível obter perfis com todas inversões térmicas que ocorrem na atmosfera. Não obstante, para fins climáticos e estudos em escala sinótica, esses dados podem ser utilizados com razoável confiabilidade.

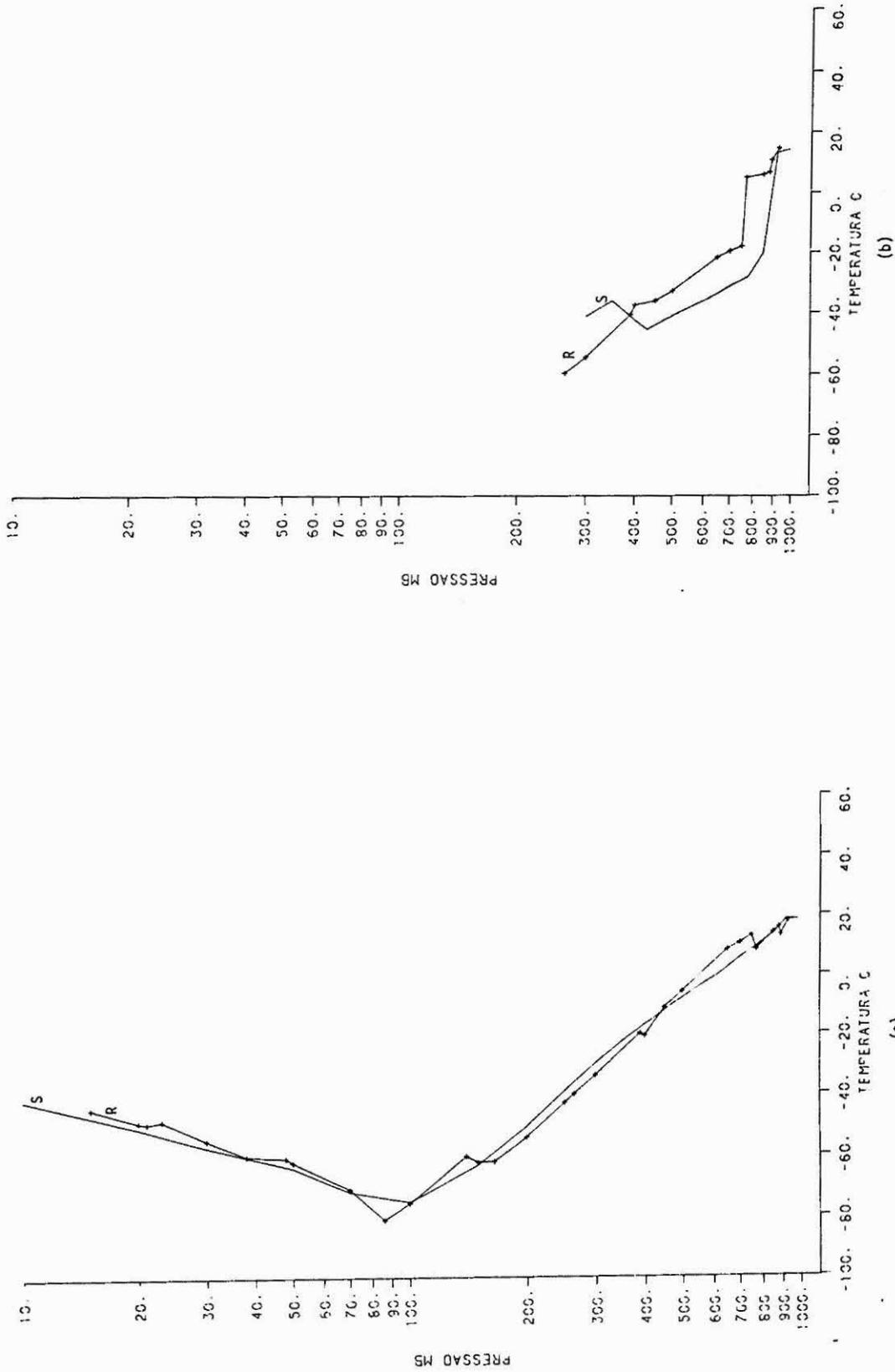
Desde o advento das técnicas de extração de perfis verticais, a partir de sondagens de satélites, muitos progressos têm sido obtidos no desenvolvimento de novos métodos e nas aplicações desses dados (Smith, 1970; Fritz et alii, 1972; Smith and Woolf, 1975; Rodgers, 1976; Chedin et alii, 1985). Tendo em vista que diferentes técnicas estão sendo utilizadas em diferentes países, são anualmente realizadas conferências internacionais sobre o TOVS com o objetivo de otimizar e padronizar métodos de processamento, bem como rever o estado da arte dos processamentos desses dados. Através da disseminação geral do DNEPERT, o Instituto Cooperativo para Estudos de Satélites (CIMSS) em Madison, EUA, encabeçou a padronização do método, provendo uma base comum da tecnologia desenvolvida. Atualmente, Centros Meteorológicos Operacionais de vários países (Menzel, 1983) já estão processando dados dos satélites da série NOAA para fins de previsão de tempo. E, face ao grande potencial do sistema apresentado e implantado no INPE, aliado a escassez de dados de ar superior, particularmente sobre toda região do Hemisfério Sul, é premente que o setor operacional implante no País o sistema apresentado.



Porto Alegre - 18/04/86

Porto Alegre - 18/04/86

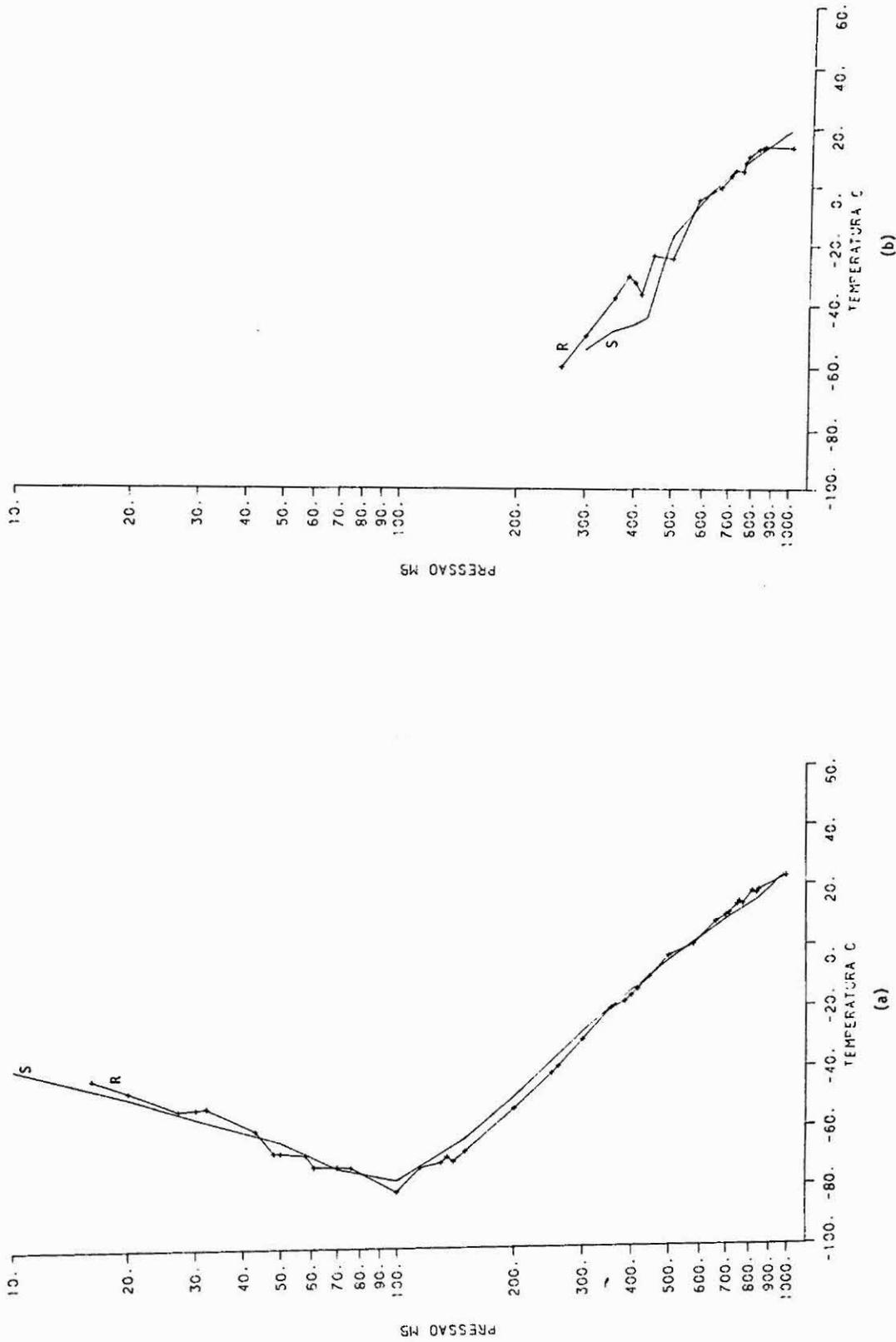
Fig. 3 - Perfis verticais de temperatura seca e de ponto de orvalho.
a) Perfil vertical da temperatura seca determinado por satelite (S) e radiosondagem (R) no dia 18/04/86 - Porto Alegre (RS); b) Perfil vertical da temperatura do ponto de orvalho determinado por satelite (S) e radiosondagem (R) do dia 18/04/86 - Porto Alegre (RS).



São Paulo - 18/04/87

São Paulo - 18/04/86

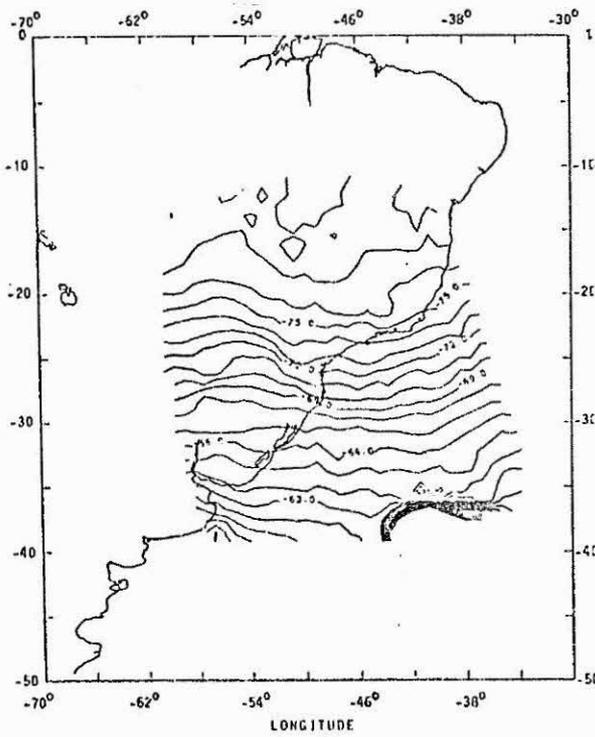
Fig. 4 - Perfis verticais de temperatura seca e de ponto de orvalho. 4
a) Perfil vertical da temperatura seca determinado por satélite (S) e radiossondagem (R) no dia 18/04/86 - São Paulo (SP); b) Perfil vertical da temperatura do ponto de orvalho determinado por satélite (S) e radiossondagem (R) do dia 18/04/86 - São Paulo (SP).



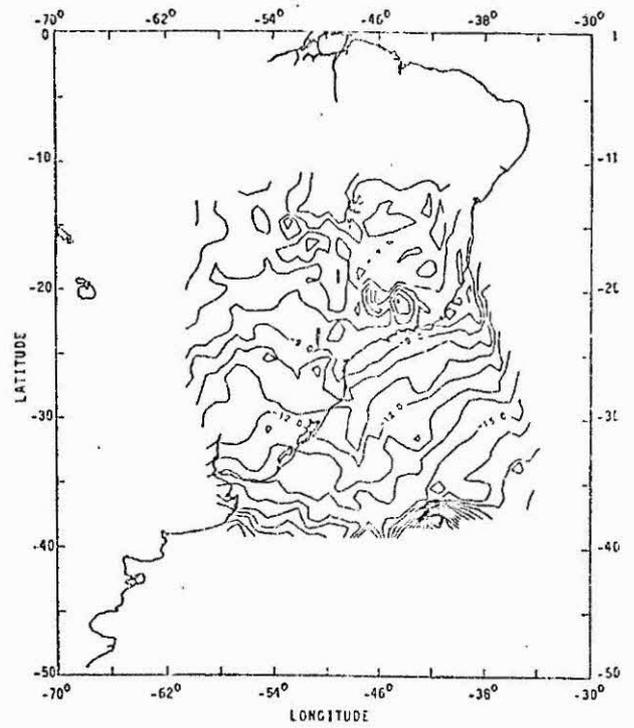
Brasília - 18/04/86

Brasília - 18/04/86

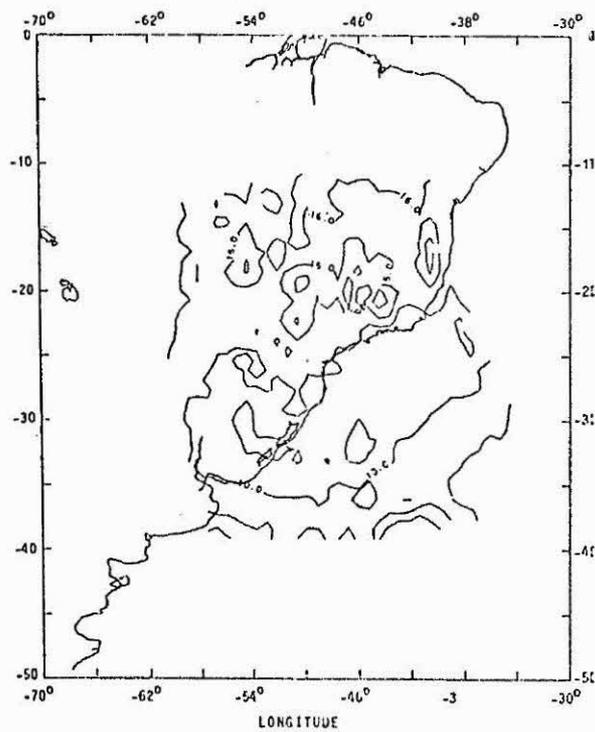
Fig. 5 - Perfis verticais de temperatura seca e de ponto de orvalho. a) Perfil vertical da temperatura seca determinado por satélite (S) e radiossondagem (R) no dia 18/04/86 - Brasília (DF); b) Perfil vertical da temperatura do ponto de orvalho determinado por satélite (S) e radiossondagem (R) do dia 18/04/86 - Brasília (DF).



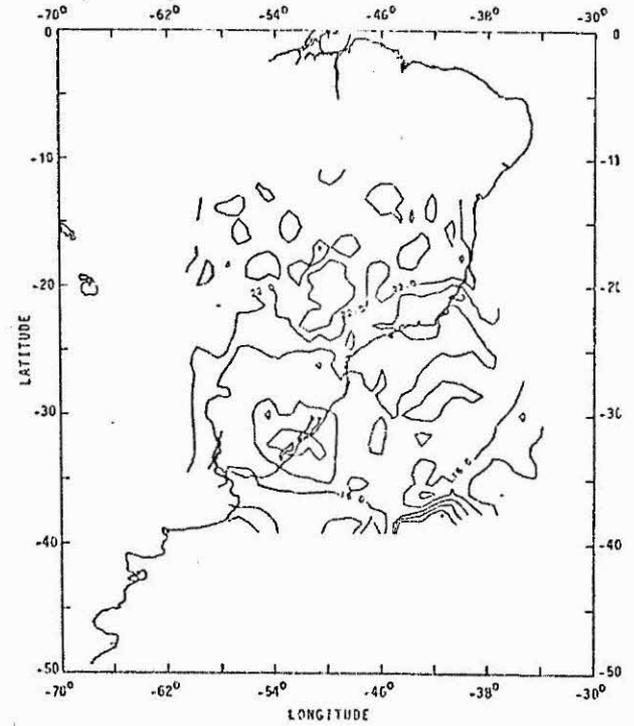
ISOTERMAS 100mb - SONDAGEM TOVS NOAA-9 - 18.04.86 (18:10GMT)



ISOTERMAS 500mb - SONDAGEM TOVS NOAA-9 - 18.04.86 (18:10GMT)



ISOTERMAS 850mb - SONDAGEM TOVS NOAA-9 - 18.04.86 (18:10GMT)



ISOTERMAS 1000mb - SONDAGEM TOVS NOAA-9 - 18.04.86 (18:10GMT)

Fig. 6 - Mapeamento térmico em diferentes níveis de pressão em 18/04/86.

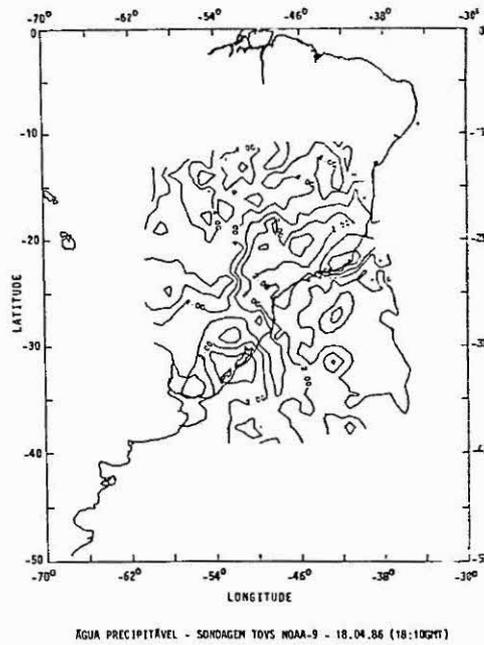


Fig. 7 - Mapeamento do total de água precipitável em 18/04/86.

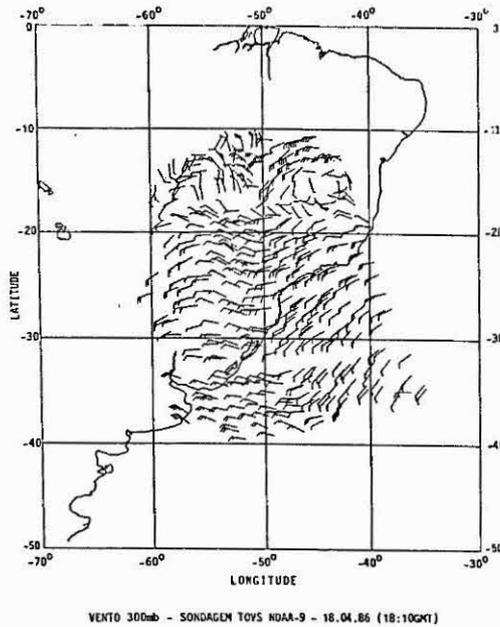


Fig. 8 - Vento térmico do nível de 300mb em 18/04/86 com barbelas dentro da convenção meteorológica.

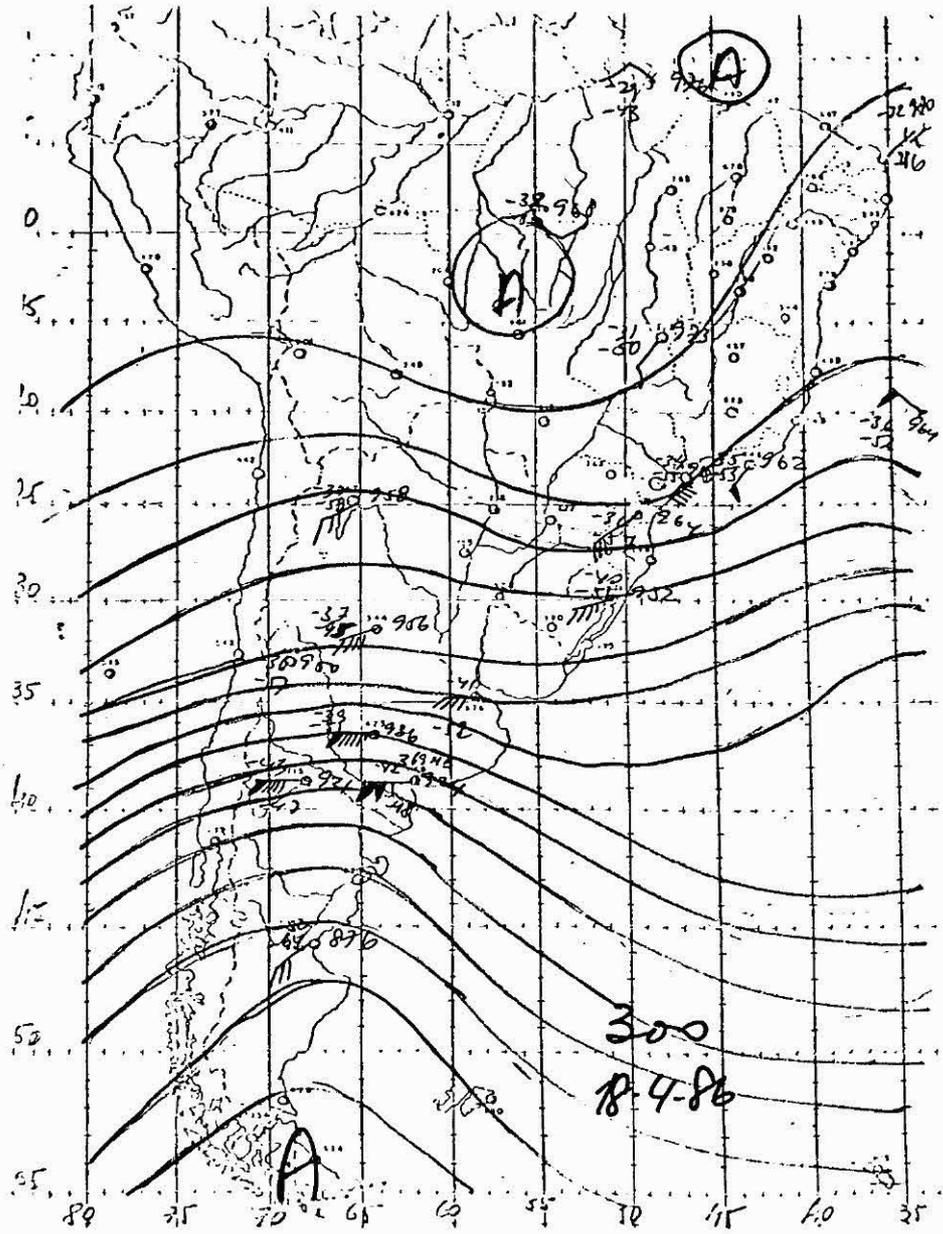


Fig. 9 - Carta sinótica do nível de 300mb em 18/04/86.

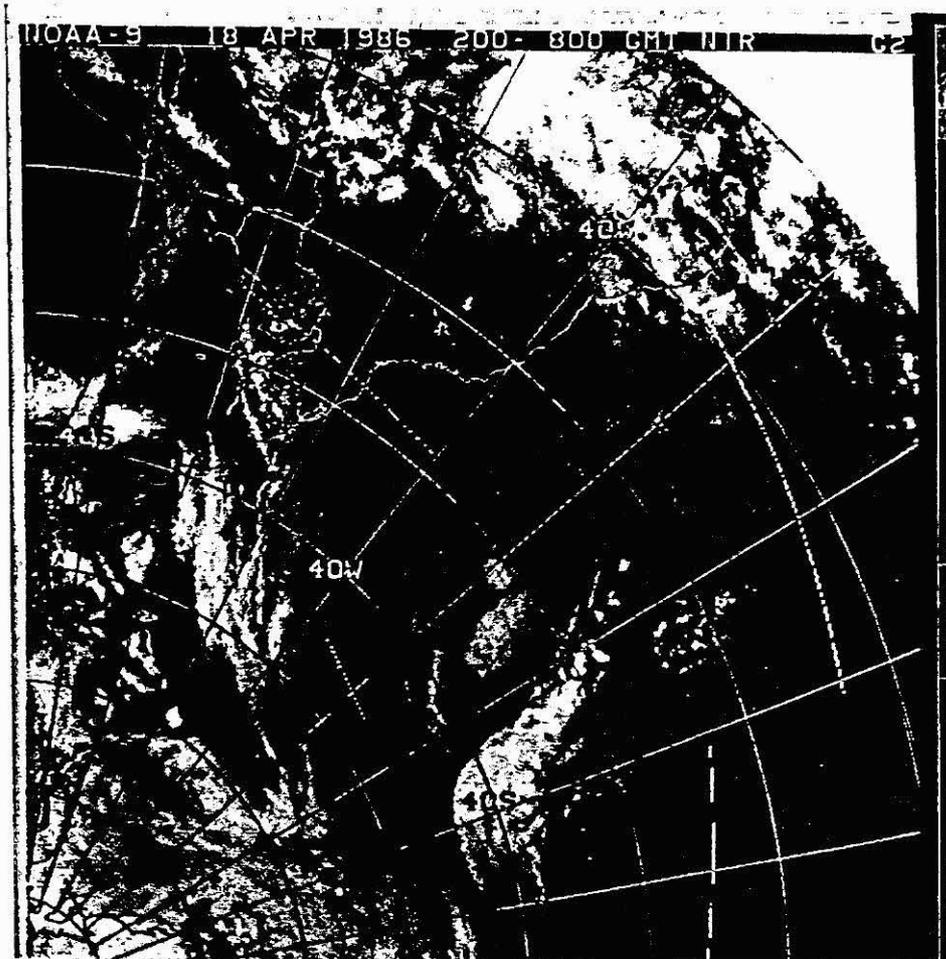


Fig. 10 - Imagem do satélite NOAA 9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEDIN, A.; SCOTT, N.A.; WAHICHE, C.; MOULINIER, P. The improved initialization inversion method: a high resolution physical method for temperature retrievals from satellites of the TIROS-N series. *Journal of Applied Meteorology*, 24(2):128-143, Feb. 1985.
- ELIAS, M. *Métodos matemáticos de inversão utilizados para a inferência de perfis verticais de temperatura atmosférica a partir de sondagens remotas por satélites*. INPE-2549-RPE/422, 1982.
- FLEMING, H.E. *Comparison of linear inversion methods by examination of the duality between iterative and inverse matrix methods*. In: DEEPAK, A., ed. *Inversion methods in atmospheric remote sounding*. Washington, D.C., NASA, 1977, p. 325-360.
- FOSTER, M. An application of the Wiener-Kolmogorov smoothing theory to matrix inversion. *J. Soc. Ind. Appl. Math.*, 9:387-392, 1961.
- FOSTER, P.R.; YAMAZAKI, Y.; NING, C.H.S.; CABRAL, M.R. *O TOVS e as radiossondagens no País*. Trabalho apresentado na SELPER, 1986.
- FRITZ, S.; WARK, D.Q.; FLEMING, H.E.; SMITH, W.L.; JACOBOWITZ, H.; HILLEAREY, O.T.; ALISHOUSE, J.C. *Temperature sounding from satellites*. Washington, C.C., NOAA, 1972 (NOAA Technical Report NESS 59).
- Mc MILLIN, L.M.; DEAN, C. Evaluation of a new operational technique for producing clear radiances. *Journal of Applied Meteorology*, 21: 1005-1014, Jul. 1982.
- MENZEL, W.P. The first International TOVS Study Conference, Igls, Austria, P. Menzel Ed., Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, Set., 1983.
- PRATA, F. *An appraisal of retrieval methods used for obtaining temperature profiles from TOVS radiances*. Proc. First Int. TOVS Study Conf., Igls, Austria, P. Menzel, Ed., Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, p. 184-203, 1983.

- RODGERS, C.D. Retrieval of atmospheric temperature and composition from remote measurements of thermal radiation. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 14(4):609, Nov. 1976.
- SMITH, W.L. Iterative solution of the radiative transfer equation for the temperature and absorbing gas profile of an atmosphere. *Applied Optics*, 9(9):1993-1999, Set. 1970.
- SMITH, W.L.; WOLF, H.M. The use of eigen-vectors of statistical covariance matrices for interpreting satellite sounding radiometer observations. *Journal Atmospheric Sciences*, 33(7):1127-1140, Jul. 1976.
- SMITH, W.L.; ZHOU, F.X. Rapid extraction of layer relative humidity, geopotential thickness, and atmospheric stability from satellite sounding radiometer data. *Applied Optics*, 21:924-928, Mar. 1982.
- SMITH, W.L.; WOLF, H.M.; HAYDEN, C.M.; SCHREINER, A.J.; Le MARSHALL, J.M. Proc. First Int. TOVS Study Conf., Ilgs, Austria, P. Menzel, Ed., Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, p. 227-228, Set., 1983.
- WARK, D.Q.; FLEMING, H.E. Indirect measurements of atmospheric temperature profiles from satellites: I. Introduction. *Monthly Weather Review*, 94(6):351-362, June 1966.
- WARK, D.Q. Validation of satellite derived atmospheric temperature and water vapor concentration using radiosonde and rocketsonde measurements. *Advances in Space Research*, Yates, H. and Hasler, A. F., ed., 2(6):49-58, 1982.

PROPOSTA PARA PUBLICAÇÃO

DATA
6.10.86

IDENTIFICAÇÃO	TÍTULO <u>Jandagem Vertical da atmosfera</u>	
	AUTORIA <u>Yoshihiro Yamazaki Yukiko Nakamura Carlos Ho Shih King Marcia Rossi Cabral Keiko Tsuchida 215</u>	PROJETO/PROGRAMA
		DIVISÃO
		DEPARTAMENTO <u>DME</u>
DIVULGAÇÃO <input checked="" type="checkbox"/> EXTERNA <input type="checkbox"/> INTERNA MEIO: <u>SE L P E R - Congresso Serviço de Publicação</u>		

REVISÃO TÉCNICA	REVISOR TÉCNICO <u>Marcos Antonio Marinho Buenos</u>	APROVADO: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> VER VERSO	APROVAÇÕES
	RECEBI EM: <u>6.10.86</u> REVISADO EM: <u>8.10.86</u>	DATA CHEFE DIVISÃO	
	OBSERVAÇÕES: <input checked="" type="checkbox"/> NÃO HÁ <input type="checkbox"/> VER VERSO	APROVADO: <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> VER VERSO	
	DEVOLVI EM: <u>8.10.86</u> ASSINATURA: <u>[assinatura]</u>	DATA <u>8.10.86</u> CHEFE DEPARTAMENTO: <u>YOSHINAO YAMAZAKI</u>	

REVISÃO DE LINGUAGEM	Nº: <u>450</u> PRIORIDADE: <u>1</u>	O(S) AUTOR(ES) DEVE(M) MENCIONAR NO VERSO, OU ANEXAR NORMAS E/OU INSTRUÇÕES ESPECIAIS	DATILOGRAFIA
	DATA: <u>25.11.86</u>		
	REVISADO <input type="checkbox"/> COM <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> CORREÇÕES <input type="checkbox"/> VER VERSO	RECEBIDO EM: <u>21/04/87</u>	
	POR: <u>Marcia do Carmo S. Soares</u> ASSINATURA: <u>[assinatura]</u>	CONCLUÍDO EM: _____	
	DATA: <u>1-12-86</u>	DATILÓGRAFA: <u>[assinatura]</u>	

PARECER

FAVORÁVEL: SIM NÃO VER VERSO

DATA _____ RESPONSÁVEL/PROGRAMA _____

EM CONDIÇÕES DE PUBLICAÇÃO EM: _____

AUTOR RESPONSÁVEL _____

AUTORIZO A PUBLICAÇÃO: SIM NÃO

DIVULGAÇÃO INTERNA EXTERNA MEIO: _____

OBSERVAÇÕES: _____

DATA _____ DIRETOR _____

SEC	PUBLICAÇÃO: _____ PÁGINAS: _____ ÚLTIMA PÁGINA: _____
	CÓPIAS: _____ TIPO: _____ PREÇO: _____