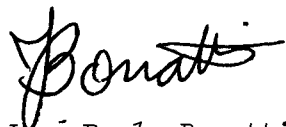

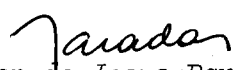


1. Publicação nº <i>INPE-2887-RTR/040</i>	2. Versão	3. Data <i>Set., 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input checked="" type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME/DPM</i>	Programa <i>PNTE/METBA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>ANALISE OBJETIVA INTERPOLAÇÃO OTIMA SUB-ROTINA GRÁFICA</i>			
7. C.D.U.: <i>551.509.3</i>			
8. Título <i>UM ESQUEMA OPERACIONAL DE PREVISÃO NUMÉRICA DE TEMPO</i>		<i>INPE-2887-RTR/040</i>	10. Páginas: <i>43</i>
			11. Última página: <i>B.2</i>
9. Autoria <i>Marco Antonio Maringolo Lemes Yoshihiro Yamazaky Sérgio Henrique Franchito Rosalvo Pinheiro dos Santos Claudio Solano Pereira</i>			12. Revisada por  <i>José Paulo Bonatti</i>
Assinatura responsável 			13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada Diretor Geral</i>
14. Resumo/Notas <i>Neste trabalho é apresentado um esquema completo de previsão numérica de tempo que inclui o modelo barotropico de equações primitivas anteriormente desenvolvido no Departamento de Meteorologia do INPE/CNPq. O esquema é completo por conter todas sub-rotinas de computador necessárias à preparação inicial de campos de entrada, dinamicamente ajustados, para o modelo mencionado. Procedimentos aos usuários são apresentados visando o uso generalizado deste esquema ou de suas partes.</i>			
15. Observações			

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos ao Dr. Antonio Divino Moura pelo seu constante interesse e todo apoio fornecido. Os agradecimentos são extensivos a Sra. Iracema F.A. Cavalcanti, Srs. Manoel A. Gan e Sérgio R.C. Rocha pelas sugestões e críticas dos resultados do experimento; ao Sr. José Paulo Bonatti, pelo excelente trabalho de revisão técnica e a Sra. Vera L.C. Corrã, pelas prontas datilografia e arranjo final do relatório.

ABSTRACT

A complete scheme of numerical weather prediction is presented in this paper. The scheme is centered on the barotropic primitive-equation model, previously developed at the Department of Meteorology of INPE/CNPq. The scheme includes all computer programs necessary to generate the dynamically adjusted input fields. User's procedures are given aiming at the generalized use of this scheme or parts of it.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>vii</i>
LISTA DE SÍMBOLOS	<i>ix</i>
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>ANÁLISE OBJETIVA DO ESQUEMA</u>	2
3 - <u>O MODELO DE PREVISÃO</u>	8
4 - <u>DESCRIÇÃO DOS ARQUIVOS DO ESQUEMA</u>	9
5 - <u>SUB-ROTINAS GRÁFICAS</u>	12
6 - <u>UM EXEMPLO DE PREVISÃO</u>	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS DE ENTRADA	
APÊNDICE B - PARÂMETROS DE CONTROLE DE "ENTRAD"	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Campo de vorticidade para o nível de 500 mb, 23 de junho de 1980, 12:00 TMG	5
2 - Campo de função de corrente para o nível de 500 mb, 23 de junho de 1980, 12:00 TMG	6
3 - Campo de altura geopotencial para o nível de 500 mb, 23 de junho de 1980, 12:00 TMG	7
4 - Diagrama de bloco do esquema completo de Previsão Numérica de Tempo	10
5 - Campo de ventos observados para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG	13
6 - Campo interpolado pelo programa ANÁLISE, para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG	14
7 - Campo de vorticidade gerado no Programa ANÁLISE para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG	15
8 - Campos de funções de corrente e vento não-divergente associado para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG	16
9 - Campos de altura geopotencial e vento geostrofico associado, para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG	17
10 - Campo de altura geopotencial para o nível de 500 mb, 24 de junho de 1980, 12:00 TMG, como previsto pelo modelo, a partir de dados de ventos de 23 de junho de 1980, 12:00 TMG ..	19
11 - Campo observado de altura geopotencial para o nível de 500 mb, 24 de junho de 1980, 12:00 TMG (a ser comparado com a Figura 10)	20

LISTA DE SÍMBOLOS

f - Parâmetro de coriolis (s^{-1}) .

\hat{k} - Versor vertical .

\vec{V}_ψ - Vento não-divergente ($m\ s^{-1}$) .

∇^2 - Laplaciano horizontal .

ψ - Função de corrente ($m^2\ s^{-2}$) .

ζ - Vorticidade do vento observado (s^{-1}) .

ζ_g - Vorticidade do vento geostrofico (s^{-1}) .

1 - INTRODUÇÃO

Um esquema completo de previsão numérica de tempo foi im-
plantado no Centro de Modelagem Atmosférica (CEMA) do Departamento de
Meteorologia do INPE/CNPq, o qual é servido pelas facilidades computa-
cionais do sistema CYBER-170/750 do Instituto de Estudos Avançados (IEAv)
do CTA/M.Aer., através do CYBER 18/05.

O esquema é completo por ser composto de programa de com-
putador que inclui desde o preparo prévio dos dados meteorológicos até
a elaboração da previsão propriamente dita. O esquema inclui também sub-
-rotina de visualização gráfica que coloca os produtos numéricos em for-
ma bastante conveniente para pronta interpretação. O esquema está sendo
exaustivamente testado com dados reais com o propósito de avaliar seu
desempenho em tratar diferentes situações sinóticas.

Mais exatamente, dentre o conjunto de tarefas do esquema,
encontra-se uma de iniciação, tipo estática, aqui aplicada ao modelo ba-
rotrópico de equações primitivas e de área limitada, desenvolvido por
Lemes et alii (1978). Este modelo já foi testado em alguns estudos de
simulação, como aqueles de Satyamurty et alii (1980) e Moura e Kagano
(1980), e a razão de escolher 10 para o esquema completo foi devido a
sua pronta disponibilidade e à sua relativa simplicidade física (conser-
vação de vorticidade potencial absoluta em um escoamento barotrópico com
divergência).

Apesar de o esquema estar essencialmente voltado para o
caso específico da previsão numérica, é importante observar que algumas
sub-rotinas da fase de iniciação podem ser úteis em diversas pesquisas
em desenvolvimento dentro do INPE, como por exemplo aquelas que concer-
nem estudos diagnósticos de sistemas sinóticos ("case studies").

A *viabilidade técnica* da implantação de previsão numérica
de tempo (PNTE) no INPE/CNPq, sua praticabilidade, depende não só das
observações (qualidade e boa cobertura espacial), mas principalmente do

tempo necessário à elaboração das análises de todos os campos iniciais requeridos pelo modelo. É nesta etapa que se interpolam os campos para os pontos de grade da área de integração, a partir de seus valores observados, e que computam aqueles que, apesar de não serem medidos diretamente, são necessários como dados de entrada.

Obviamente, o que se deseja é obter campos com a maior precisão possível, tanto nos traçados como na elaboração das análises. Em termos práticos, isto deve implicar o uso de todas as informações disponíveis numa tarefa certamente demorada e tediosa, quando se considera a enorme quantidade de dados meteorológicos envolvidos. O programa ANÁLISE que faz a análise objetiva de dados meteorológicos elimina grande parte destas inconveniências técnicas. Trata-se de uma versão adaptada do programa desenvolvido originalmente pelo Stanford Research Institute para o tratamento de informações de ventos medidos por aviões. Este programa fonte, elaborado em linguagem FORTRAN IV, versão 2.1 da CDC, encontra-se devidamente documentado em Mancuso e Endlich (1973). Deve-se mencionar uma segunda versão, de uso mais generalizado, que inclui, somente a parte de interpolação e que pode ser estendida até a quatro campos escalares, adaptada e implantada por Fortune (1981) no sistema Burroughs 6800 do INPE/CNPq.

A visualização gráfica dos diferentes campos meteorológicos, utilizados em gerador pelo programa ANÁLISE é feita pelo programa PLOTAR. Este programa é uma versão adaptada daquele desenvolvido por Yamazaki e Franchito (1982) denominado CONTUR. A nova versão de CONTUR, além do traçado de isolinhas, foi implementada por comandos para traçados de vetores e é inteiramente responsável pela visualização gráfica dos produtos da ANÁLISE.

2 - ANÁLISE OBJETIVA DO ESQUEMA

As duas finalidades principais da análise objetiva são: obter todos os campos de interesse em pontos de grade e, no tocante à composição espectral dos dados de entrada, ajustá-los dinamicamente de modo a se ter um certo controle sobre as ondas de alta frequência.

No presente esquema de PNTE, somente requerem-se dados de ventos de um único nível da atmosfera (geralmente 500 mb). Valores de ventos em pontos de grade, de uma área de previsão pré-selecionada, obtidos usando o método de mínimos quadrados no ajustamento de superfícies polinomiais de primeira ordem, a um certo número de observações.

As observações são ponderadas por um fator inversamente proporcional à distância entre o ponto de grade e as localidades das observações usadas no processo de interpolação. Uma certa anisotropia é introduzida ao se dar maior peso às informações na direção (ambos sentidos) do escoamento. Existem opções de incorporar, usando pesos convenientes, informações de outros horários e outros níveis que não os da análise. Outros procedimentos de edição dos dados de entrada são também disponíveis através de seleção de parâmetros de controle.

Na presente configuração, o esquema apresenta uma análise objetiva com iniciação do tipo estático, onde o campo de altura geopotencial é obtido resolvendo a equação não-linear de balanço. Juntamente com o campo interpolado de ventos, este campo de altura geopotencial servirá de entrada para o modelo barotrópico de previsão. O método de resolução de equação de balanço é brevemente descrito a seguir.

O campo de vorticidade relativa, ζ , é computado usando os valores das componentes u e v , nos pontos de grade. Logo após, um campo de vento \vec{V}_ψ , com divergência nula, porém mantendo a mesma vorticidade calculada, é obtido através de um método desenvolvido por Endlich (1967). Este, ao contrário de resolver a equação de Poisson,

$$\nabla^2 \psi = \zeta, \quad (1)$$

(onde $\nabla^2 = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$ e ψ a função de corrente) consiste em, através de mudanças iterativas nos valores de u e v do campo original, transformá-lo em um outro que satisfaça aos valores especificados de divergência e vorticidade. Evita-se, assim, a dificuldade prática de especificar valores de fronteira para ψ .

Mesmo na obtenção da função de corrente propriamente dita, esse problema de valores de fronteira é em grande parte contornado ao se usar o método iterativo de direções alternadas do tipo Gauss-Seidel (Richtmyer, 1967), na solução da Equação (1), ao invés do tradicional método de relaxação. Por ora, o campo de função de corrente é usado somente para propósitos de visualização de escoamento.

As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, os campos de vortacidade e da função de corrente associada, para o nível de 500 mb, 23 de junho de 1980, 12:00 TMG. A visualização destes campos foi feita pela impressora, via sub-rotina ZEBRA, e as plotagens destes campos aparecem na Seção 4, a título de ilustração das sub-rotinas gráficas recentemente implantadas nas facilidades computacionais do CEMA.

Finalmente, calcula-se, com o campo de vento não-divergente, o lado direito da equação de balanço:

$$\nabla^2 \phi = f\zeta + \hat{k} \times \nabla f \cdot \vec{V}_\psi - \nabla \cdot (\vec{V}_\psi \cdot \nabla \vec{V}_\psi), \quad (2)$$

onde f é o parâmetro de Coriolis e \hat{k} o versor vertical. O vento geostrófico é então obtido através de alterações sucessivas no campo de \vec{V}_ψ forçando-o a satisfazer a um campo de vortacidade geostrófica, ζ_g dado por:

$$\zeta_g = \frac{1}{f} \nabla^2 \phi \quad (3)$$

(A divergência do vento geostrófico à aproximação dos meridianos nas latitudes altas é considerado desprezível.)

O campo de geopotencial é calculado resolvendo uma segunda equação de Poisson, mais exatamente a Equação (3). O conhecimento do vento geostrófico e o uso do método de direções alternadas determinam a vantagem deste tipo de procedimento sobre o método de relaxação, no que diz respeito ao estabelecimento de condições de fronteira.

VORTICIDADE

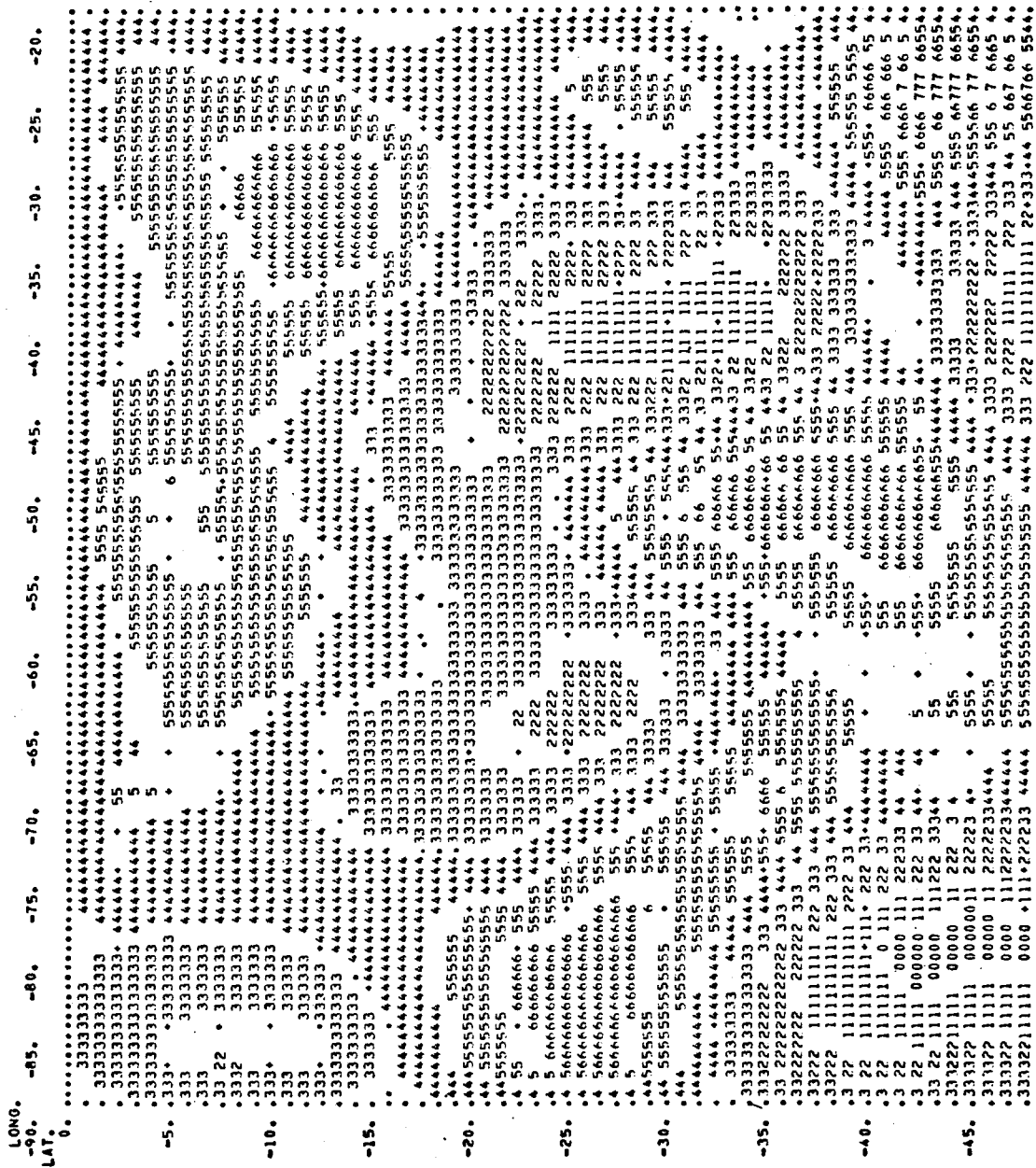


Fig. 1 - Campo de vorticidade para o nível de 500 mb, 23 de junho de 1980, 12:00 TMG.

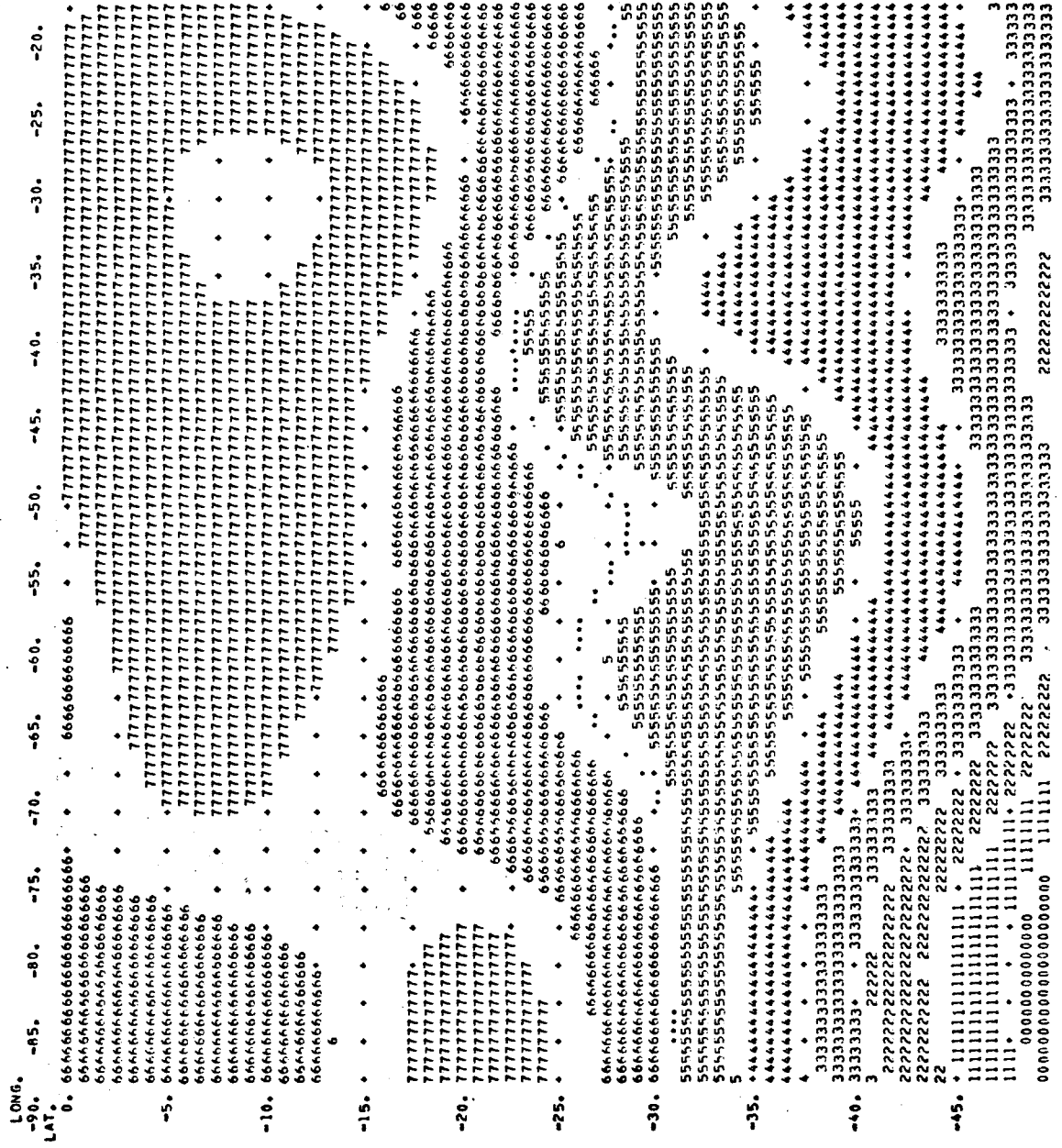


Fig. 2 - Campo de função de corrente para o nível de 500 mb, 23 de junho de 1980, 12:00 TMG.

A Figura 3 mostra o campo de altura geopotencial corresp_ondente aos dados de entrada.

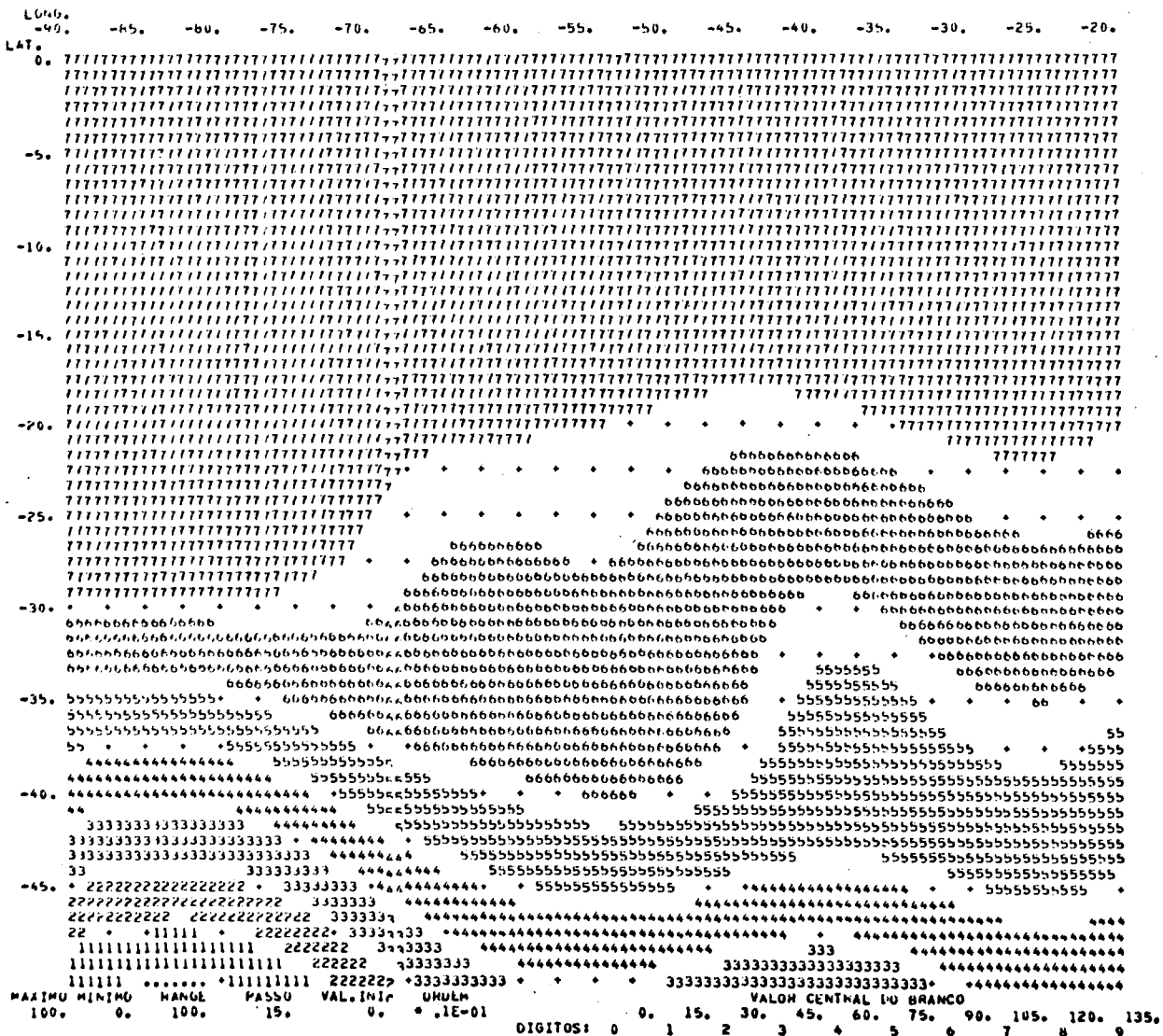


Fig. 3 - Campo de altura geopotencial para o nível de 500 mb, 23 de junho de 1980, 12:00 TMG.

Um arquivo permanente de dados, contendo os campos originais de vento e de altura geopotencial, é criado a fim de "alimentar" o modelo de previsão propriamente dita.

Finalmente, essa fase de iniciação, de caráter modular, deverá ser substituída por uma de modos normais. A identificação dos modos de ondas de Rossby e gravidade inerciais (possível devido ao conhecimento das auto-funções do modelo), servirá de base para uma filtragem seletiva dos dados de entrada. Ainda, a técnica de modos normais permitirá uma constante monitoração da composição espectral dos prognósticos numéricos e viabilizará o processo de assimilação de dados assinóticos.

3. O MODELO DE PREVISÃO

O modelo de previsão do esquema é um modelo barotrópico de equações primitivas, desenvolvido no próprio Departamento de Meteorologia do INPE/CNPq e documentado por Lemes et alii (1978). São apresentadas aqui apenas suas características gerais.

As equações do modelo são as equações do movimento e da continuidade de massa, escritas para uma atmosfera barotrópica, ou seja, as equações de água-rasa.

Trata-se de um modelo de área limitada, com uma grade esférica de espaçamento angular uniforme, em latitude e longitude de 2.5° . Tanto os espaçamentos latitudinal e longitudinal, como o tamanho e a posição da grade podem ser escolhidos através dos parâmetros de controle do arquivo ENTRAD. Em sua versão atual, a grade é limitada pelas latitudes 0° e 50° S e longitudes 90° W e 20° W.

Uma das deficiências do modelo está certamente relacionada com o tipo de condições de fronteiras e só será devidamente reparada com o aumento da área de previsão, idealmente para uma grade hemisférica. No entanto, a exigência de cobertura observacional proporcio

nalmente adequada impõe graves restrições nesse sentido, restrições estas, no entanto, que poderão ser gradativamente eliminadas pela utilização de dados não-convencionais, em especial os de satélites meteorológicos.

No modelo do presente esquema são usadas condições de contorno cíclicas na direção leste-oeste e as chamadas "condições de Shuman" (vento zonal em equilíbrio geostrófico) nas fronteiras norte e sul. Ressalta-se que, após a implantação do programa de iniciação por modos normais, poder-se-ão introduzir algumas melhorias visando diminuir os inconvenientes dos modos espúrios que surgem com o uso de condições (necessariamente) artificiais.

A integração do modelo é feita usando o esquema de diferença finitas de "Matsumo" ou "Enter atrasada" com $\Delta t = 10$ minutos. As diferenças finitas em espaço são do tipo "semimomentum de 9 pontos".

Como produtos de saída do modelo, podem-se ter: campos de vento, função de corrente, altura geopotencial, divergência e vorticidade que podem ser impressos ou plotados a intervalos de tempo previamente escolhidos (geralmente 12 horas).

4. DESCRIÇÕES DOS ARQUIVOS DO ESQUEMA

Um diagrama de blocos do esquema completo é mostrado na Figura 4 visando retratar sua estruturação geral.

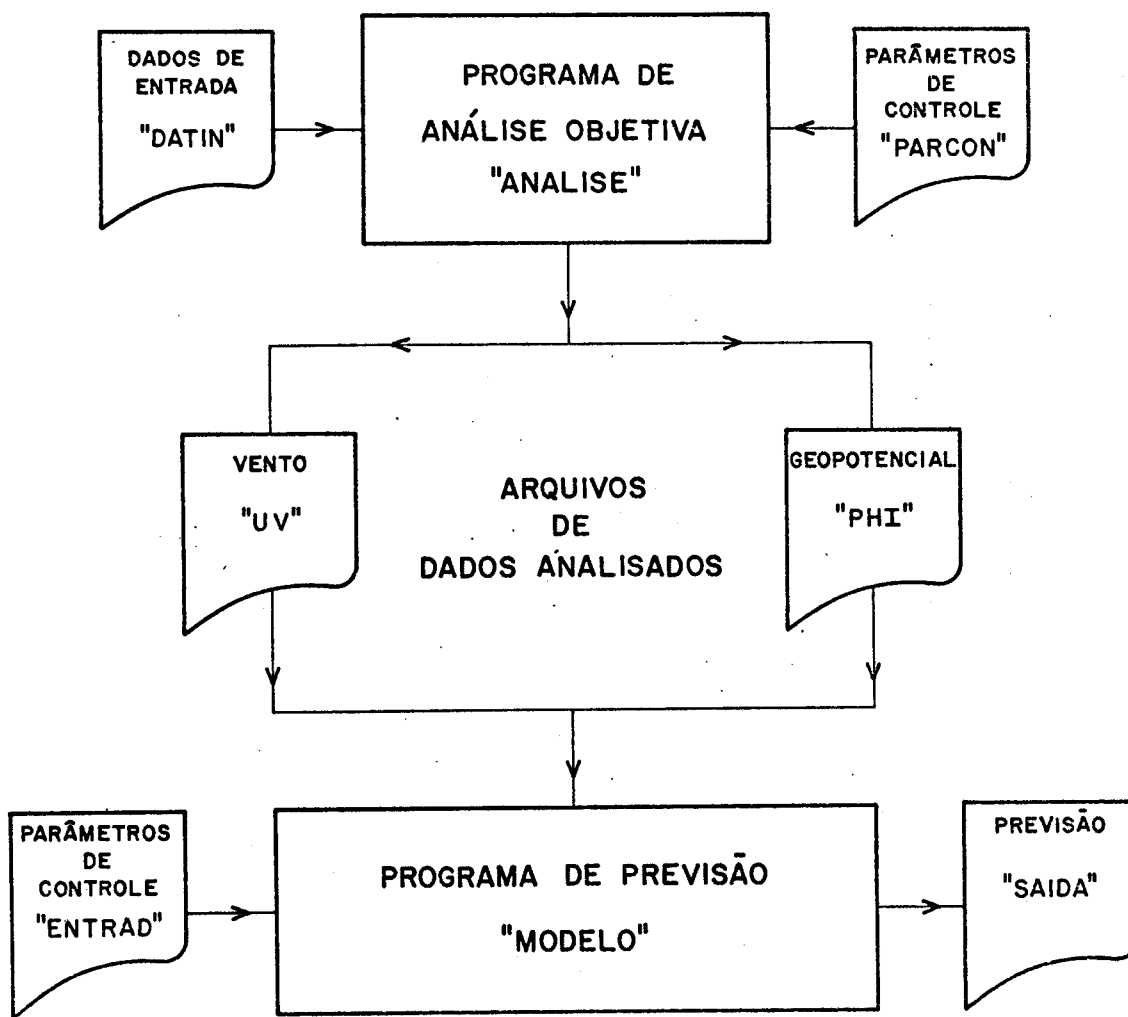


Fig. 4 - Diagrama de bloco do esquema completo de Previsão Numérica de Tempo.

Uma breve discussão dos vários arquivos de dados e programas são descritos a seguir.

1. *ARQUIVO "DATIN"*: Trata-se de um arquivo de dados de entrada criado inicialmente pelo usuário. As informações de horário de observação (TS), latitude e longitude da estação (YS e XS, respectivamente), um campo escalar (HS) e de um campo vetorial, geralmente ventos, especificado pela magnitude em ms^{-1} , (VS) e pelo ângulo meteorológico (US), são digitalizados via terminal. O número máximo de informações é 400. A forma dos dados de entrada aparece no apêndice A (cartão I).

As observações entram, portanto, via terminal ou mesmo em cartões, mas à medida que modelos de previsão mais complexos forem implantados tornar-se-á necessário automatizar esta fase. Os dados poderiam entrar diretamente através de outros periféricos, como por exemplo via Telex, após serem devidamente decodificados e testados.

2. *ARQUIVO "PARCON"*: Trata-se de um arquivo de dados que contém todos os parâmetros que controlam os tipos de dados de entrada e de análise, bem como as características gerais de tamanho e localização de grade, pesos, tipos de visualização gráfica etc. É constituído de 6 cartões: A, B, C, D, E e F. A função dos parâmetros que aparecem nestes cartões, com seus valores típicos, é apresentada no Apêndice A.
3. *PROGRAMA "ANALISE"*: É o programa principal de análise objetiva extensivamente documentado na própria listagem do programa.
4. *ARQUIVO "UV E "PHI"*: Tratam-se de dois arquivos de dados gerados pelo programa ANALISE e que serão lidos pelo programa "MODELO". Existe uma fase de iniciação no modelo de previsão que também constrói um campo de altura geopotencial, em conformidade com o vento não-divergente associado ao vento observado. Na configuração presente esta iniciação dentro do MODELO é evitada, por mo

motivos de "contaminação" de condições de contorno. Dã-se preferência, por razões já mencionadas, ao campo de geopotencial criado em ANALISE e colocado no arquivo PHI de saída/leitura.

5. *ARQUIVO "ENTRAD"*: É um arquivo com parâmetros de controle para o modelo de previsão propriamente dito. Contém os parâmetros de definição da grade, incremento de tempo e opções de suavização nos resultados numéricos antes de imprimi-los, e é também o campo de topografia usado no modelo. Os valores destes parâmetros devem ser consistente com aqueles do arquivo "PARCON". A impressão deste arquivo sempre precede a saída dos resultados numéricos propriamente ditos. A função destes parâmetros é apresentada no Apêndice B.
6. *PROGRAMA "MODELO"*: É o programa do modelo barotrópico de equações primitivas (Lemes et alii, 1978).
7. *ARQUIVO "SAÍDA"*: É um arquivo permanente criado pelo programa "MODELO" contendo todos os prognósticos numéricos a intervalos de tempo selecionados em "ENTRAD".
8. *ARQUIVO "APLOTA"*: É um arquivo criado pelo programa ANALISE (e/ou MODELO) que contém os dados a serem apresentados em forma gráfica.

5 - SUB-ROTINAS GRÁFICAS

As sub-rotinas, produzidas para a visualização gráfica dos diversos campos iniciais ou analisados e produzidos pelo programa ANALISE ou MODELO, são executadas através do programa PLOTAR. Este programa é constituído de sub-rotinas que permitem o traçado de isolinhas de um campo escalar devidamente gradeado ou de vetores em quaisquer pontos sobre uma dada área. Na presente versão os produtos gerados pelo programa GRADE são submetidos ao programa PLOTAR e as plotagens são visualizadas em um terminal gráfico TECKTRONIX para uma posterior saída em papel via CALCOMP.

As plotagens do campo inicial de vento e o interpolado são apresentadas nas Figuras 5 e 6, respectivamente, e o campo de vortividade na Figura 7. Na Figura 8 são plotados a função de corrente e os valores do vento não-divergente, enquanto os campos de vento geostrofico e geopotencial são mostrados na Figura 9.

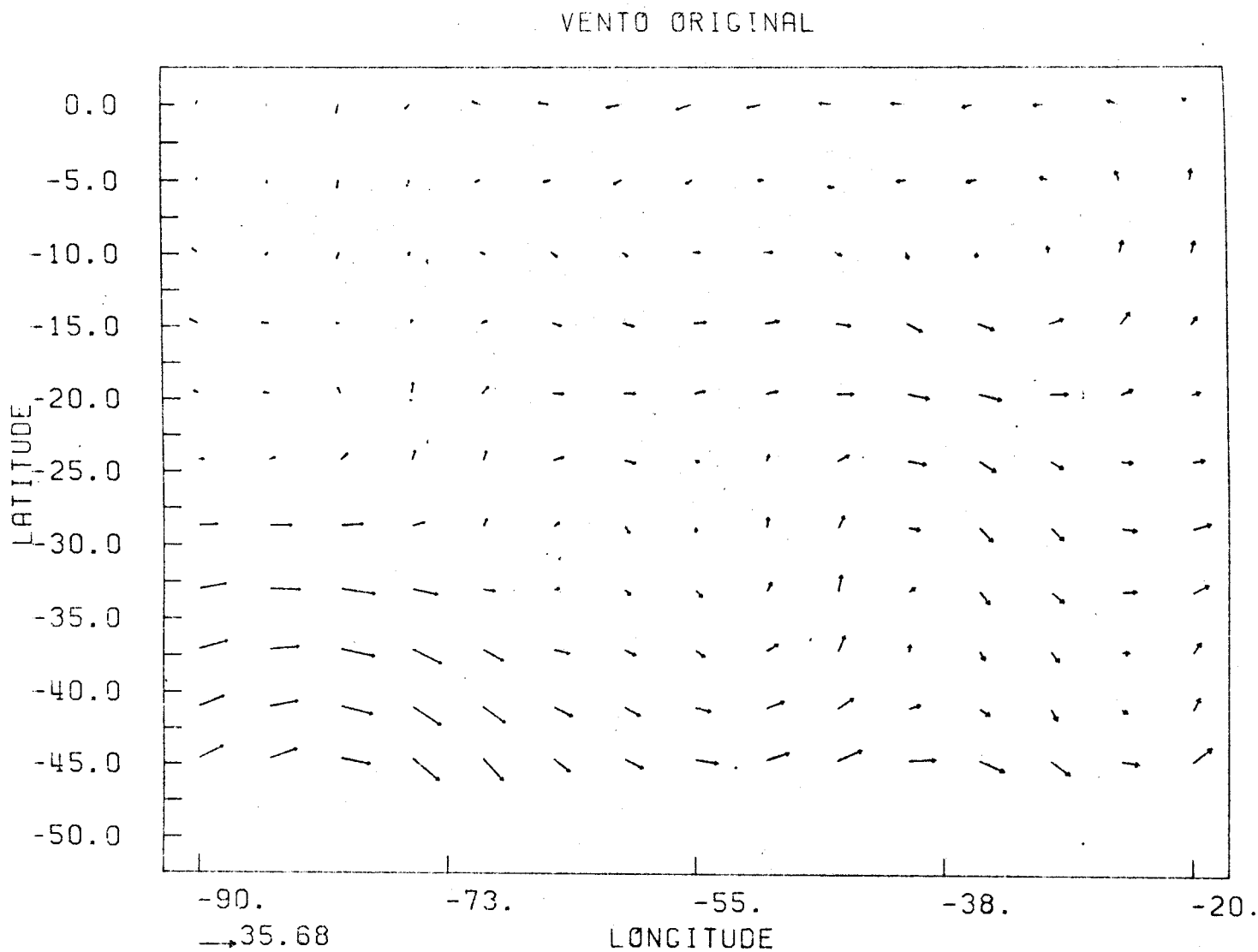


Fig. 5 - Campo de ventos observados para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG.

VENTO INTERPOLADO

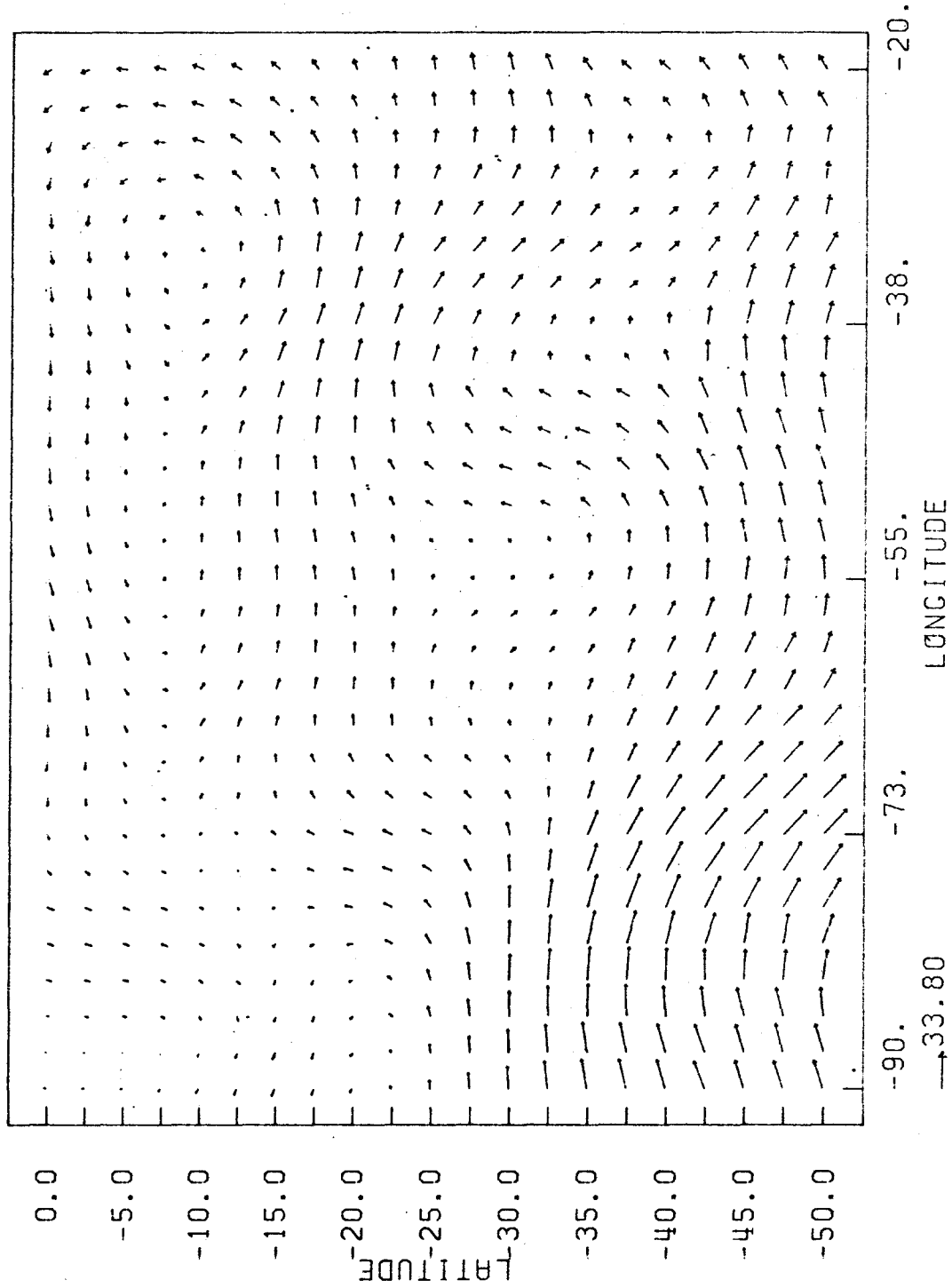


Fig. 6 - Campo interpolado pelo programa ANALISE, para o nível de 500 mb, 23 de junho, 23:00 TMG.

CAMPO DE VORTICIDADE

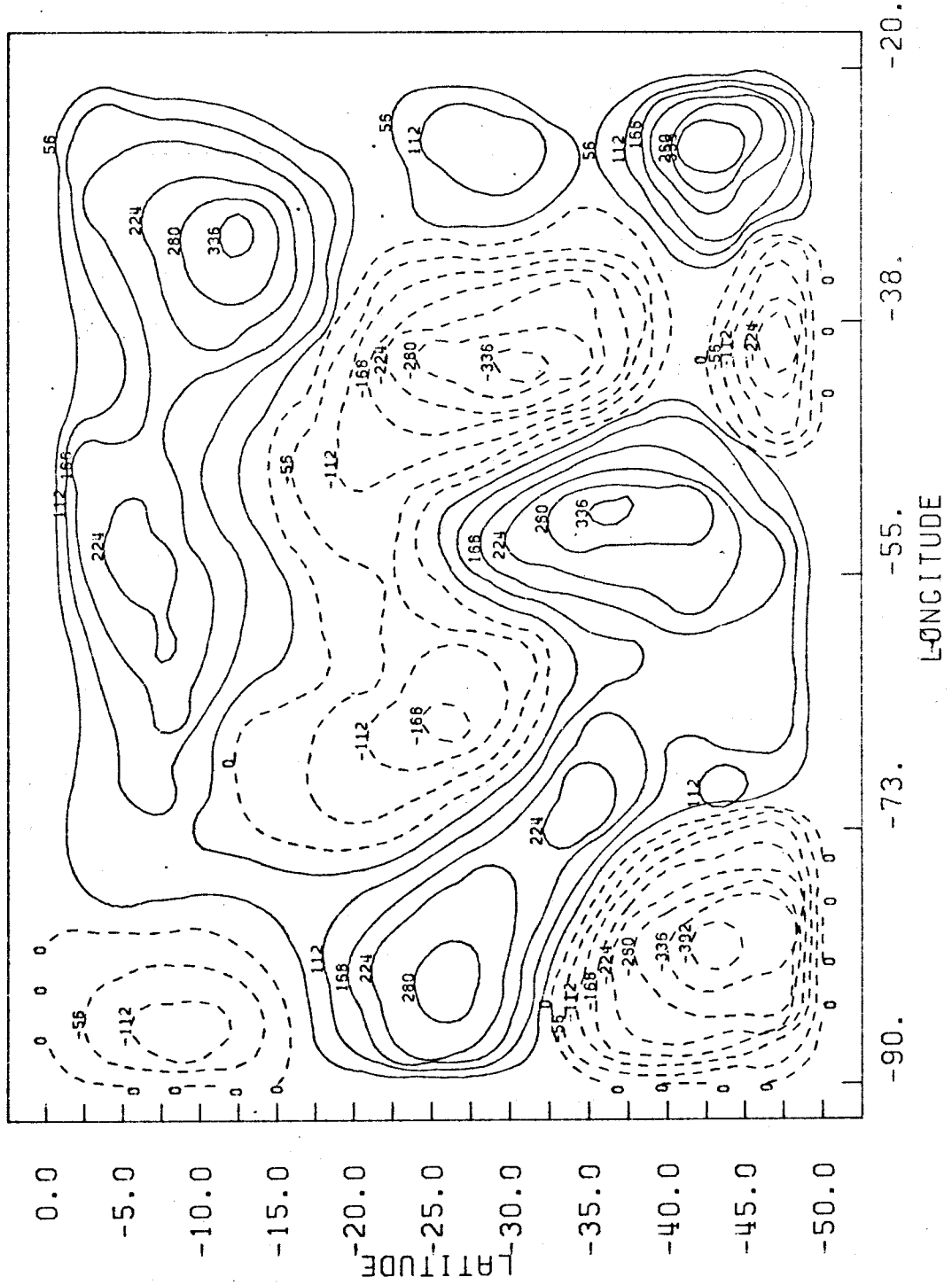


Fig. 7 - Campo de vorticidade gerado no Programa ANALISE para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG.

VENTO N. DIVERG. E FUNC. CORRENTE

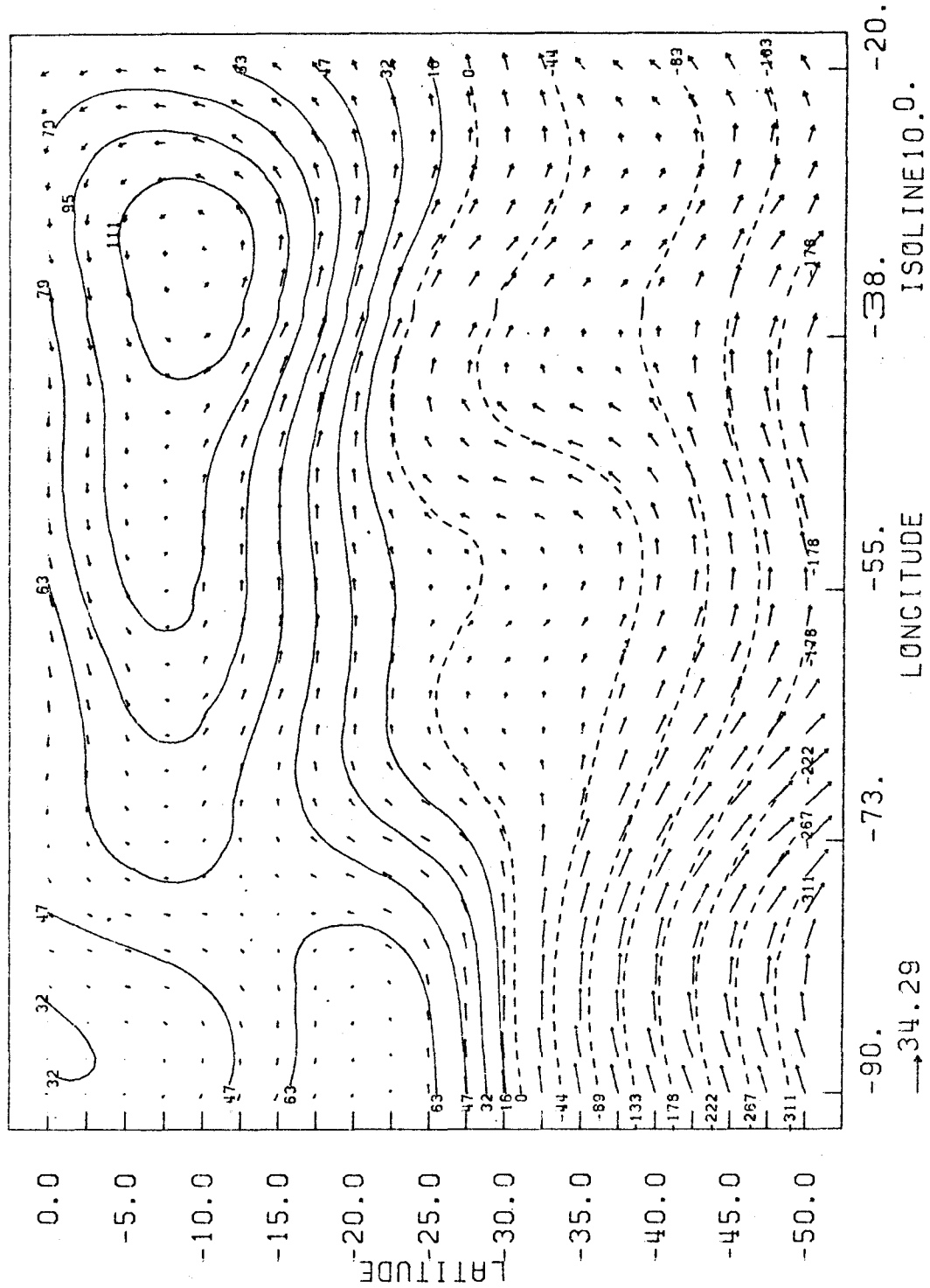


Fig. 8 - Campos de funções de corrente e vento não-divergente associado para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG.

VENTO GEOSTRÓFICO E GEOPOTENCIAL

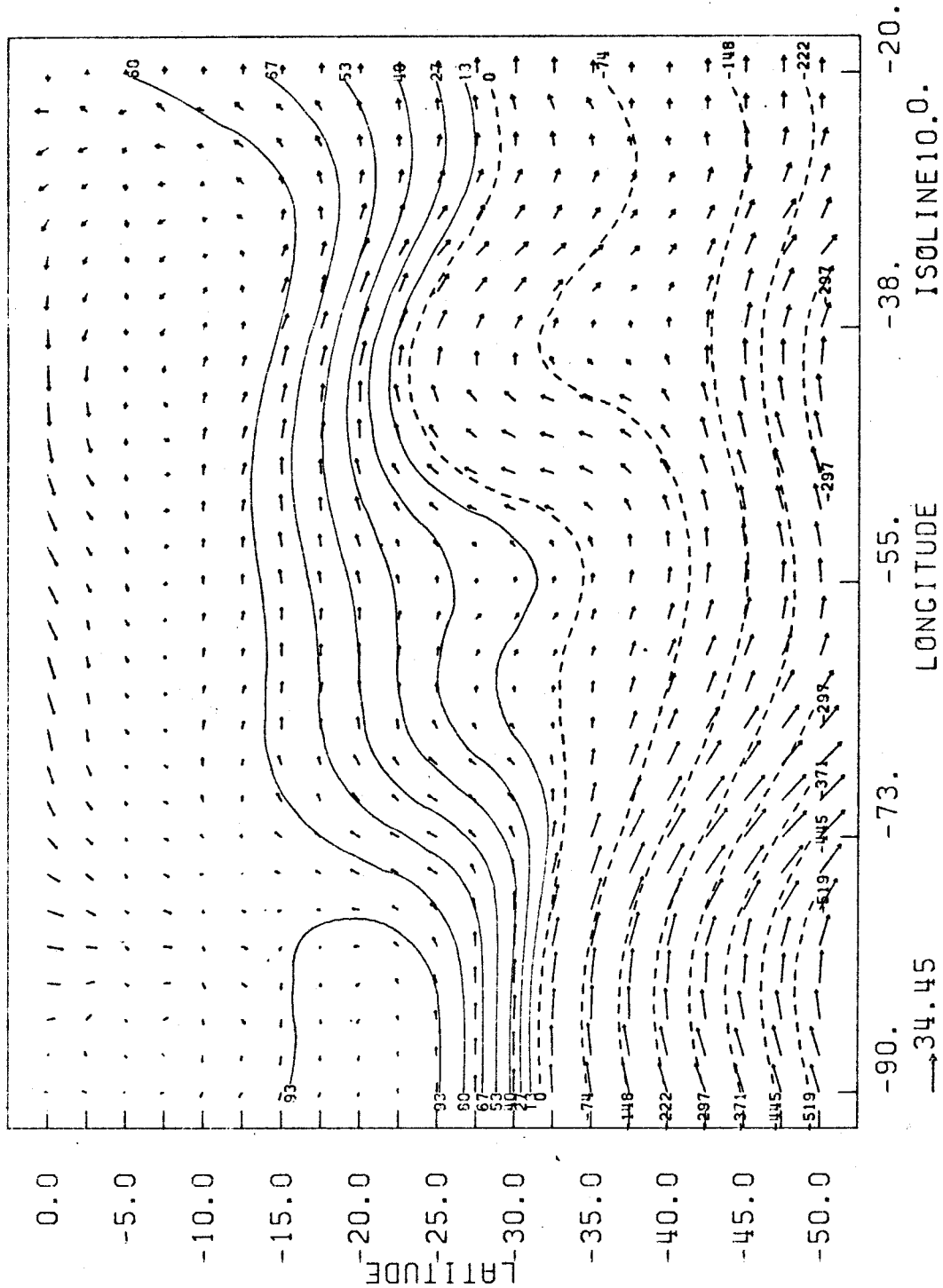


Fig. 9 - Campos de altura geopotencial e vento geostrófico associado, para o nível de 500 mb, 23 de junho, 12:00 TMG.

6. UM EXEMPLO DE PREVISÃO

Um experimento de previsão numérica é aqui incluído a título de ilustração.

Os dados de entrada (campo de ventos em 500 mb para o dia 23.06.80 às 12:00 TMG) foram extraídos das análises preparadas pelo Centro Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos para a região tropical até 48°S. Estes dados constituem uma mistura de dados convencionais, dados de satélites e até mesmo de prognósticos numéricos fornecidos por modelos operacionais.

A área da previsão está compreendida entre o equador e 50°S e as longitudes de 20° e 90°W.

Neste trabalho não consta nenhuma tentativa de avaliar quantitativamente os resultados obtidos, visto ser a finalidade do relatório apresentar o esquema completo. Uma avaliação quantitativa é, no entanto, indispensável e deverá ser feita simultaneamente ao processo de levantamento da climatologia numérica do modelo. Neste relatório os diferentes campos de altura são comparados através de impressões pela sub-rotina ZEBRA com valores normalizados.

Na carta inicial (Figura 3) nota-se um cavado T_1 em torno da longitude de 38°W estendendo-se praticamente na direção norte-sul de 20°S a 45°S. Este cavado T_1 , nas 24 horas seguintes, se desloca de aproximadamente 8° longitude (em 30°S), mantendo-se com a mesma inclinação (Figura 11). Este deslocamento foi ligeiramente (~7°) menor na carta prevista (Figura 10).

Uma outra configuração de destaque na carta inicial é uma crista R_1 que se estende de aproximadamente de 25°S até a fronteira sul do modelo (Figura 3). Esta crista teve um deslocamento relativamente mais rápido (~10° de longitude para a mesma latitude de 30°S) e experimentou uma intensificação 24 horas após (Figura 11) com a entrada de um cavado T_3 . Este cavado teve um deslocamento bastante rápido (15° de longitude).

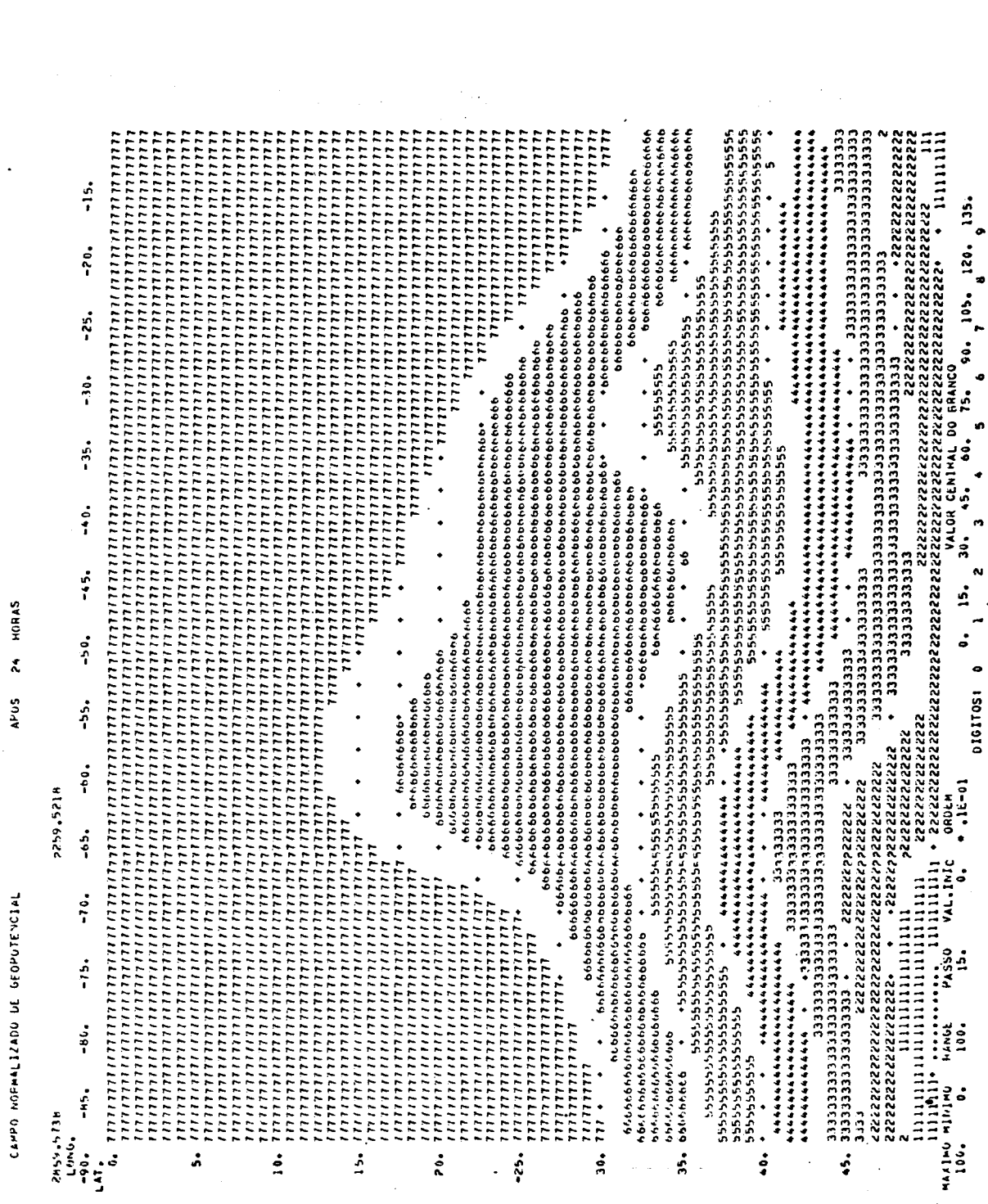


Fig. 10 - Campo de altura geopotencial para o nível de 500 mb, 24 de junho de 1980, 12:00 TMG, como previsto pelo modelo, a partir de dados de ventos de 23 de junho de 1980, 12:00 TMG.

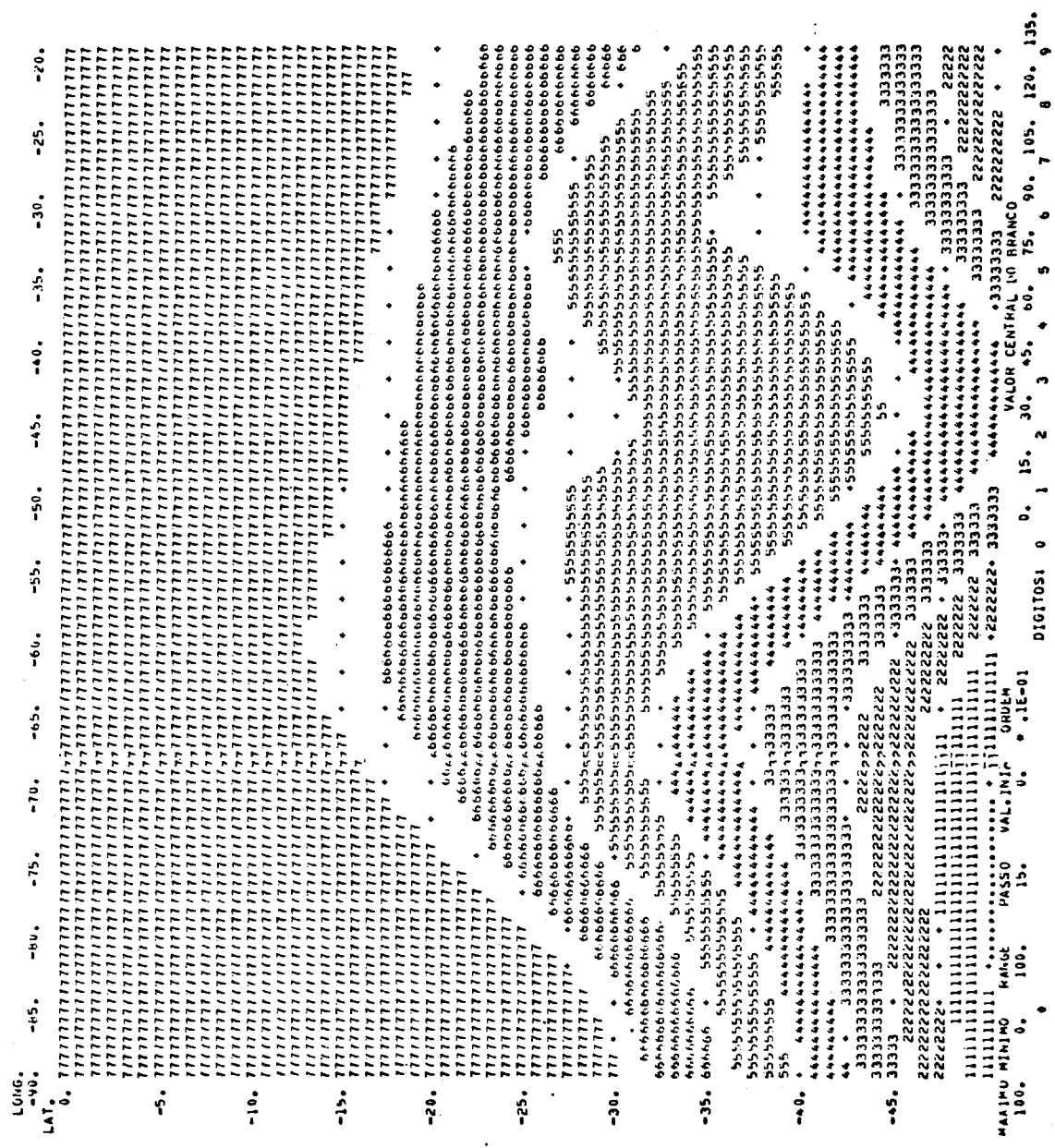


Fig. 11 - Campo observado de altura geopotencial para o nível de 500 mb, 24 de junho de 1980, 12:00 TMG (a ser comparado com a Figura 10).

O modelo previu esses *deslocamentos* satisfatoriamente, porém teve um desempenho pobre em prever as intensificações OBSERVADAS. Isto se deve à própria limitação intrínseca do modelo barotrópico (efeitos baroclínicos característicos de situações de intensificações são ausentes). Ademais, o esquema de integração e as condições de contorno usados no modelo tendem a suavizar os resultados numéricos. Algumas medidas paliativas poderão ser tomadas; quando for implantada uma técnica de modos normais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ENDLICH, R.M. An iterative method for altering the kinematic properties of wind fields. *Journal of Applied Meteorology*, 6:837-844, Oct. 1967.
- ENDLICH, R.M. Direct computation of geostrophic winds for observed winds using the balance equation. *Journal of Applied Meteorology*, 7:994-1003, Dec. 1968.
- FORTUNE, M.A. *A technique to objectively analyze and display meteorological observations*. São José dos Campos, INPE, Oct. 1981. (INPE-1918-RPE/248).
- LEMES, M.A.M.; SANTOS, R.P.; SATYAMURTI, P. *Experimentos de previsão numérica de tempo com um modelo Barotrópico de equações primitivas usando dados teóricos*. São José dos Campos, INPE, ago. 1978. (INPE-1336-NTI/112).
- MANCUSO, R.L.; ENDLICH, R.M. *Wind editing and analysis program - spherical grid (WEAP-IA)*. California, Stanford Research Institute, Ca. Feb. 1973.
- MOURA, A.D.; KAGANO, M.T. *Influência da topografia no escoamento de grande escala no hemisfério sul como simulada por um modelo de equações primitivas*. São José dos Campos, INPE, set. 1980. (INPE-1896-RPE/236).
- RICHTMYER, R.D.; MORTON, K.W. *Difference methods for initial-value problems*. New York, Interscience, 1967. 404 pp.
- SATYAMURTI, P.; SANTOS, R.P.; LEMES, M.A.M. On the stationary trough generated by the Andes. *Monthly Weather Review*, 108(4):510-519, Apr. 1980.
- YAMAZAKI, Y; FRANCHITO, S.M. *COUNTUR PLOT - Uma sub-rotina para traçado de isolinhas - Parte II*. São José dos Campos, INPE, mar 1982. (INPE-2338-RPI/068).

APÊNDICE A

DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS DE ENTRADA

A	NRUN	I10	01 - 10	> 0		1
	IWND	I10	11 - 20	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		0
	ISHR	I10	21 - 30	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		0
	INTS	I10	31 - 40	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
	ITES	I10	41 - 50	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
	ICRT	I10	51 - 60	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
	B	IEDT	I10	01 - 10	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)	
IADJ		I10	11 - 20	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
ICLK		I10	21 - 30	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
IMRG		I10	31 - 40	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
IGPA		I10	41 - 50	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
ISFA		I10	51 - 60	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
IBHA		I10	61 - 70	> 0 (SIM) - ≤ 0 (NÃO)		1
C	LR	I10	01 - 10	1	- 15	15
	LC	I10	11 - 20	1	- 31	31
	KS	I10	21 - 30	1	- 450Q(LRxLC)	7
D	XB	F10.3	01 - 10	-360	- 360(GRAUS)	-220.0
	YB	F10.3	11 - 20	-90	- 90(GRAUS)	60.0
	XD	F10.3	21 - 30	> 0	(GRAUS)	3.0
	YD	F10.3	31 - 40	> 0	(GRAUS)	3.0
C	C2	F10.3	01 - 10	> 0	(GRAUS)	4.0
	W1	F10.3	11 - 20	≥ 0		1.0
	APH1	F10.3	21 - 30	≥ 0		2.0
	APH2	F10.3	31 - 40	≥ 0		0.4
	APH3	F10.3	41 - 50	≥ 0		150.0
	RMAX	F10.3	51 - 60	≥ 0	(GRAUS)	28.0
	X15	F10.3	61 - 70	≥ 0	(GRAUS)	20.0

(continua)

(continuação)

CARTÃO	SÍMBOLO	FORMATO	COLUNA	VALOR-LIMITE	VALOR TÍPICO	
F	CRT	F10.3	01 - 10	- 1 - +1		0.45
	WIM	F10.3	11 - 20	≥ 0		0.025
	RN	F10.3	21 - 30	≥ 0	(GRAUS)	2.5
	ADV	F10.3	31 - 40	≥ 0		0.5
	HSM	F10.3	41 - 50	≥ 0	(KM)	10.0
	TSM	F10.3	51 - 60	≥ 0 - 24	(HORA)	12.0
G1	UN(K)	10F8.2	01 - 80	-	(MS ⁻¹)	11.23
G2	VN(K)	10F8.2	01 - 80	-	(MS ⁻¹)	-5.62
H1	U1(J,K)	10F8.2	01 - 80	-	(MS ⁻¹ KM ⁻¹)	-6.82
	V1(J,K)	10F8.2	01 - 80	-	(MS ⁻¹ KM ⁻¹)	3.34
I	TS(J)	F10.2	01 - 10	0 - 24	(HORA)	14.5
	XS(J)	F10.2	11 - 20	0 ⁰ - -360	(GRAUS)	-170.5
	YS(J)	F10.2	21 - 30	-90 ⁰ - 90 ⁰	(GRAUS)	44.0
	HS(J)	F10.2	31 - 40	≥ 0	(M)	10720.0
	US(J)	F10.2	41 - 50	0 ⁰ - 360	(GRAUS)	110.0
	VS(J)	F10.2	51 - 60	≥ 0	(MS ⁻¹)	21.0
J	TS(J)	F10.2	01 - 10	0 - 24	(HORA)	14.5
	XS(J)	F10.2	11 - 20	0 ⁰ - -360	(GRAUS)	-170.5
	YS(J)	F10.2	21 - 30	-90 ⁰ - 90	(GRAUS)	44.0
	HS(J)	F10.2	31 - 40	≥ 0		10720.0
	US(J)	F10.2	41 - 50	0 ⁰ - 360	(GRAUS)	110.0
	US(J)	F10.2	51 - 60	≥ 0		21.0

- IADJ - Número positivo indicativo da necessidade de fazer um ajuste dos dados para uma determinada hora e uma certa altura; negativa ou nula quando não houver esta necessidade.
- ICLK - Número positivo indicativo da necessidade de fazer um teste de consistência de cada dado com os dados vizinhos; negativo ou nulo quando não houver necessidade deste teste.
- IMRG - Número positivo indicativo da existência de dados complementares a serem incluídos. Negativo ou nulo quando não for o caso.
- IGPA - Número positivo quando for solicitada a análise dos dados de vento. Negativo ou nulo quando não for necessária a análise.
- ISFA - A mesma descrição anterior aplicada à função de corrente.
- IBHA - A mesma descrição anterior aplicada à altura geopotencial.
- LR - Número de linhas.
- LC - Número de colunas.
- KS - Número de observações próximas ao ponto em que deseja fazer a análise.
- XB - Longitude do limite oeste da área.
- YB - Latitude do limite norte da área.
- NRUN - Número positivo indicativo da quantidade de análises a serem executadas.
- IWND - Número positivo quando os dados dos componentes do vento forem fornecidos em pontos de grade; negativo ou nulo quando não o forem.

- ISNR - A mesma descrição anterior aplicada às componentes do cisalhamento do vento.
- INTS - Número positivo quando os dados de vento (direção e magnitude) forem fornecidos em alguns pontos esparsos, e quando não há necessidade de testar os dados; negativo ou nulo quando dados deste tipo não forem fornecidos.
- ITES - A mesma descrição anterior, exceto quando há necessidade de testar os dados.
- ICRT - Número positivo indicativo da criação do arquivo PLOTAR para a plotagem dos dados na CALCOMP. Negativo ou nulo quando não for necessária a plotagem dos dados.
- IEDT - Número positivo indicativo da edição de dados. Consiste do ajustamento, ordenação, verificação e agrupamento dos dados. Quando negativo ou nulo implicará a não-edição dos dados.
- XD - Espaçamento longitudinal da grade.
- YD - Espaçamento latitudinal da grade.
- C2 - Fator de ponderação (peso) das observações de vento.
- W1 - Fator de ponderação (peso) estimado inicialmente.
- APH1 - Fator de ponderação (peso) anisotrópica.
- APH2 - Fator de ponderação (peso) dos horários.
- APH3 - Fator de ponderação (peso) das alturas geopotenciais.
- RMAX - Raio de circunferência que delimita as observações mais próximas da grade que serão selecionadas para obtenção do valor deste ponto de grade.

- X15 - Distância longitudinal máxima a partir do ponto de grade ($\pm x15$) na qual é feita a seleção das KS observações. Quando negativos.
- CRT - Valor crítico usado para a rejeição de dados de vento.
- WIM - Fator de ponderação que é dado na análise dos dados de ventos no teste de seus valores ou do vento do ponto de grade mais próximo (quando inicialmente especificado).
- RN - Valor indicativo do arredondamento que será feito nas latitudes e longitudes na ordenação e agrupamento de seus valores.
- ADV - Fator em que os dados são advectados para a frente e para trás no ajuste do tempo.
- HSM - Altura do nível que a análise será feita.
- TSM - Horário que se deseja a análise.
- UN(J,K) - (LC x LR) valores dos componentes leste-oeste do vento nos pontos de grade (somente quando IWND for negativo)
- VN(J,K) - A mesma descrição anterior aplicada à componente sul-norte do vento.
- U1(J,K) - (LC x LR) valores do cisalhamento vertical da componente leste-oeste do vento ($\partial u/\partial z$, somente quando ISHR for positivo).
- V1(J,K) - A mesma descrição anterior aplicada a $\partial v/\partial z$.
- TS - Hora do dia o programa assume ± 12 horas do valor de TSM).
- XS(J) - Longitude oeste de Greenwich.

APÊNDICE B

PARÂMETROS DE CONTROLE DE "ENTRAD"

Este apêndice apresenta os parâmetros do arquivo "ENTRAD" juntamente com suas funções.

- IM - Número de pontos de grade na direção x.
- JM - Número de pontos de grade na direção y.
- MC - Ordem do polinômio usado na interpolação para efeitos de cont
nuidade cíclica.
- MAX - Número máximo de integrações em tempo.
- DT - Incremento em tempo.
- DGR - Espaçamento angular.
- NC - Número de colunas adicionadas para efeitos de cont
nuidade cíclica.
- NP - Número de pontos-informação usados para interpolação na cont
nuidade cíclica.
- NST1 - Número que determina o instante de tempo $NST1 \times DT$ no qual se
tem a opção de suavização nos dados.
- NST2 - Como NST1.
- NSTEP - Intervalo de tempo, em número de DT, no qual se terá saídas
dos prognósticos numéricos.
- KKS - Determina, se 1, a suavização dos dados no níveis de tempo NST1
e NST2.
- NI - Número de pontos na direção x, após a introdução da cont
nuidade cíclica.

- NJ - Idêntica a JM.
- ND - Dia dos dados de entrada.
- MES - Mês dos dados de entrada.
- NA - Ano dos dados de entrada.
- KS - Determina suavização (1) ou não (0) nos dados de entrada.
- HM - Altura média (constante) de superfície isobárica na qual se faz a previsão.
- ALATO - Latitude do ponto de grade mais ao sul.
- ALONO - Longitude do ponto de grade mais a oeste.
- DGRH - Distância angular ainda para o campo de topografia.
- TK - Permite (se 1) ou não (se 0) a inclusão da topografia.

