

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE NORMAS E PADRÕES AMBIENTAIS
DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL E PADRÕES

DIVISÃO DE QUALIDADE DO AR
SETOR DE METEOROLOGIA

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 045 CEP 05480 PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

ULTRAPASSAGENS DE PADRÕES DE OZÔNIO EM
JUNDIAÍ (1º SEMESTRE DE 1990) : UMA
ABORDAGEM METEOROLÓGICA

CLASS.	
ANEXO	
TOMBO	6914

B404
P248u (RCET)
006917

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Orestes Quércia
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Jorge Wilhelm
Secretário



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DIRETORIA

João Gualberto C. Meneses
Diretor-Presidente

Eduardo San Martin
Diretor de Controle da Poluição

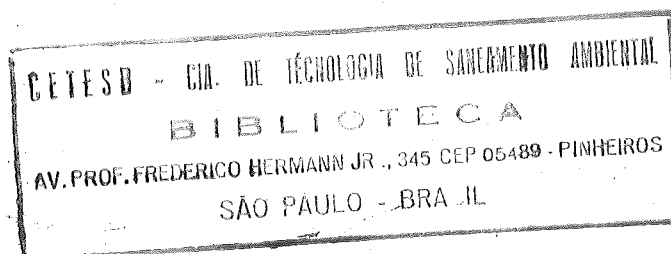
Frederico Pegler Neto
Diretor Administrativo e Financeiro

Laura Maria Regina Tetti
Diretora de Desenvolvimento de Programas e Mobilização

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Octávio Dótoli
Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

ULTRAPASSAGENS DE PADRÕES DE OZÔNIO EM JUNDIAÍ (1º SEMESTRE DE 1980):
UMA ABORDAGEM METEOROLÓGICA.



INTRODUÇÃO:

Como é bastante conhecido, o ozônio é um poluente secundário proveniente de reações fotoquímicas que envolvem uma série de gases presentes nas atmosferas dos grandes centros urbanos. A condição necessária para a ocorrência destas reações é a abundante presença de radiação solar, o que justifica a ocorrência de eventos com ozônio justamente naqueles períodos em que as condições meteorológicas são mais favoráveis à dispersão dos poluentes (durante o verão e em horários próximos ao meio-dia, período este em que as características turbulentas da baixa atmosfera são intensificadas).

Em recentes medidas realizadas pela CETESB na cidade de Jundiaí relativas à avaliação da qualidade do ar na região, foram constatadas algumas ultrapassagens dos padrões prescritos para este poluente durante curtos períodos de tempo.

O fato de esta cidade não ser um centro urbano de grandes proporções nos motiva a acreditar que, apesar deste poluente ser encontrado nesta região, os gases precursores foram originados em algum dos dois grandes aglomerados urbanos dos quais a cidade de Jundiaí encontra-se praticamente equidistante (São Paulo e Campinas). Não foi descartada, todavia, a hipótese de serem estes gases originários da própria área em questão.

A análise meteorológica utilizada tem como objetivo a observação de possíveis mecanismos de transporte atmosférico atuantes na região e o sentido de ocorrência deste transporte. Para tal, nossa metodologia consistiu em tentar realizar a associação de informações provenientes de observações em escala sinótica (continental), com informações de microescala provenientes de dados gerados pela Rede Telemétrica da CETESB, tratados em um programa interpolador. Nossa atenção recaiu basicamente para o estudo dos ventos, mecanismo mais provável de transporte mecânico destes gases precursores.

MATERIAL E MÉTODOS:

Os referidos períodos em que observamos ultrapassagens de padrões, juntamente com as concentrações registradas são expostos a seguir.

Tabela 1: Períodos em que ocorreram elevações nos níveis de ozônio, concentrações e respectivas avaliações de qualidade do ar.

dia	hora	concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	avaliação da qualidade do ar
16/02		80	aceitável
	13	84	aceitável
	14	376	má
	15	339	má
01/04	11	104	aceitável
	12	127	aceitável
	13	143	aceitável
	14	161	inadequada
	15	196	má
	16	231	má
	17	192	má
18	139	aceitável	
19	84	aceitável	
03/04	11	100	aceitável
	12	139	aceitável
	13	161	inadequada
	14	139	aceitável
	15	143	aceitável
16	119	aceitável	
06/04	10	88	aceitável
	11	161	inadequada
	12	135	aceitável
	13	120	aceitável
	14	139	aceitável
	15	116	aceitável
16	104	aceitável	
11/04	14	100	aceitável
	15	161	inadequada
	16	120	aceitável
	17	112	aceitável
18	88	aceitável	

Como podemos notar, os horários em que obtivemos ultrapassagens dos padrões são aqueles de máxima incidência de radiação solar.

A análise meteorológica dos mecanismos de transporte foi realizada a partir do levantamento das cartas sinóticas de superfície e de ar superior (nível de 850 mb), sendo que o levantamento foi realizado tanto para o dia de ocorrência do evento como para o dia precedente. Foi elaborada uma rápida descrição das condições meteorológicas atuantes em superfície no continente e uma descrição da tendência do fluxo de vento em grande escala na região, a

partir destes sistemas e das observações referentes às estações meteorológicas no estado de São Paulo, no horário das 1800 GMT (dia anterior ao evento) e das 1200 GMT (dia do evento). Foram levantadas também a direção e a velocidade do vento resultantes da radiossondagem efetuada no aeroporto de Congonhas no horário das 1200 GMT para o nível de 850 mb.

Os resultados destas análises são mostrados a seguir:

Tabela 2: Análise sinótica e de fluxo de vento para os dias de ocorrência dos eventos e seus precedentes:

dia	análise sinótica em superfície	circulação em 850 mb (1200GMT)	vento em 850 mb	
			dir.	vel.(m/s)
15/02	1800GMT: sistema frontal de baixa pressão c/ núcleo no oceano e frente no RJ. Ventos predominantes de W/SW, de intensidade fraca no continente.	ciclônica	WNW	6.0
16/02	1200GMT: persiste o sistema de baixa frontal c/ deslocamento da frente para o oceano. Ventos predominantes no continente são de NW com fraca intensidade.	ciclônica	NW	2.0
31/03	1800GMT: frente fria no litoral do Paraná associada a uma circulação de baixa pressão no continente, com ventos predominantes de NE/NW.	ciclônica	N	5.0
01/04	1200GMT: frente fria em dissipação no oceano do litoral de São Paulo. Circulação de alta pressão no continente, com ventos de SE/E.	anticiclônica	E	5.0
02/04	1800GMT: circulação de baixa pressão sobre o estado de São Paulo e ventos predominantes de NE/NW com intensidade de fraca a moderada.	anticiclônica	NNW	10.0
03/04	1200GMT: frente fria no sul de São Paulo com circulação de baixa pressão, ventos predominantes de N com baixa intensidade.	anticiclônica	W	2.0

Tabela 2 (cont.):

05/04	1800GMT: circulação de baixa pressão sobre o estado de São Paulo, com ventos predominantes de N/NW e fraca intensidade.	ciclônica	NNW	5.0
06/04	* 1200GMT: circulação de baixa pressão sobre o estado de São Paulo, com ventos predominantes de E/NE e fraca intensidade.	ciclônica	NNW	4.0
10/04	1800GMT: circulação de baixa pressão sobre o estado de São Paulo, com ventos predominantes de E/NE e fraca intensidade.	ciclônica	WSW	2.0
11/04	* 1200GMT: circulação de baixa pressão sobre o estado de São Paulo, com ventos predominantes de E/NE e fraca intensidade.	anticiclônica	S	2.5

* - ocorrência de ozônio acima dos padrões.

Foram levantadas também as alturas das inversões térmicas ocorridas nos dias de eventos e em seus precedentes. A existência de uma inversão térmica de baixa altitude está associada à geração de condições de calmarias, desfavoráveis ao transporte de poluentes a longas distâncias. Este levantamento pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 3: Altura da inversão térmica às 1200GMT nos dias em estudo.

dia	base da inversão (m)	topo da inversão (m)
15/02	380	575
16/02	382	479
31/03	253	545
01/04	455	648
02/04	258	555
03/04	837	1056
05/04	373	581
06/04	159	358
10/04	725	1052
11/04	297	435

Como podemos observar, não obtivemos casos de inversões térmicas baixas, tomando como base para esta afirmação o perfil médio de alturas de inversões térmicas apresentado por Sagula et al.(1). Este perfil médio foi calculado para o período de inverno, mas suas conclusões podem ser tomadas como absolutas no tocante a alturas mínimas. Este fato pode ser considerado como não prejudicial ao transporte dos gases precursores.

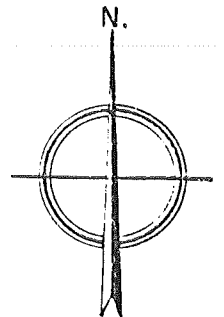
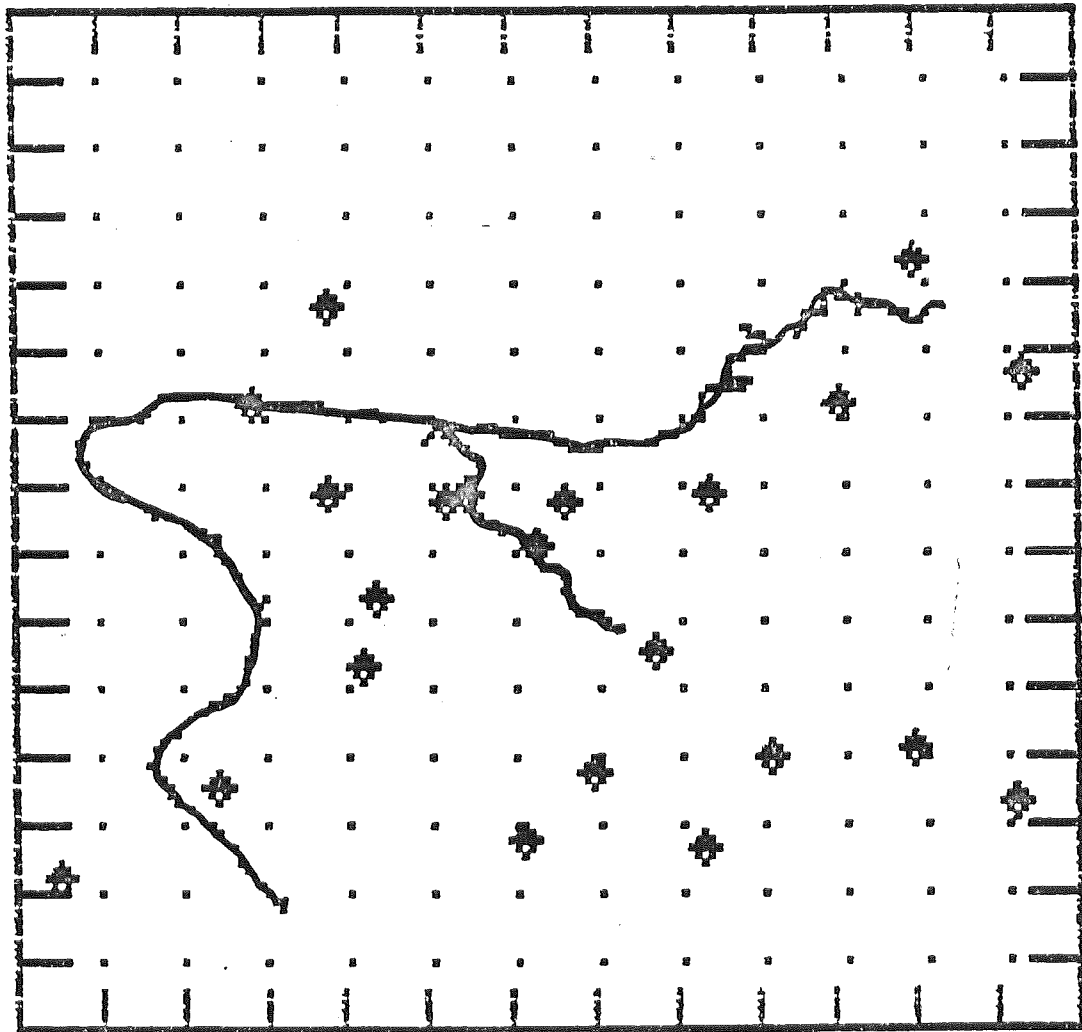
A análise de microescala posteriormente realizada busca caracterizar o fluxo de vento na região metropolitana da Cidade de São Paulo. A eventual concordância entre a análise sinótica e a análise de microescala identificaria possivelmente o fluxo de vento para toda a região em questão, uma vez que as características orográficas não são suficientes para alterar a tendência dos movimentos de ar originados nos sistemas atmosféricos dominantes.

Os dados a serem analisados foram recolhidos da Rede Telemétrica da CETESB, para todas as estações medidoras de vento, sendo que estes dados foram tratados por um modelo interpolador com o objetivo de traçar o campo de vento para a região.

Este modelo foi desenvolvido em colaboração pela CETESB e pelo IAG-USP já há algum tempo tendo sido apenas recentemente estabelecida uma forma operacional. Seu mecanismo de funcionamento está baseado na metodologia de Barnes, sendo que nesta metodologia cada observação exerce sobre os pontos da grade uma influência que decai exponencialmente com a distância a partir de uma potência arbitrária. Esta metodologia é usada em uma série de aplicações meteorológicas do mesmo tipo. Gostaríamos de ressaltar que não temos por objetivo neste relatório a discussão do mecanismo de funcionamento deste modelo, o que será objeto de outro relatório já em fase de elaboração.

A rede de estações da Rede Telemétrica da CETESB (inclusive medidoras de vento) e a grade para interpolação utilizada no modelo podem ser observadas na figura 1 apresentada a seguir.

Figura 1 - Mapa da Região Metropolitana de São Paulo, com destaque para sua bacia hidrográfica, estações da Rede Telemétrica da CETESB e pontos de grade para interpolação.



Apesar de estarmos interessados apenas em aspectos qualitativos no tocante à circulação de ventos, cabe ressaltar a correspondência entre tamanho de vetor representado na figura e a intensidade de vento associada:

2.5 m/s

A seguir são expostos os resultados obtidos através da interpolação dos dados de vento da Rede Telemétrica nas figuras 2 a 11 subsequentes. Ressaltamos que o modelo foi rodado para os horários padrões de observação meteorológicas. Estes horários são mostrados na tabela seguinte, tanto na sua versão de Greenwich quanto na hora de Brasília.

Nos dias em que a concentração do poluente atingiu a qualidade má, para detalharmos mais nosso estudo, foram elaborados fluxos do vento hora a hora (os mesmos fazem parte do anexo).

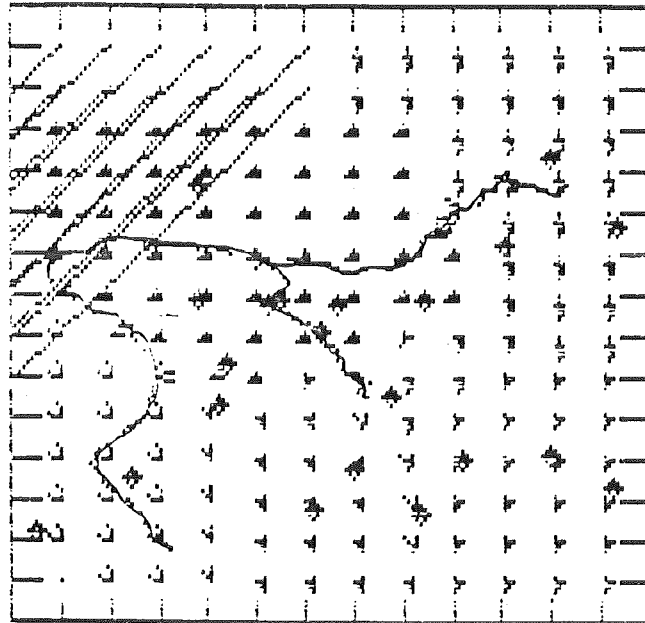
Tabela 4: Horário das observações meteorológicas padrões.

Horário de Greenwich (GMT)	Horário de Brasília (HL)
00:00	21:00
06:00	03:00
12:00	09:00
18:00	15:00

Na figura 12, comparamos uma análise subjetiva do campo de vento na região metropolitana, mostrada no círculo, com o fluxo em 850 mb medido pelo balão de radiossondagem às 1200 GMT. A importância do fluxo de 850 mb em fenômenos de transporte a longa distância é discutida em detalhe na referência (2).

Figura 2 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 15/02/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

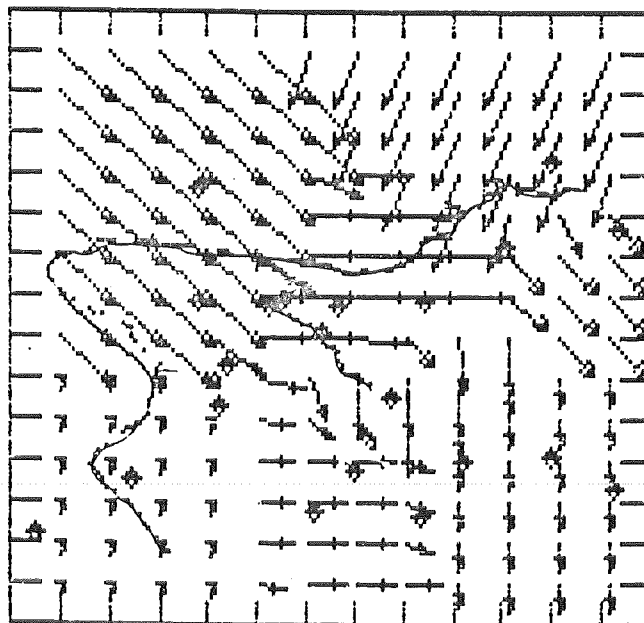
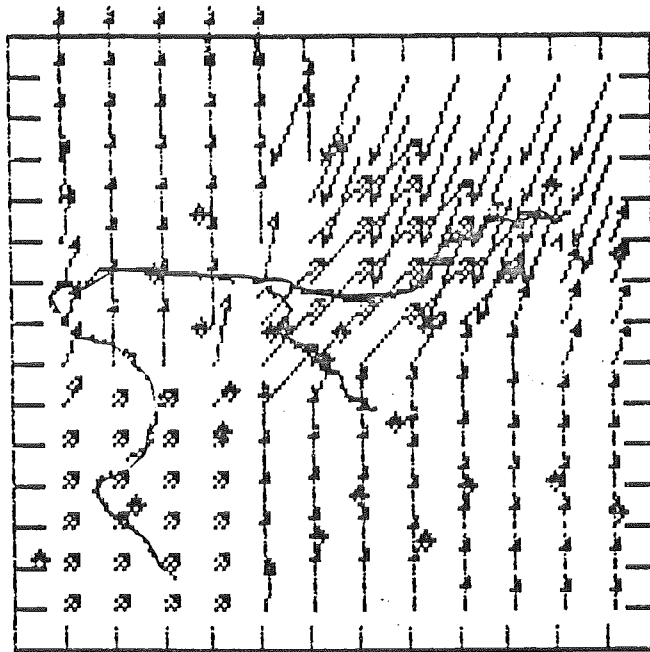


Figura 2 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

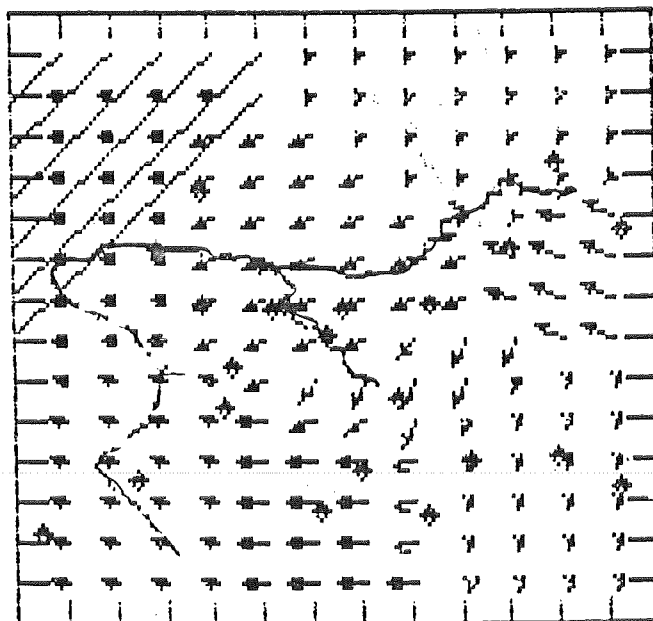
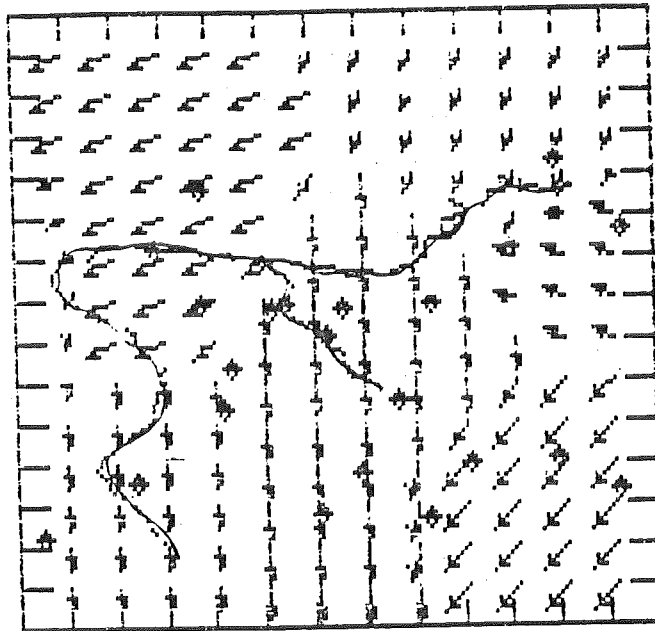


Figura 3 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 16/02/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

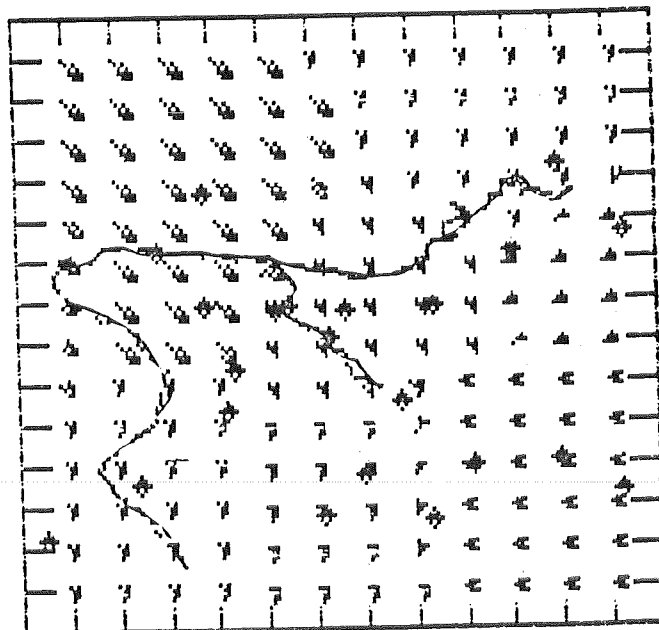
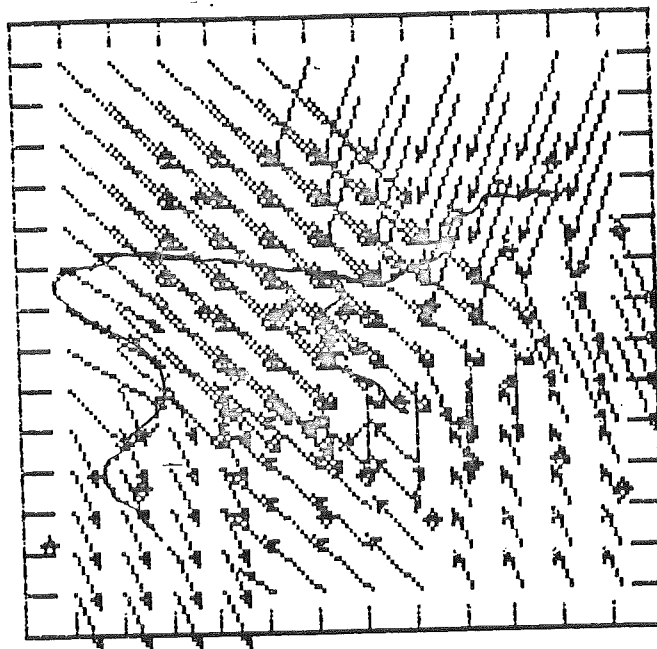


Figura 3 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

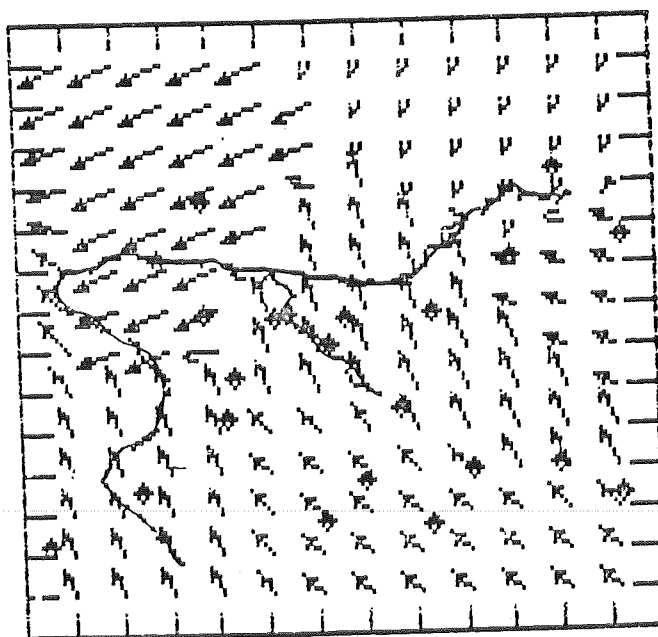
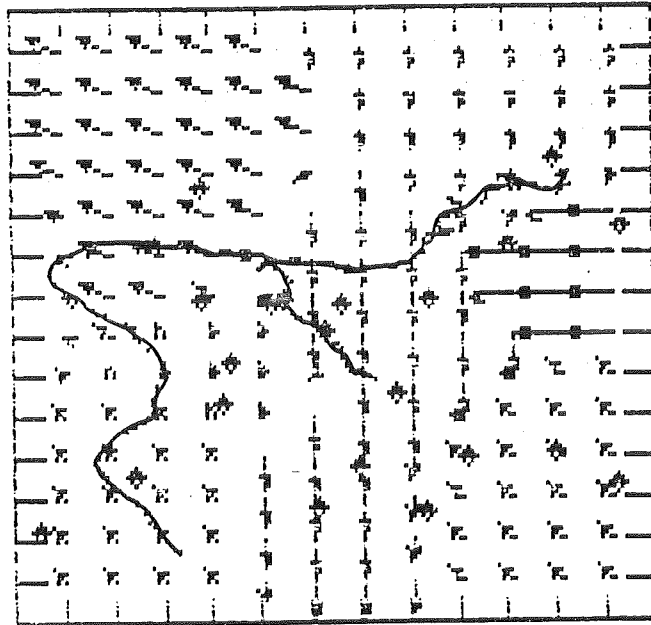


Figura 4 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 31/03/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

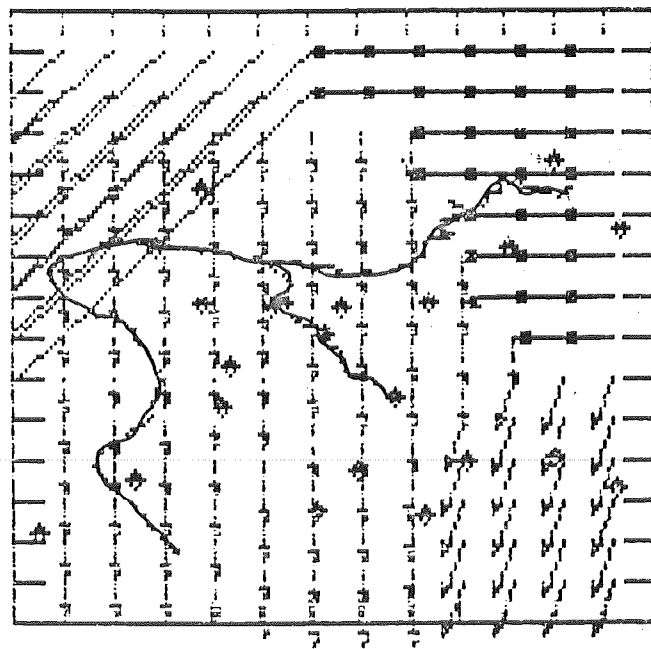
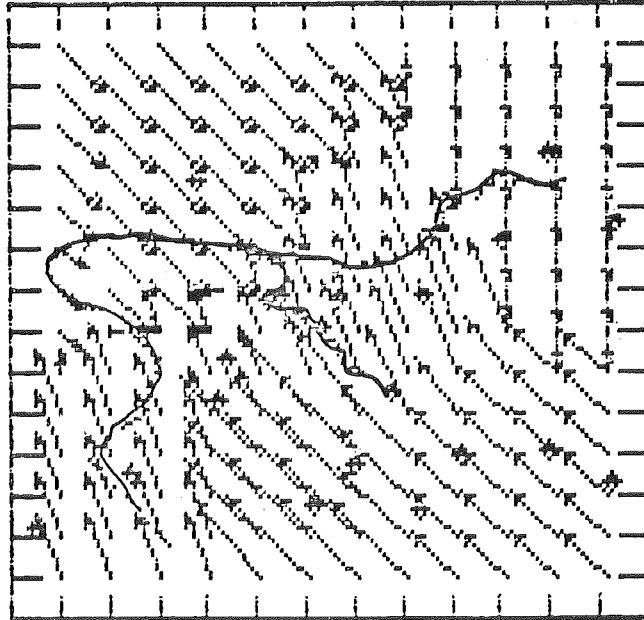


Figura 4 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

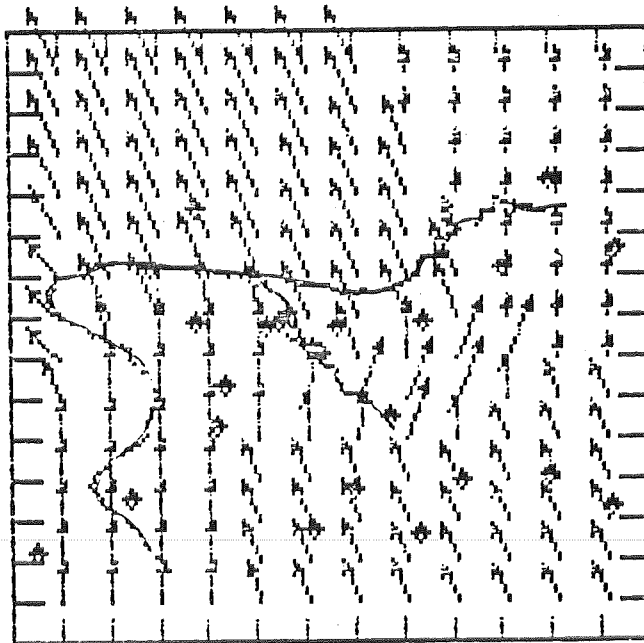
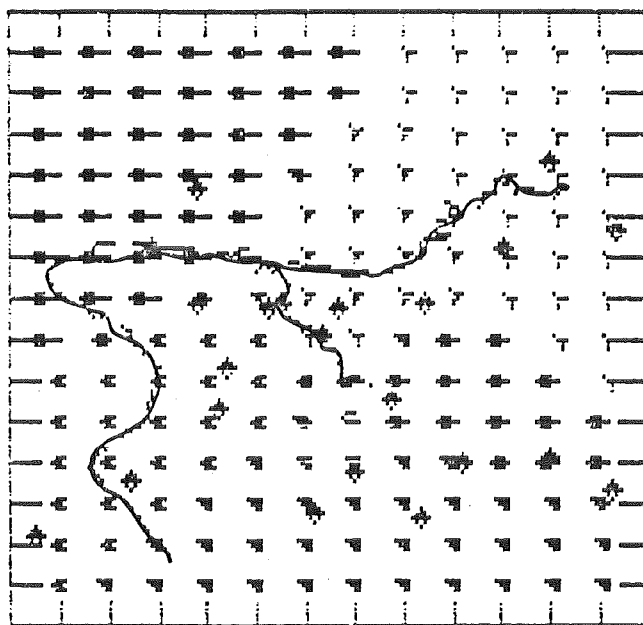


Figura 5 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 01/04/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

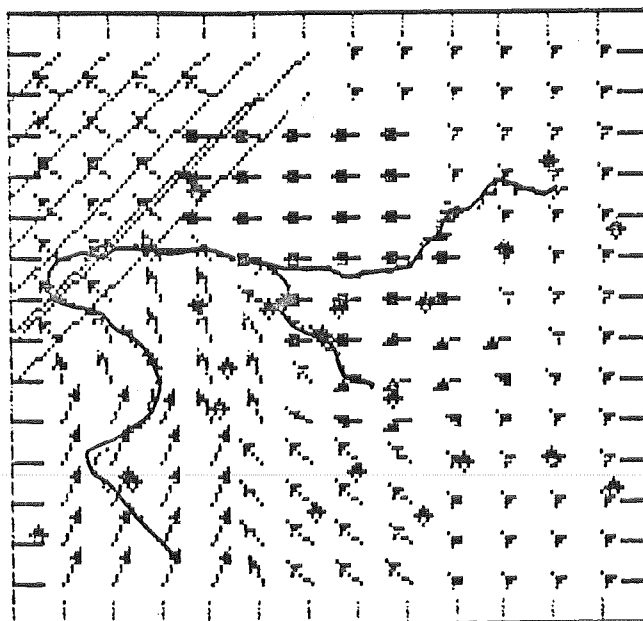
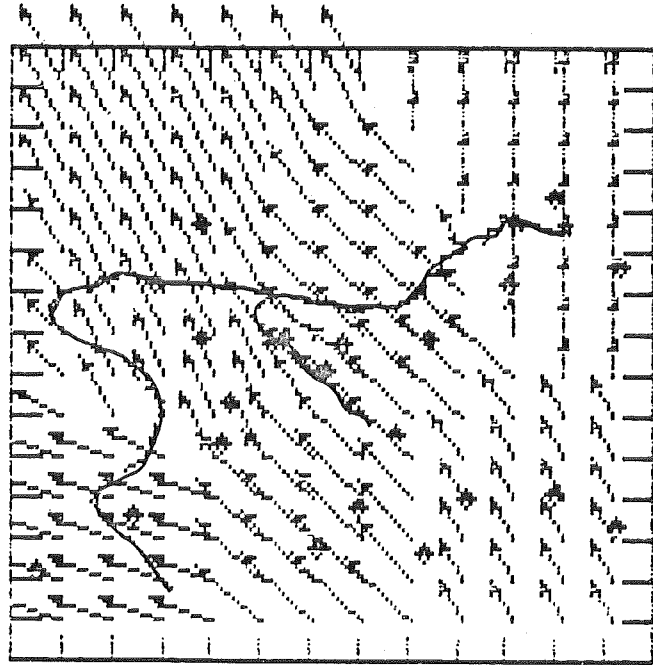


Figura 5 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

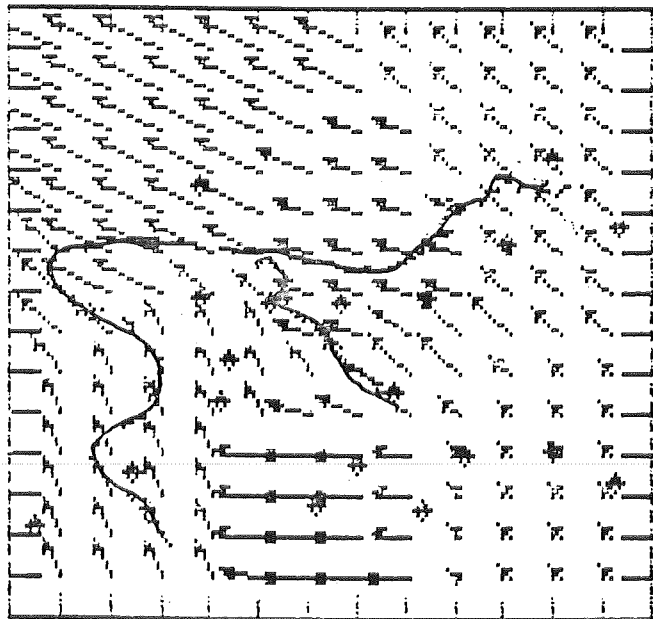
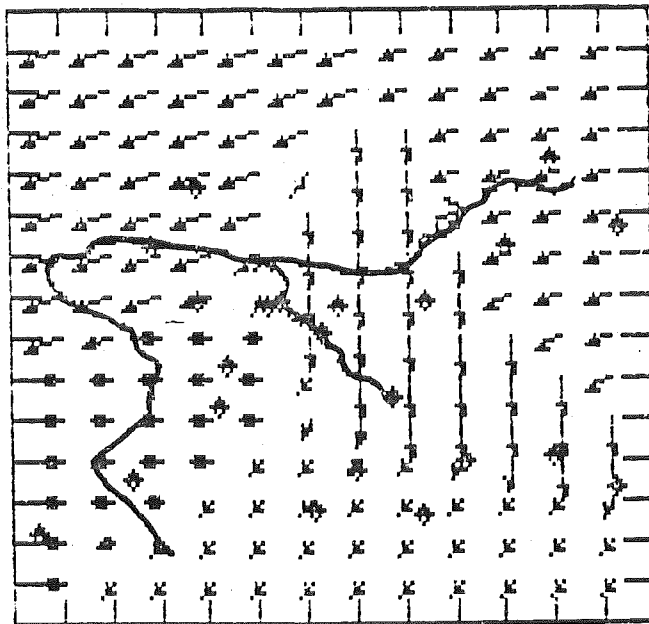


Figura 6 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 02/04/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

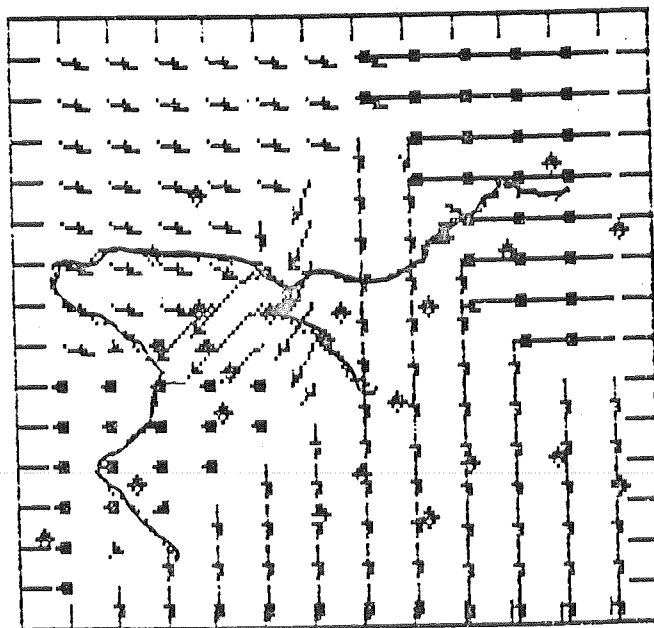
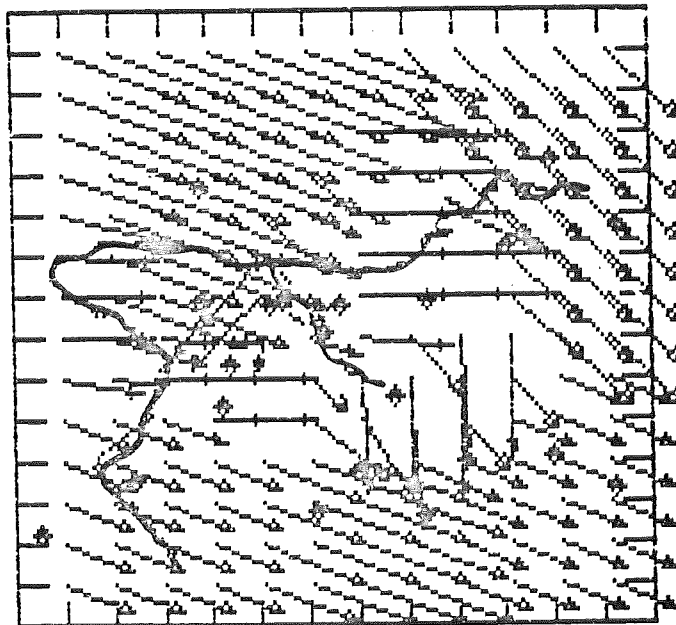


Figura 6 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

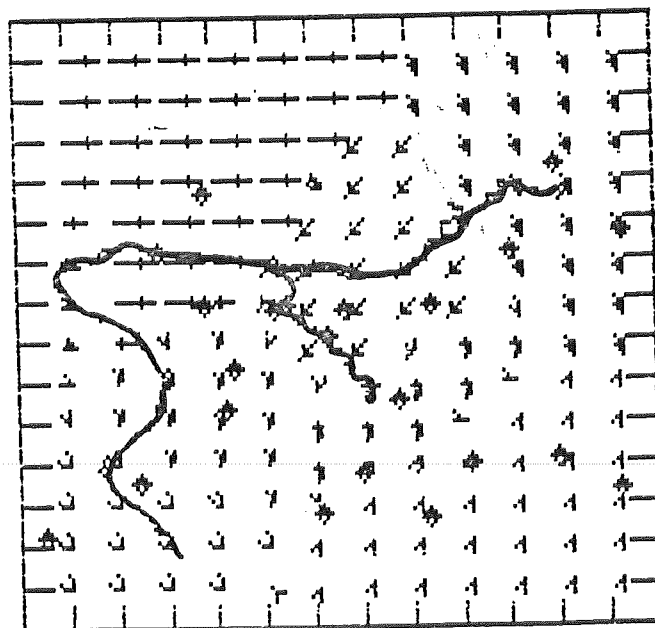
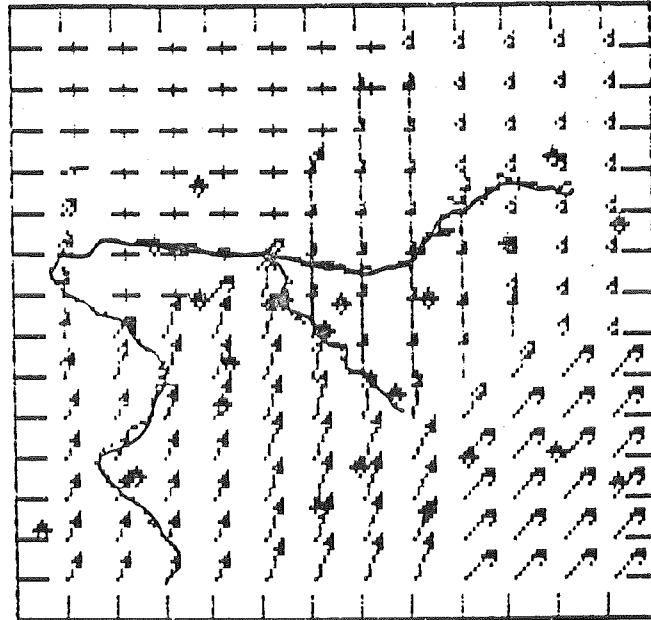


Figura 7 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 03/04/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

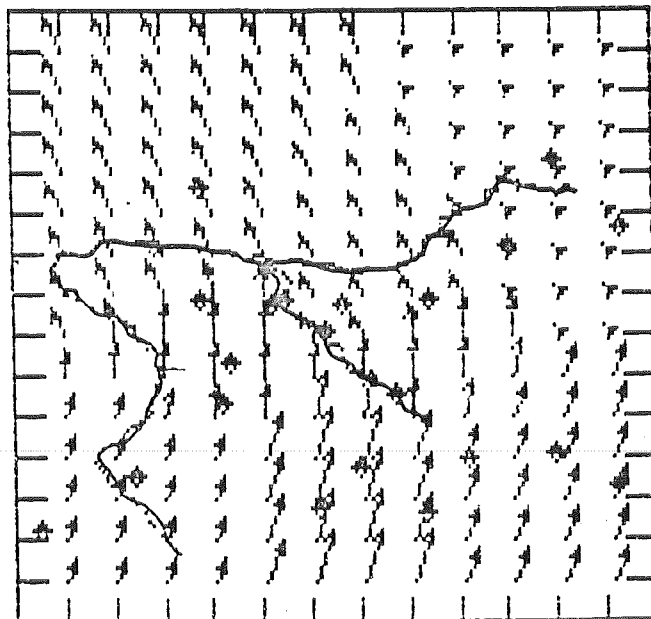
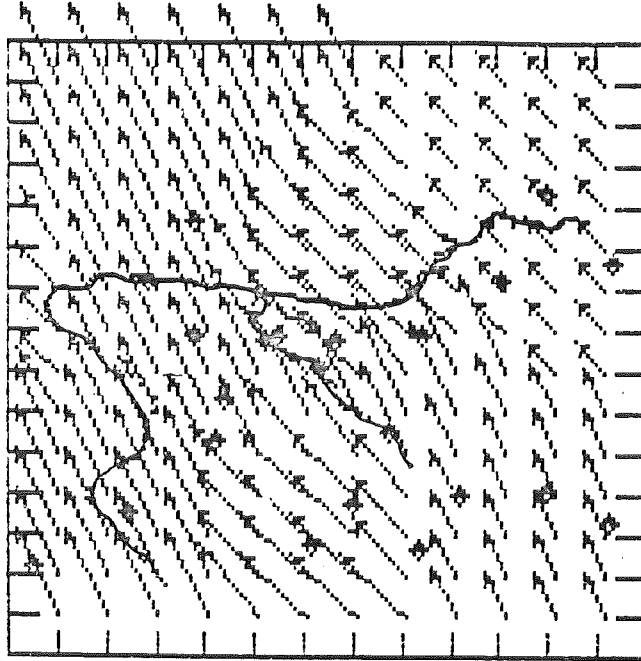


Figura 7 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

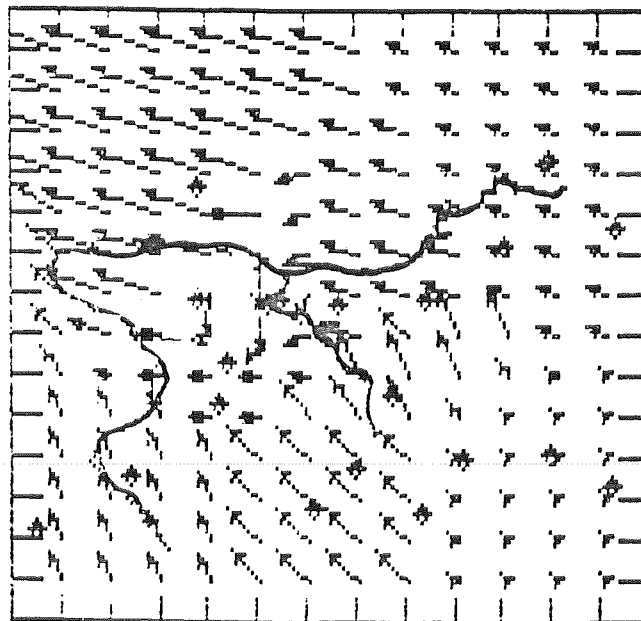
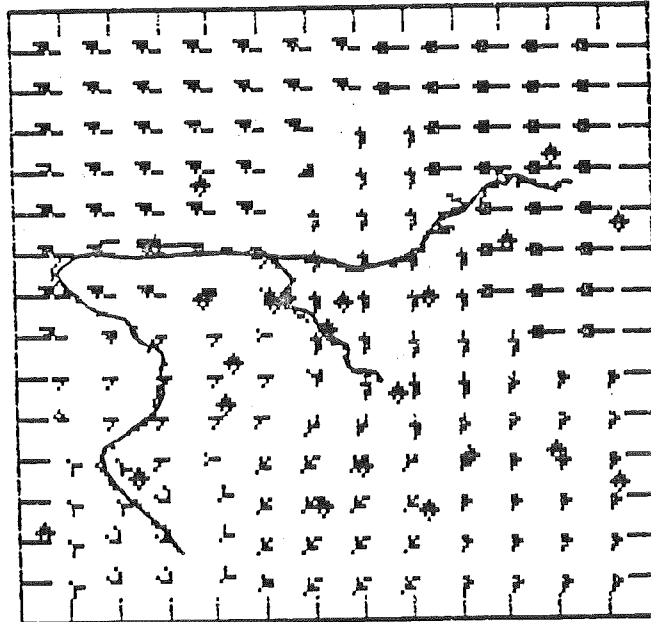


Figura 8 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 05/04/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

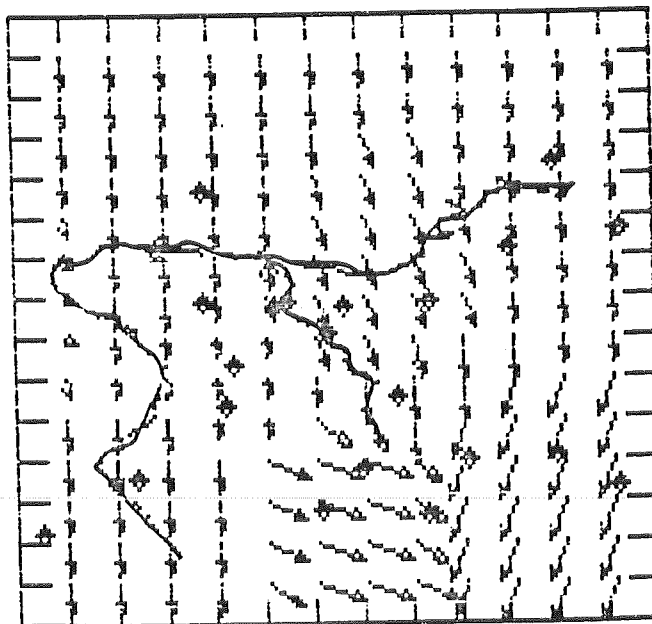
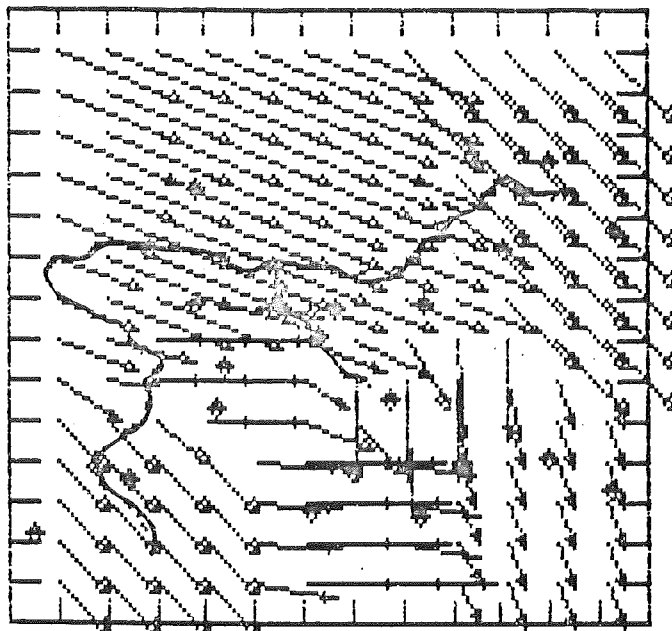


Figura 8 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

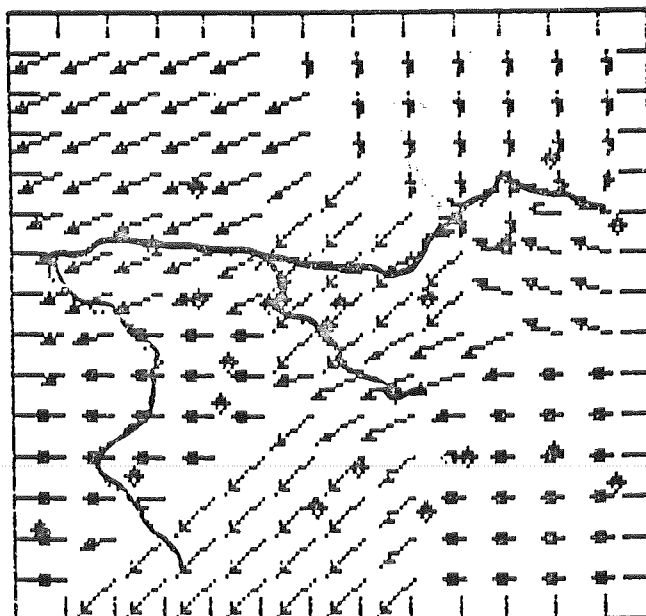
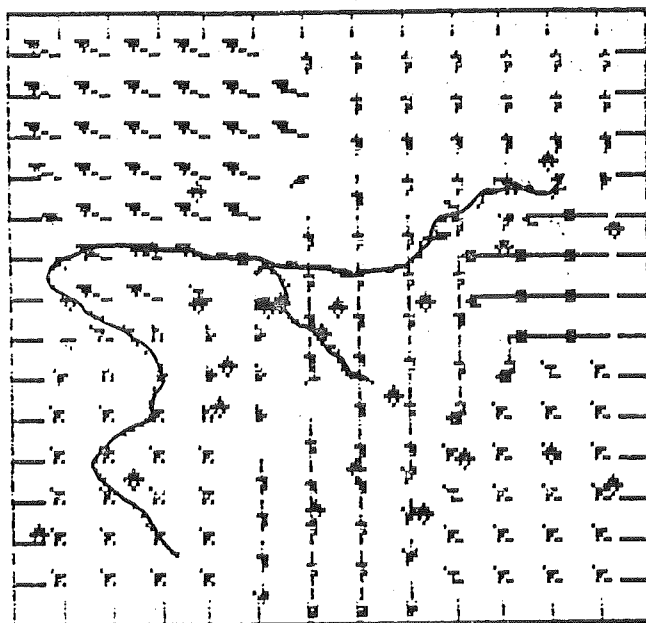


Figura 9 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 06/04/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

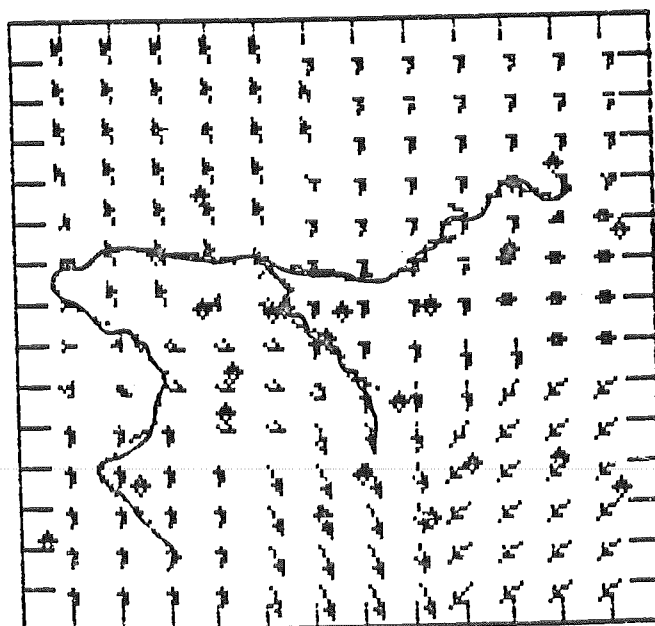
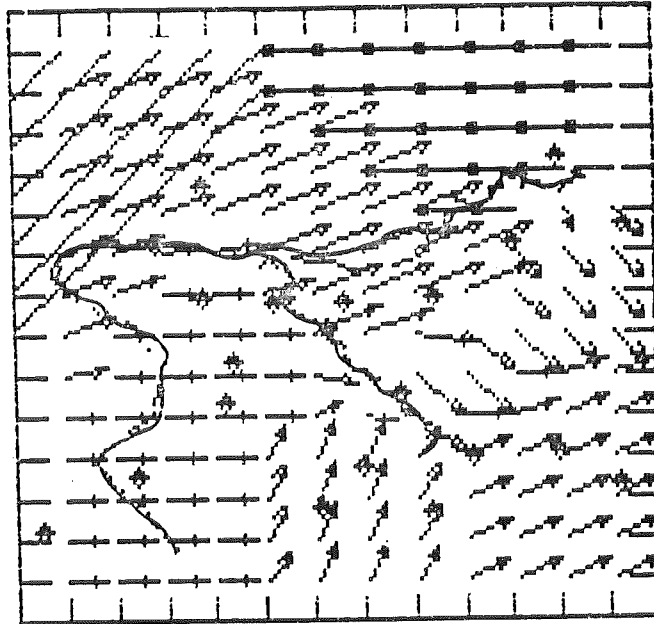


Figura 9 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

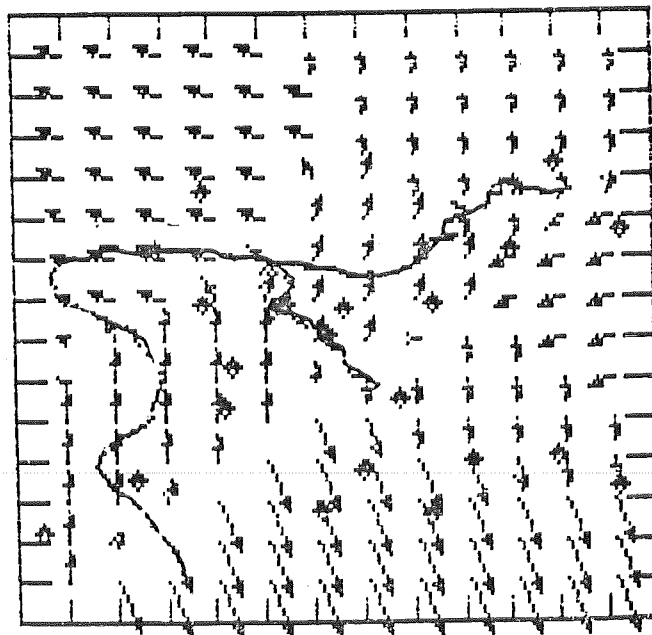
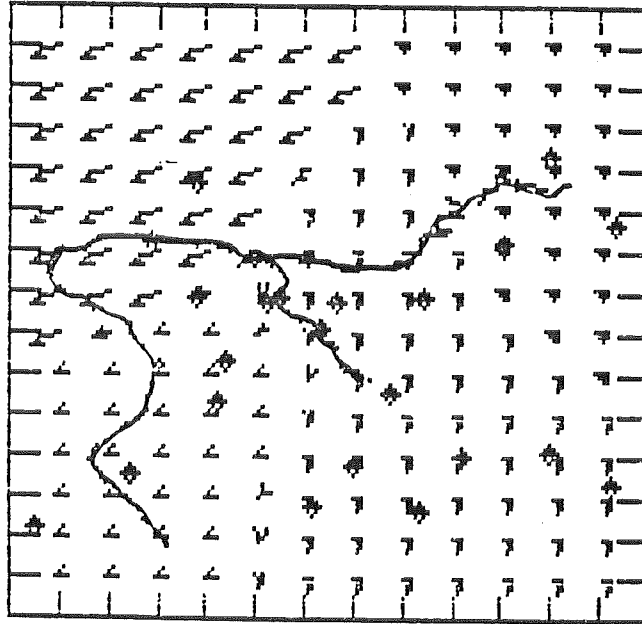


Figura 10 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 10/04/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

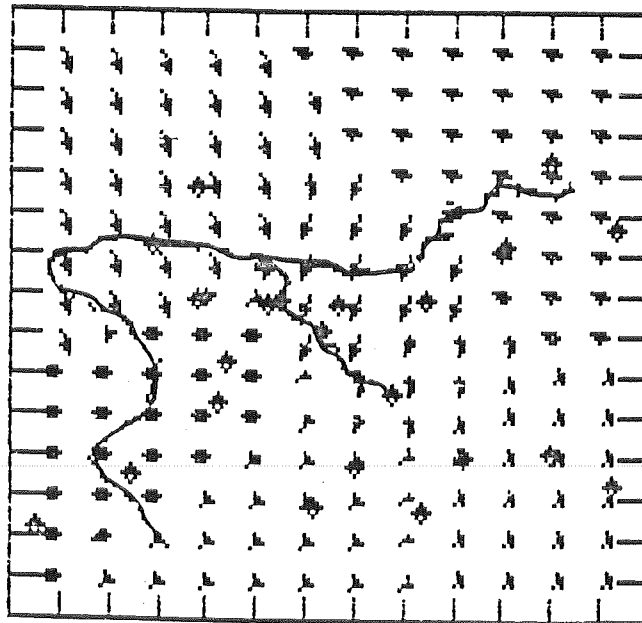
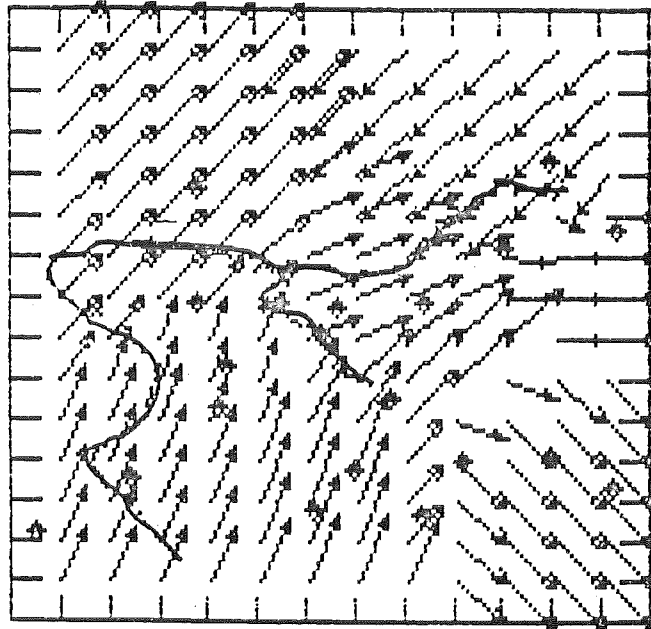


Figura 10 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

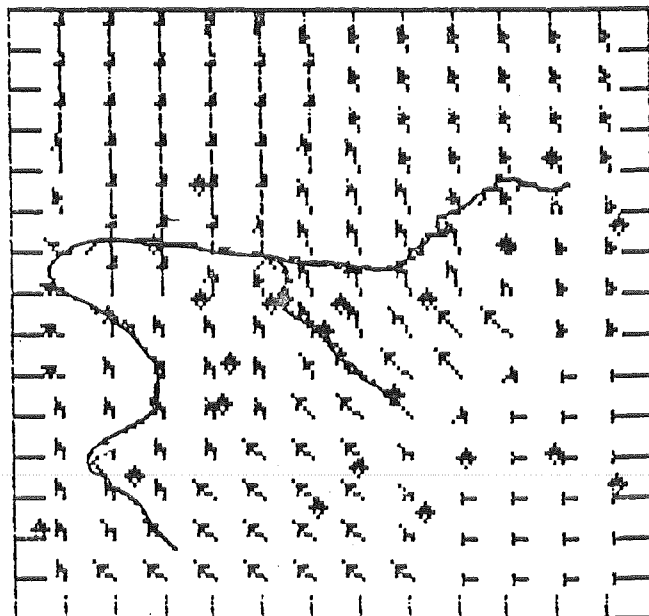
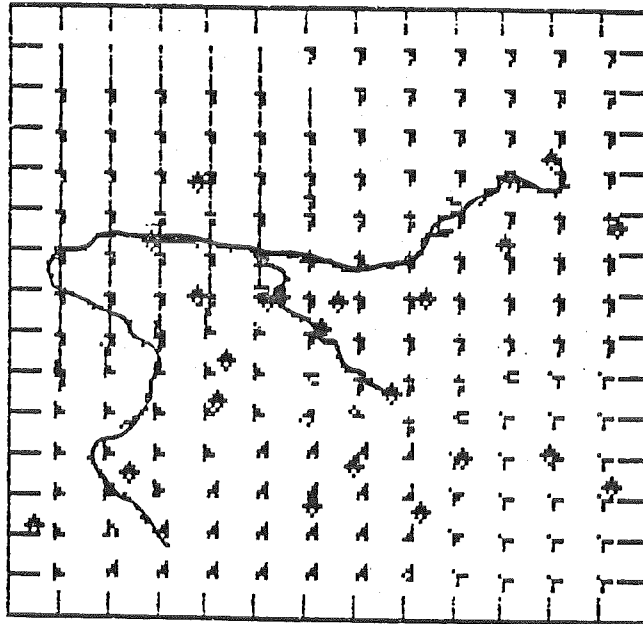


Figura 11 - Campo de vento na Região Metropolitana de São Paulo em 11/04/90.

i) 03:00 h



ii) 09:00 h

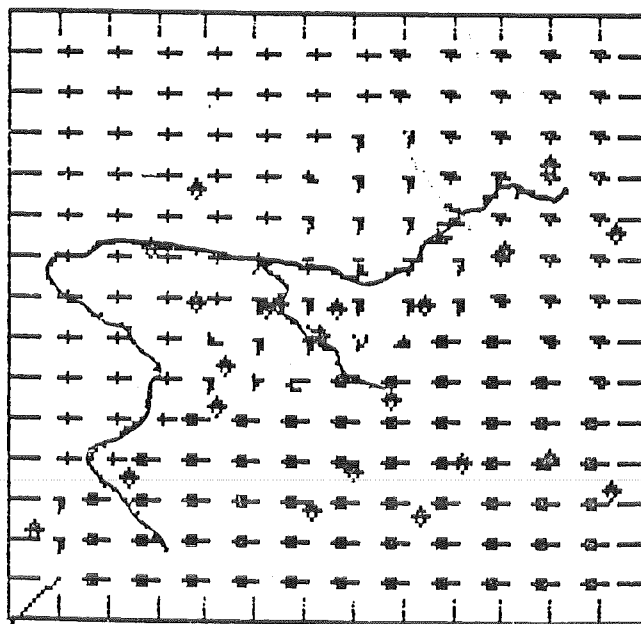
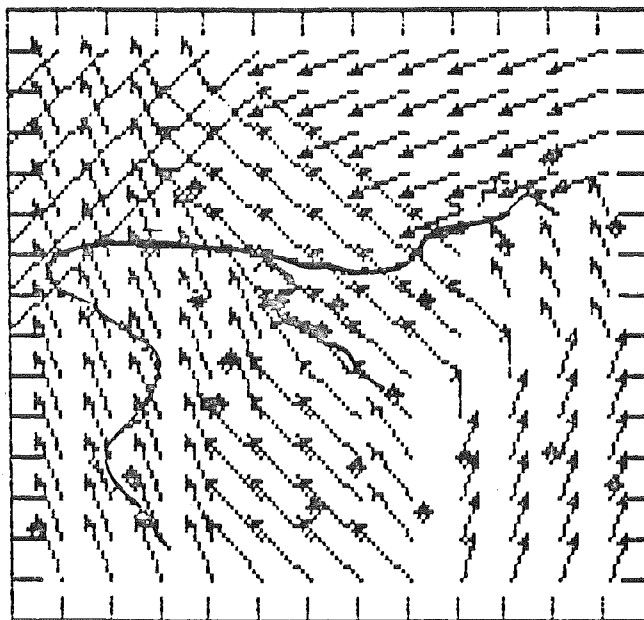


Figura 11 (cont.):

iii) 15:00 h



iv) 21:00 h

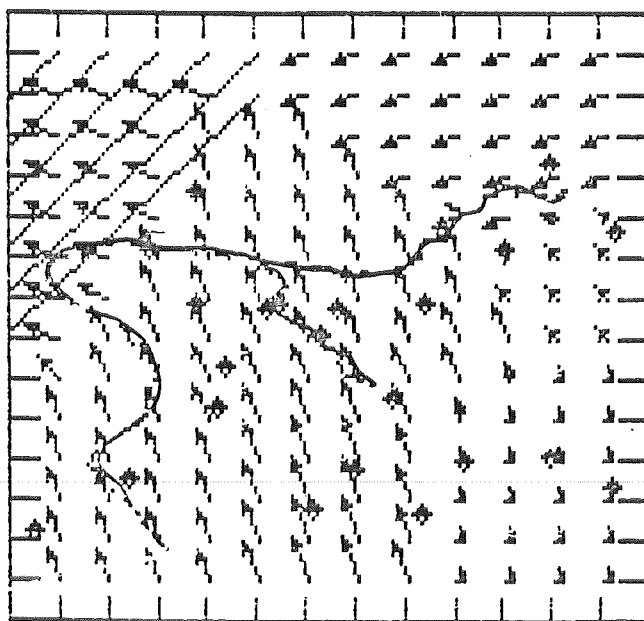
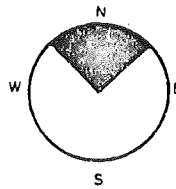
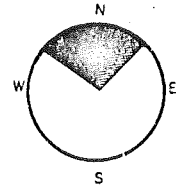


Figura 12 - Comparação entre o fluxo de vento em superfície (no círculo) com o fluxo em 850 mb na região de São Paulo.

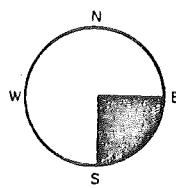
1) 15/02



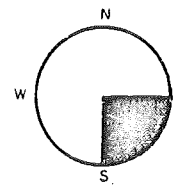
2) 16/02



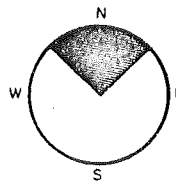
3) 31/03



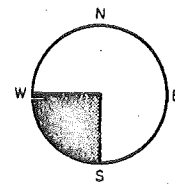
4) 01/04



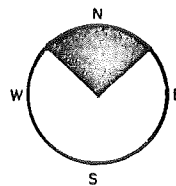
5) 02/04



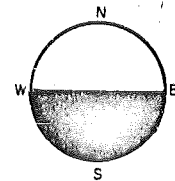
6) 03/04



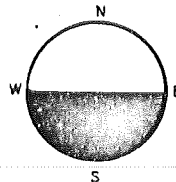
7) 05/04



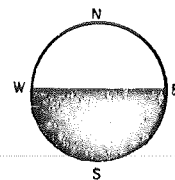
8) 06/04



9) 10/04



10) 11/04



Podemos observar que em dois casos não tivemos a concordância entre o fluxo de 850 mb e o fluxo em superfície, a saber, nos dias 31/03 e 06/04. Ressaltamos também que o dia 31/03 não é um dia de ultrapassagens de padrões, mas sim um precursor. O fato de termos a concordância nos outros dias reforça a probabilidade de ocorrência de transporte na direção predominante.

Verificamos também que, em quatro dias tivemos os ventos predominantes provenientes dos setores de norte, indicando a probabilidade de transporte através de fontes situadas ao norte (notadamente a cidade de Campinas). Em um dia, obtivemos um fluxo de este e em outro um fluxo de oeste, o que dificulta conclusões a respeito da origem dos precursores, apesar de o fluxo em superfície indicar uma predominância do setor sul. Nos outros dois dias em que obtivemos a concordância dos fluxos, notamos com maior clareza uma predominância de sul.

CONCLUSÕES:

Podemos notar, ao término desta análise, que não temos uma predominância de fluxos capaz de determinar univocamente a procedência dos gases precursores para a deflagração das ultrapassagens de padrão de ozônio. Isto, a nosso ver, reforça a possibilidade de que estes gases sejam gerados na própria área urbana de Jundiaí, uma vez que a fonte que deveríamos inicialmente esperar como primordial no sentido da emissão destes gases deveria ser a da área metropolitana de São Paulo, e não a de Campinas. Todavia, se alguma predominância de fluxo de vento tentar ser observada, veremos que, nos dias em estudo, os fluxos de Norte estão mais presentes e caracterizados. Ressaltamos entretanto que os resultados deste estudo não são completamente conclusivos, devido ao reduzido número de casos observados, sendo portanto necessário para uma mais completa compreensão destes fenômenos um maior número de observações no local, aliadas a medidas de vento na região tanto de Jundiaí quanto de Campinas, com o posterior entrelaçamento de todos estes da-

dos.

É importante notar também que este tipo de metodologia está sendo utilizada pela primeira vez neste trabalho e que seus resultados mostraram-se interessantes, podendo este tipo de análise ser efetuada tanto para outros poluentes quanto para outra regiões de interesse.

BIBLIOGRAFIA

- 1) SAGULA, M. A. L. A.; PARREIRA, J. R.; ANAZIA, R.; BRUNI, A. G.: "Caracterização das Inversões Térmicas na Região Metropolitana de São Paulo", Anais do 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.2, Tomo 4, 1989.
- 2) NORDO, J.: " Long Range Transport of Air Pollutants in Europe and Acid Precipitation in Norway": Water, Air, and Soil Pollution, v. 6, pp 199-217, 1976.

Relatório elaborado por: José Rodrigo Parreira

Equipe de Trabalho: José Antonio de Carvalho Santos

José Mário da Silva Costa

José Rodrigo Parreira

Maria Angélica Lopes de Almeida Sagula

Ricardo Anazia

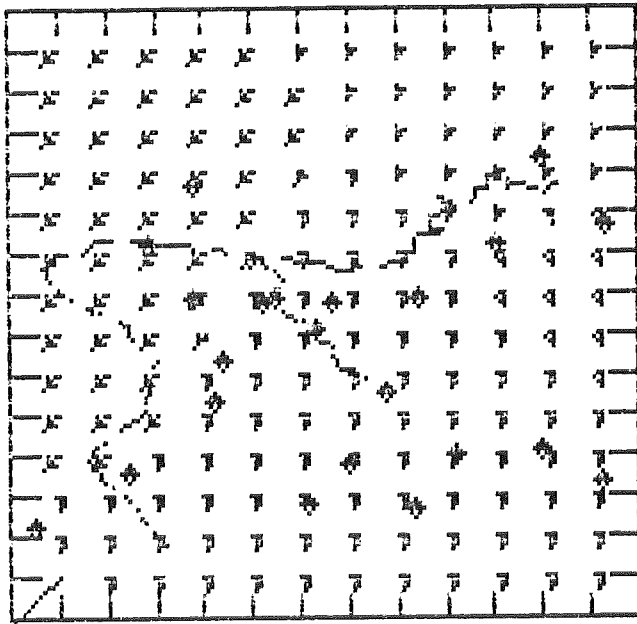
Samuel Lemos Correia

ANEXOS

CAMPO DE VENTO
HORA: 01 DIA: 160290

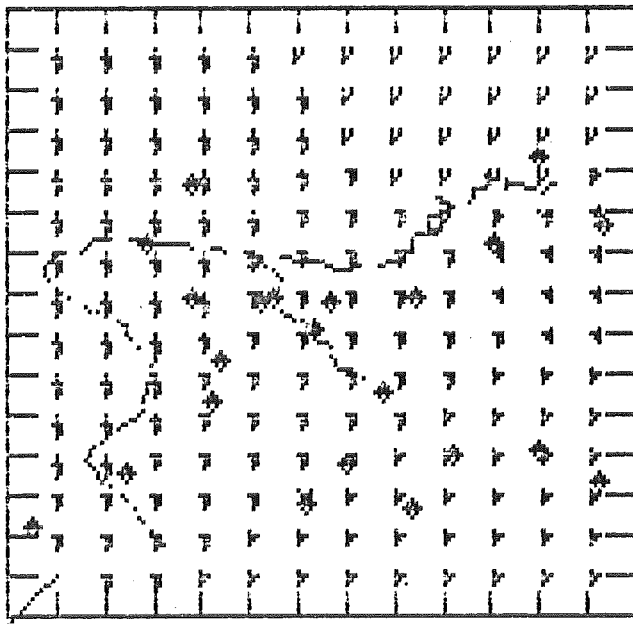


2.5 m/s



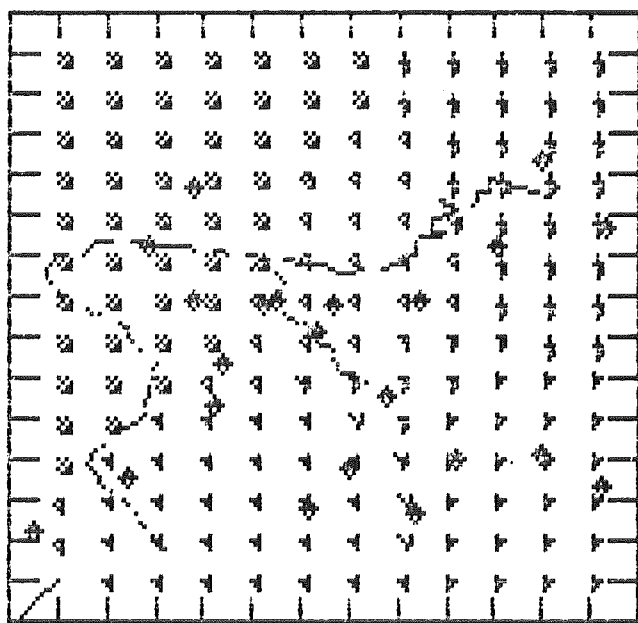
CAMPO DE VENTO
HORA: 02 DIA: 160290

— 2.5 m/s



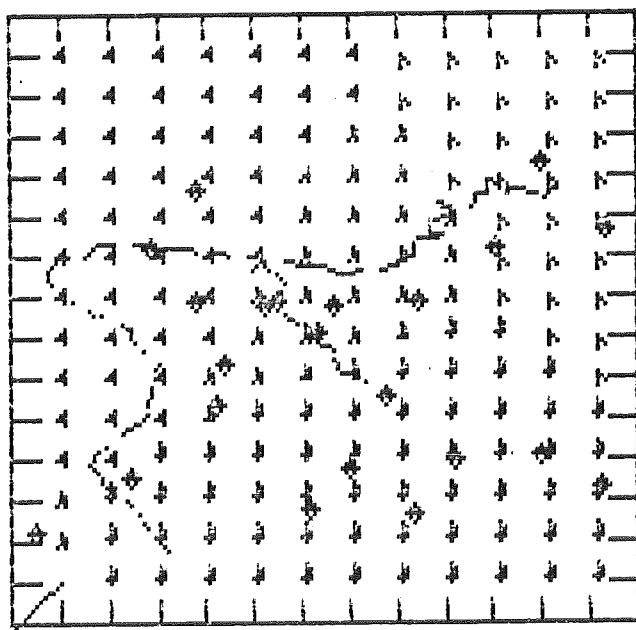
CANPO DE UENTO
HORA: 03 DIA: 160290

→ 2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 04 DIA: 160290

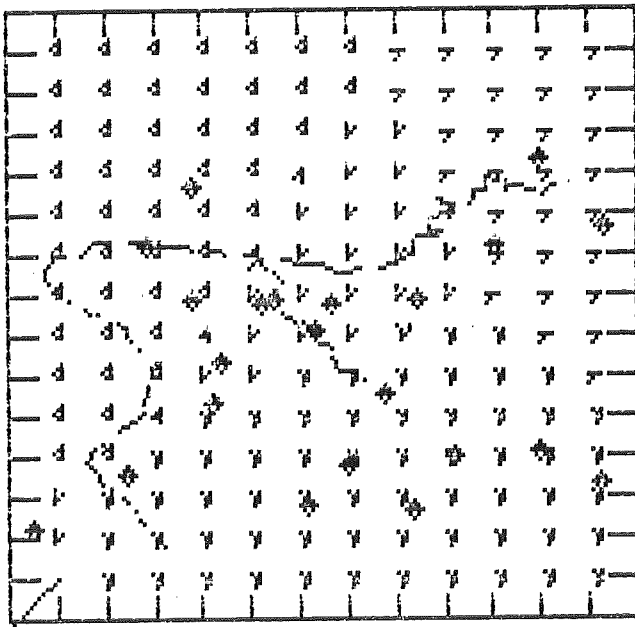
→ 2.5 m/s



CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

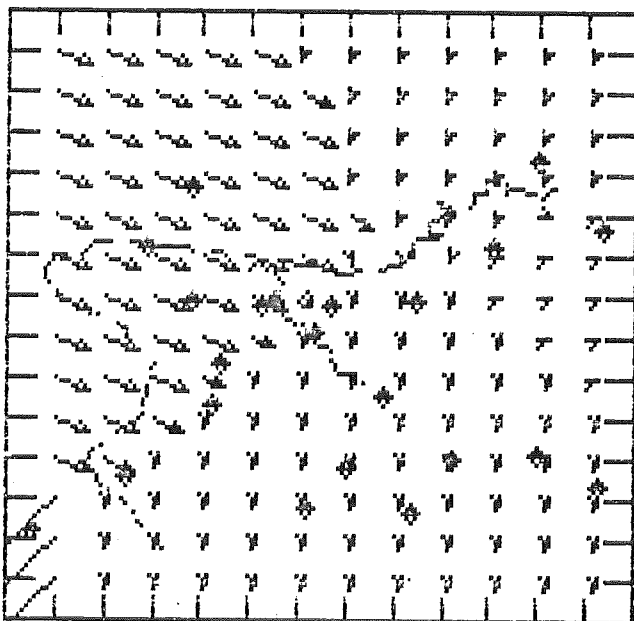
CAMPO DE VENTO
HORA: 05 DIA: 160290

→ 2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 06 DIA: 160290

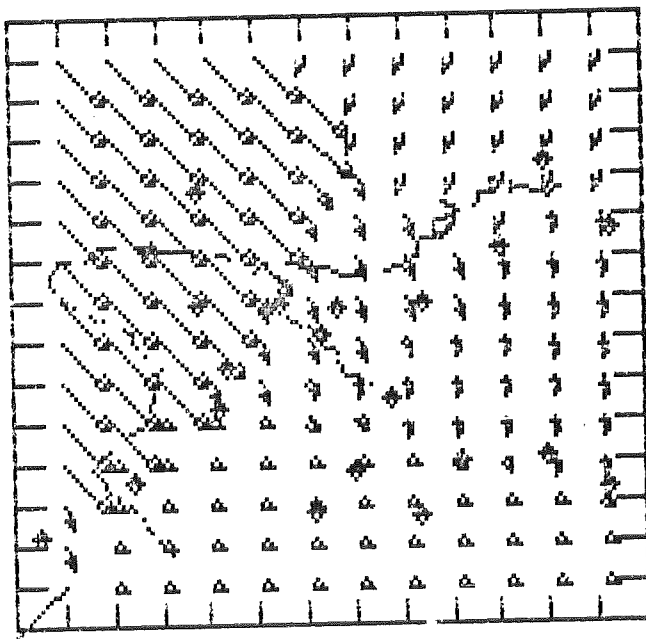
—
2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 07 DIA: 160290

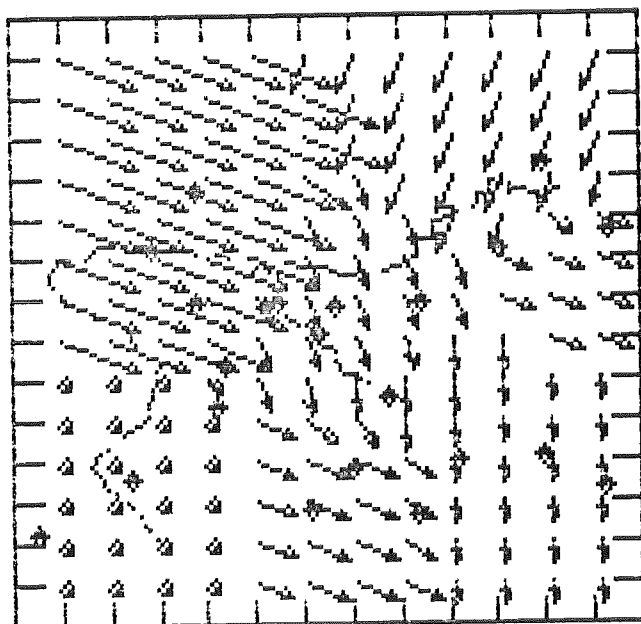


2.5 M/S



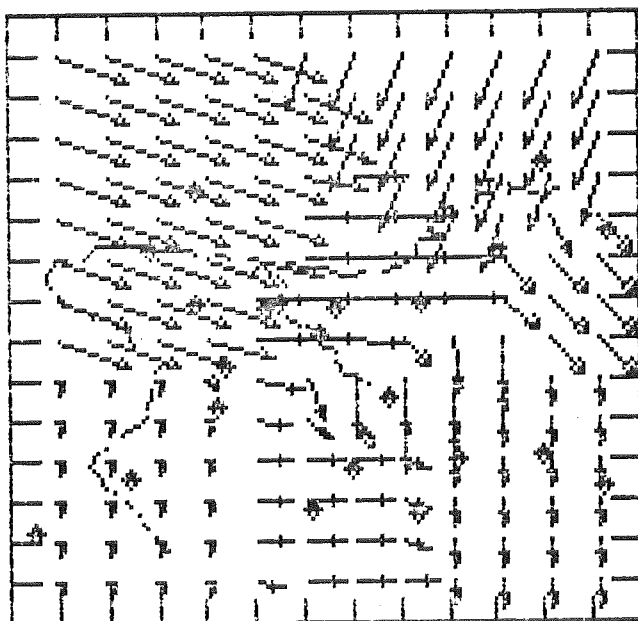
CAMPO DE VENTO
HORA: 08 DIA: 160290

→ 2.5 m/s



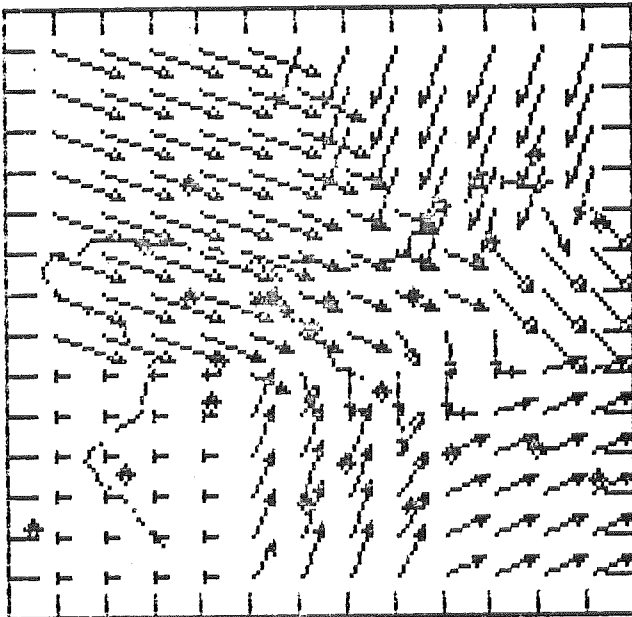
CAMPO DE VENTO
HORA: 09 DIA: 160290

→ 2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 18 DIA: 160290

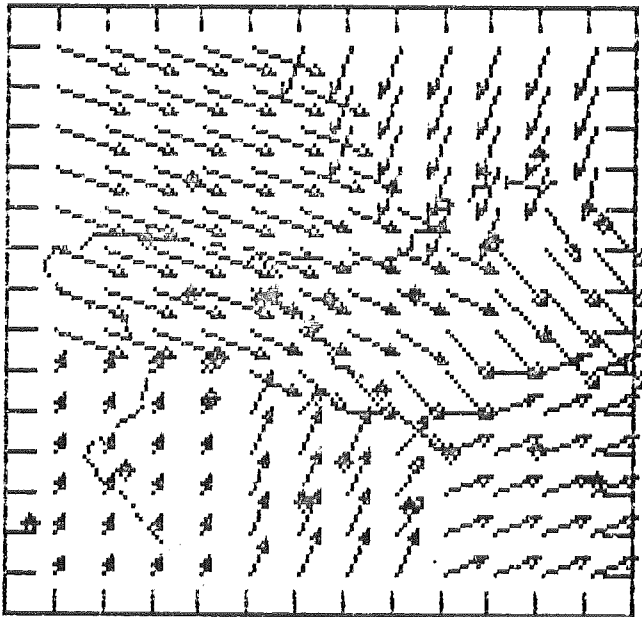
→ 2.5 m/s



CAMPO DE UENTO
HORA: 11 DIA: 160290

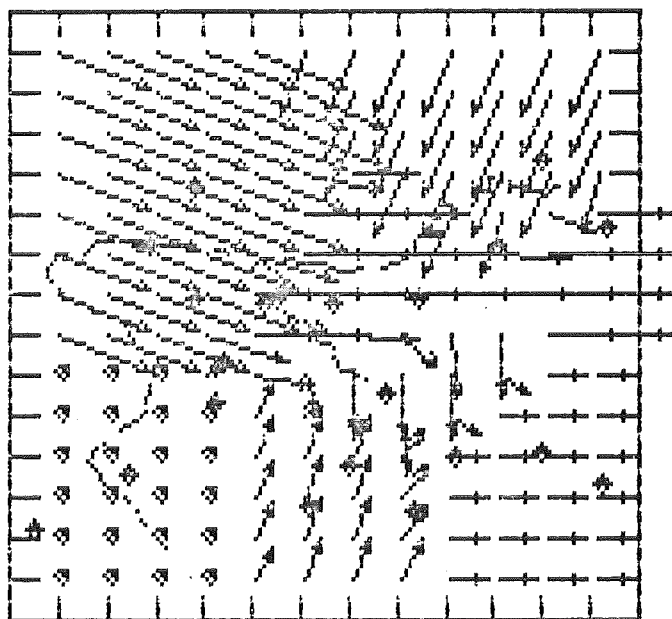


2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 12 DIA: 160290

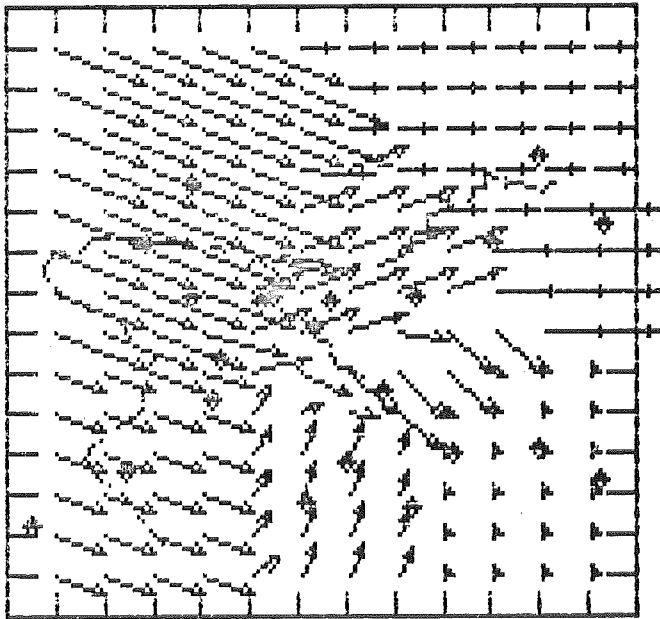
→ 2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 13 DIA: 160290

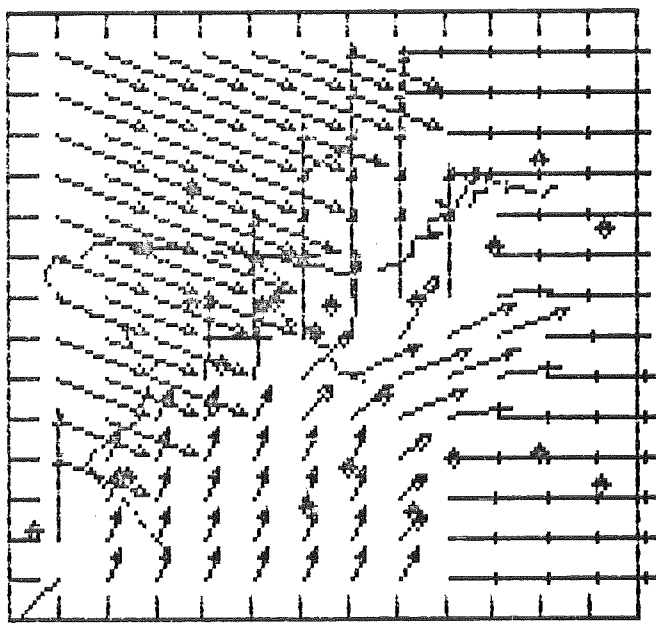


2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 14 DIA: 160290

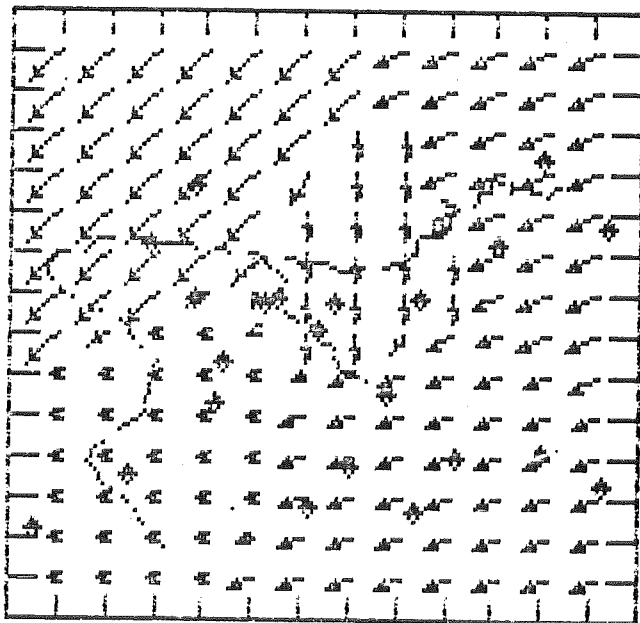
→ 2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 06 DIA: 01/04/96



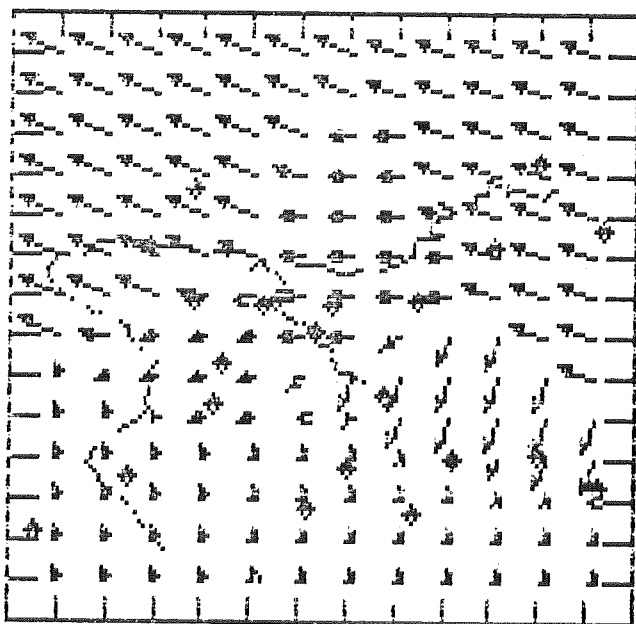
2.5 m/s



CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

CAMPO DE VENTO
HORA: 07 DIA: 010490

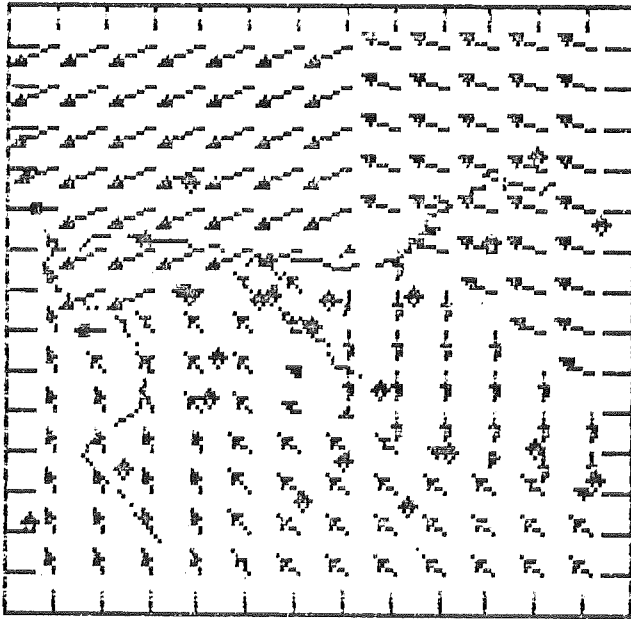
→ 2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 08 DIA: 010490



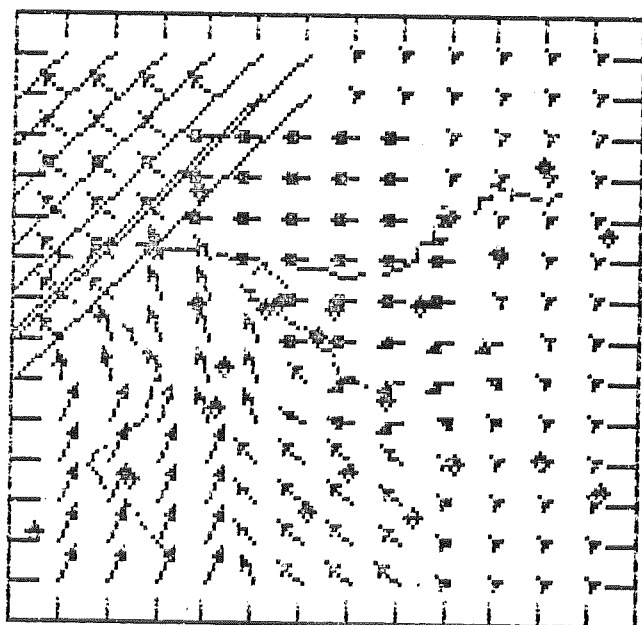
2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 65 DIA: 810498

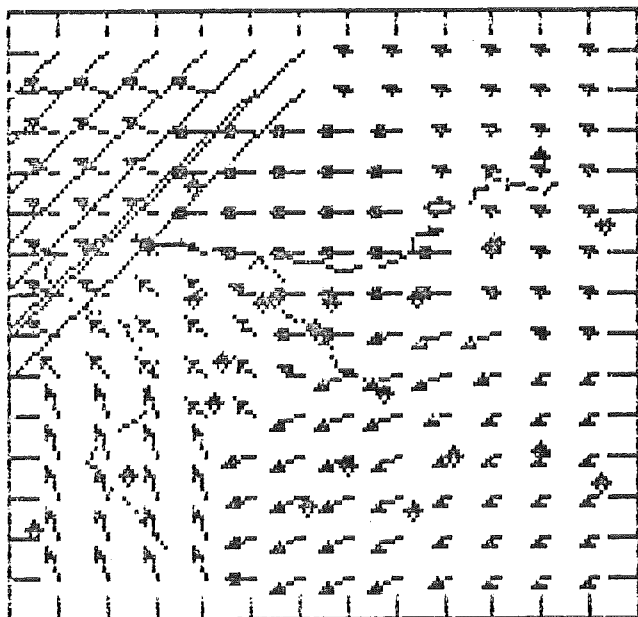


2.5 m/s



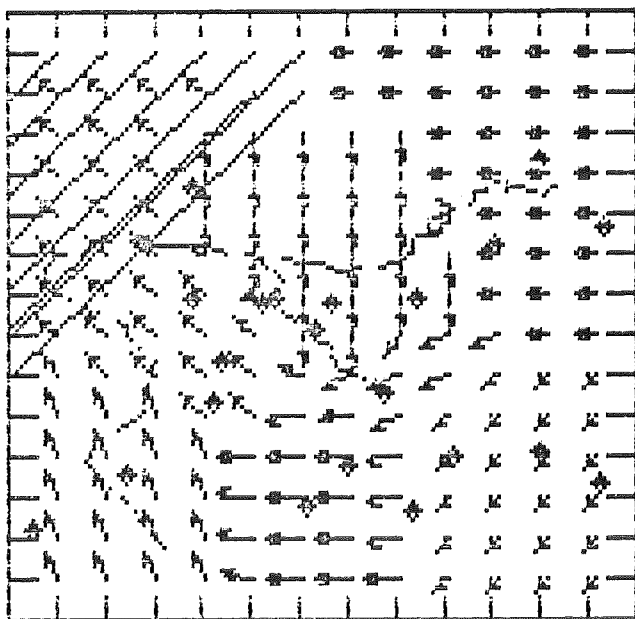
CAMPO DE VENTO
HORA: 10 DIA: 010490

→ 2.5 m/s



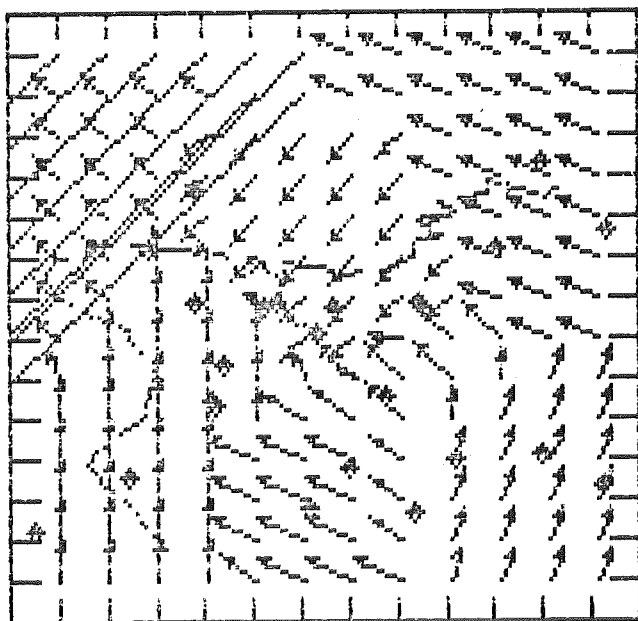
CAMPO DE VENTO
HORA: 11 DIA: 010490

2.5 m/s



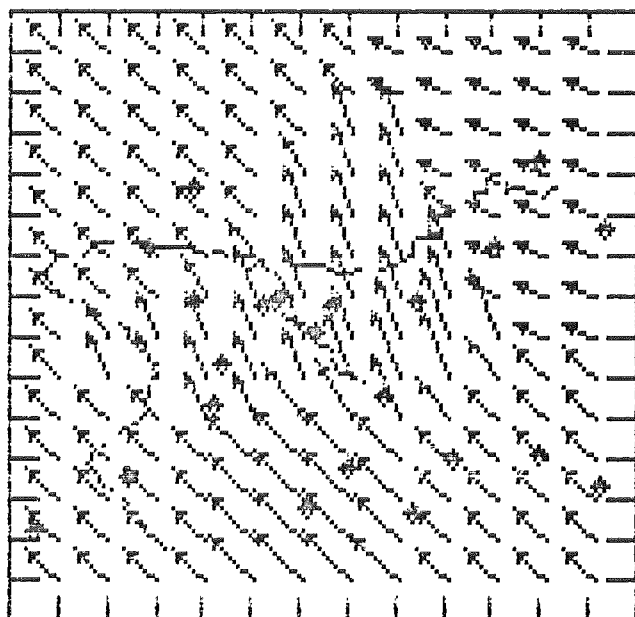
CAMPO DE VENTO
HORA: 12 DIA: 01/04/98

→ 2.5 m/s



HORA: 13 CAMPO DE VENTO
DIA: 010490

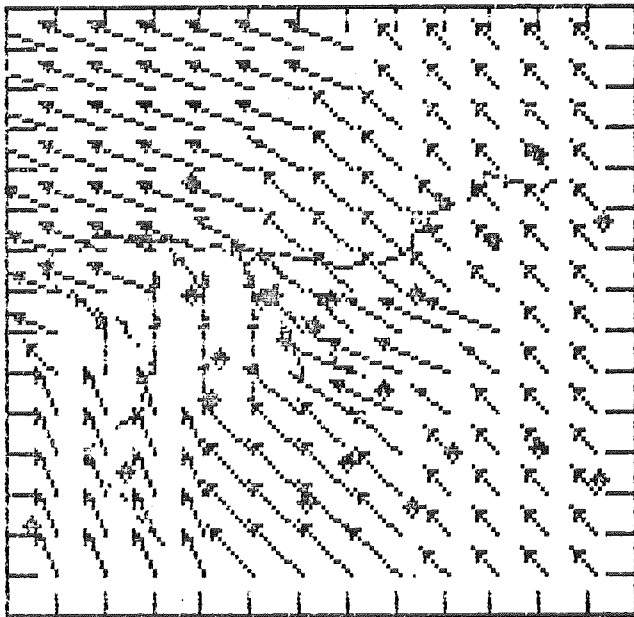
→ 2.5 m/s



CAMPO DE VENTO
HORA: 14 DIA: 010490



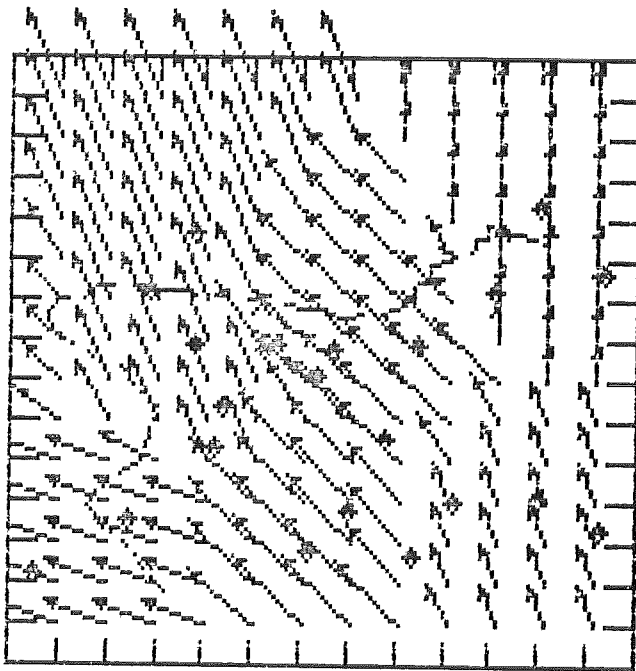
2.5 M/S



CAMPO DE VENTO
HORA: 15 DIA: 010490



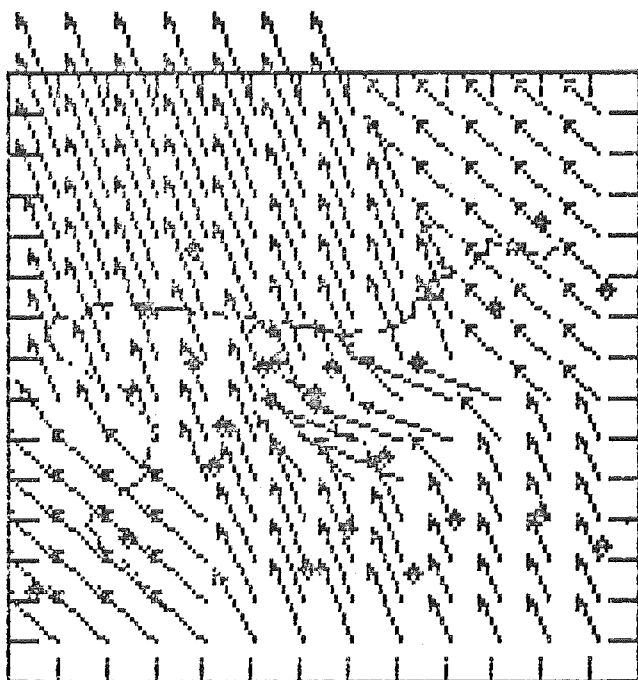
2.5 m/s



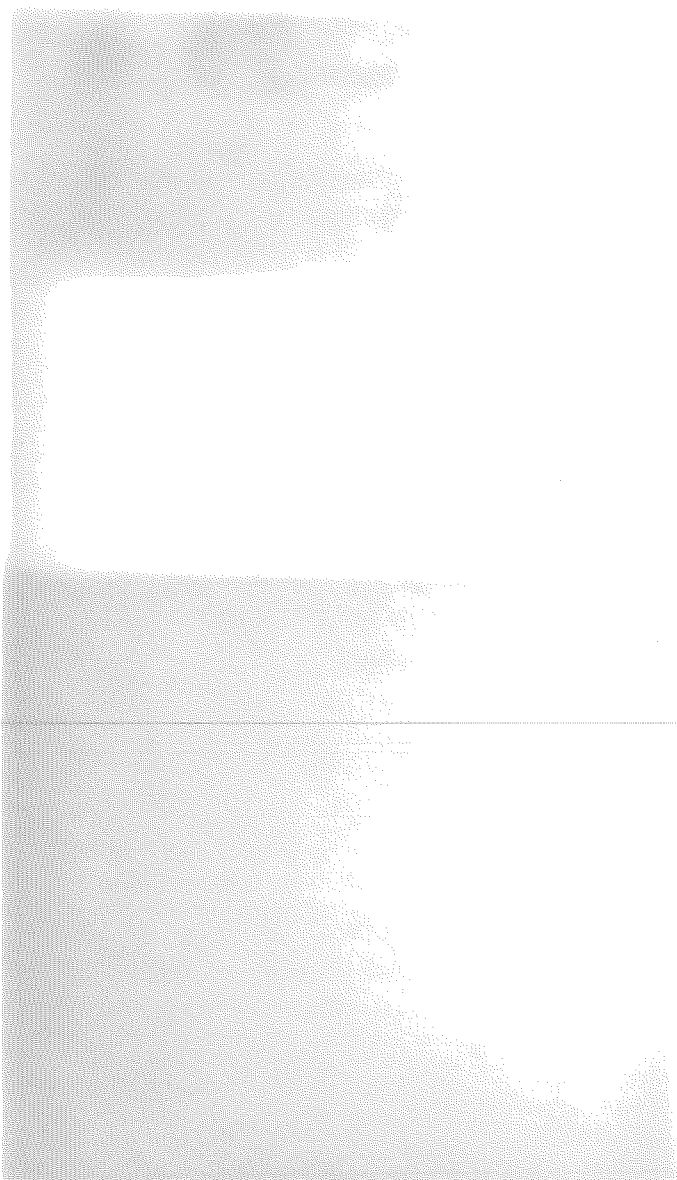
CAMPO DE VENTO
HORA: 16 DIA: 01/04/90

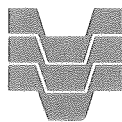


2.5 m/s



Data aquis.: 12/12/90
Indic.: Joel do Sector de
Divis: meteorologia
Pres: 1.1
Data Tomba: 12/12/90





CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros

Fone: 210-1100 - Telex 1183053-CETS-BR

CEP 05489 - São Paulo - SP - Brasil