



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

460.812 : CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA E APLICAÇÃO DE MODELOS
DE DISPERSÃO

COORDENADORES : GABRIEL MURGEL BRANCO

DAGOBERTO HÉLIO LORENZETTI

SILVIO DE OLIVEIRA

ÁREA EXECUTORA : GERÊNCIA DE PESQUISAS DE AR E RUÍDO
METEOROLOGIA

EPISÓDIO AGUDO DE POLUIÇÃO DO AR EM CUBATÃO
ENTRE OS DIAS 10 E 11 DE AGOSTO DE 1984

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Luís Garcez
Av. Prof. Frederico H. Costa, 1.000 - Finsisros
05469-900 - SÃO PAULO - BR. S.L.

CLASS	
A 102	
CR1	30367

B401
B732e(RCET)
030367

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	01
2. RESULTADOS	01
2.1. Descrição dos Fatores Meteorológicos.....	01
2.2. Efeitos de Larga Escala.....	01 e 02
2.3. Efeitos de Pequena Escala.....	03 e 04
2.4. Rosas de Poluição.....	05 e 06
2.5. Inversão Térmica.....	06 a 08
3. COMPARAÇÃO ENTRE O VENTO E A POEIRA EM SUSPENSÃO NO VALE DO MOGI E NA VILA PARISI.....	08 a 10
4. CONCLUSÃO	11 e 12

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório parcial se constitui no produto do projeto nº 460.812 do Programa de Apoio Técnico às Ações de Controle - Cubatão, onde procurou-se, também, atender ao solicitado no memorando 075/84/DCON de 13.08.84.

Aqui serão descritos e analisados os fatores meteorológicos que conduziram as condições atmosféricas à ocorrência do episódio agudo de poluição do ar em Cubatão, no dia 10.08.84. Na sequência da análise descreve-se os aspectos sinóticos de larga escala; os efeitos de pequena escala; a influência da topografia sobre a circulação local; o efeito das inversões térmicas e da estabilidade atmosférica; e a persistência horária do vento e da poeira em suspensão.

Da análise, verificou-se que os seguintes fatores foram suficientes para a ocorrência do episódio entre os dias 10 e 11 de agosto de 1984: o anticiclone estacionário; o acoplamento de duas inversões térmicas em níveis diferentes; o transporte circular da poluição pelo vento de superfície, com velocidade fraca, no Vale do Mogi; a condição da atmosfera altamente estável e a emissão excessiva das indústrias, adicionadas à concentração já existentes na região.

2. RESULTADOS

2.1. Descrição dos Fatores Meteorológicos

2.2. Efeitos de Larga Escala

A pressão sinótica e a temperatura na FIGURA 1 indicam a atuação do sistema de alta pressão entre os dias 9 e 11 de agosto de 1984. A partir do dia 9, o centro do anticiclone iniciou seu deslocamento lento para o oceano, estabilizou a pressão na Baixada e diminuiu em São Paulo. Esta oscilação do sistema determinou o aumento do movimento descendente do ar (subsiden

cia), enfraqueceu o gradiente de pressão horizontal, intensificou a formação das inversões térmicas, aumentou a estabilidade atmosférica e manteve a velocidade do vento entre fraca e calma.

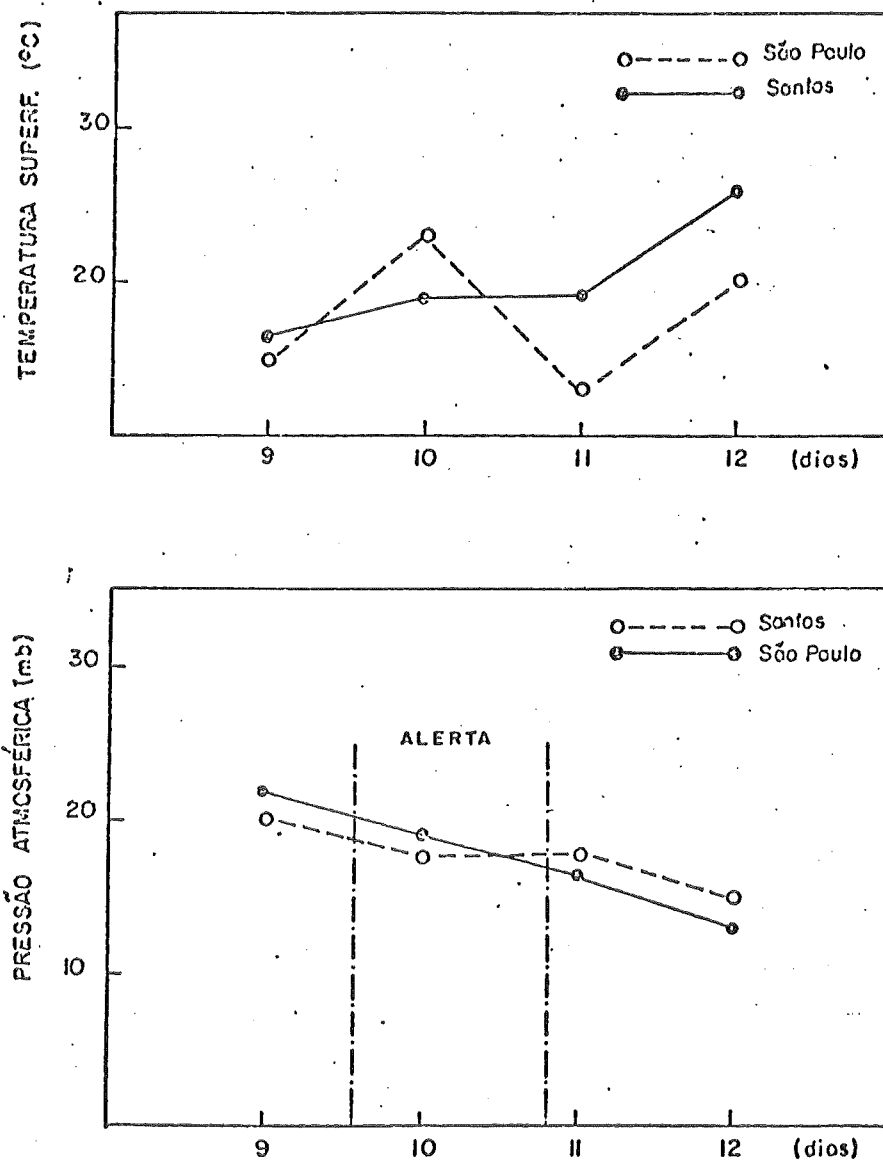


FIGURA 1 - Comparação da variação da pressão e temperatura, sinótica entre SANTOS e SÃO PAULO durante o episódio de poluição do ar em CUBATÃO de 10 para 11/08/84

2.3. Efeitos de Pequena Escala

Para se analisar o comportamento do vento em relação à topografia local, foram elaboradas três rosas de vento de superfície sobre o evento, relativas às estações medidoras existentes na região. Cubatão Residencial, Vila Parisi e Vale do Mogi (VIDE FIGURA 2). O comportamento do vento nestes locais obedeceu ao seguinte regime:

- a) Em Cubatão Residencial, a direção mais predominante foi a do quadrante sudeste, ocorrida durante o dia, caracterizando a influência da brisa marítima. O fluxo de retorno foi o do quadrante oeste-sudoeste para noroeste e ocorreu durante o período noturno. Esta direção é influenciada pelo fluxo de drenagem da serra para o oceano, estabelecendo o regime da brisa terrestre.
- b) Na Vila Parisi, a direção mais predominante foi a do quadrante sudoeste (sw). Esta estação sofre o efeito da Serra do Mar, portanto o vento sopra paralelo à mesma durante o dia até ao anoitecer. Conforme se observou no anemômetro de Cubatão Residencial, o vento atingiu esta estação com a direção de sudeste e, sob o efeito da serra, girou para sudoeste, sendo detectado com esta direção na estação da Vila Parisi. O fluxo de retorno ocorreu com baixas frequências, atingindo todo o quadrante norte.
- c) No Vale do Mogi, o vento de sudoeste que atingiu o fundo do Vale chegou com um movimento amortecido, devido à rugosidade da superfície, porque também sofreu o bloqueio natural do afunilamento provocado pela Serra do Mar e do Quilombo. À noite, ocorreu uma frequência elevada do vento do quadrante norte. Esta ocorrência foi devida à posição íngreme da montanha, que atua no sentido de drenar o ar mais frio e denso do topo para o fundo do vale, fazendo com que o ar dê início a um movimento circular na região entre o Vale e a área que circunda a Vila Parisi.

Em todos os casos a velocidade do vento variou entre 0 e 1,5 m/s.

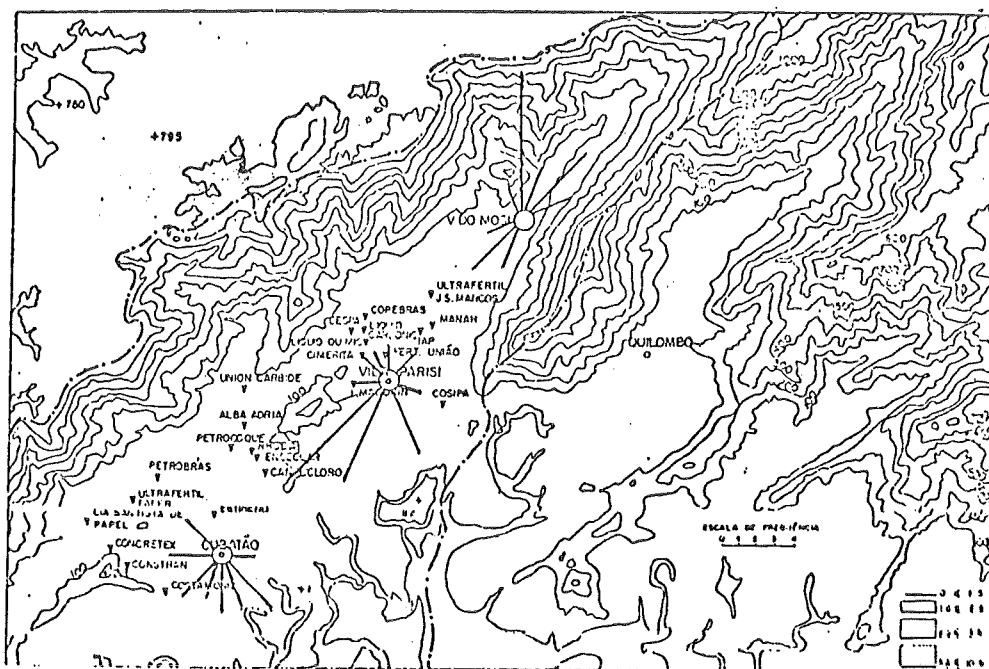


FIG. 2 - Rosas do Vento para Cubatão Residencial, a Vila Parisi e o Vale do Mogi. Do dia 10 para o dia 11.08.84.

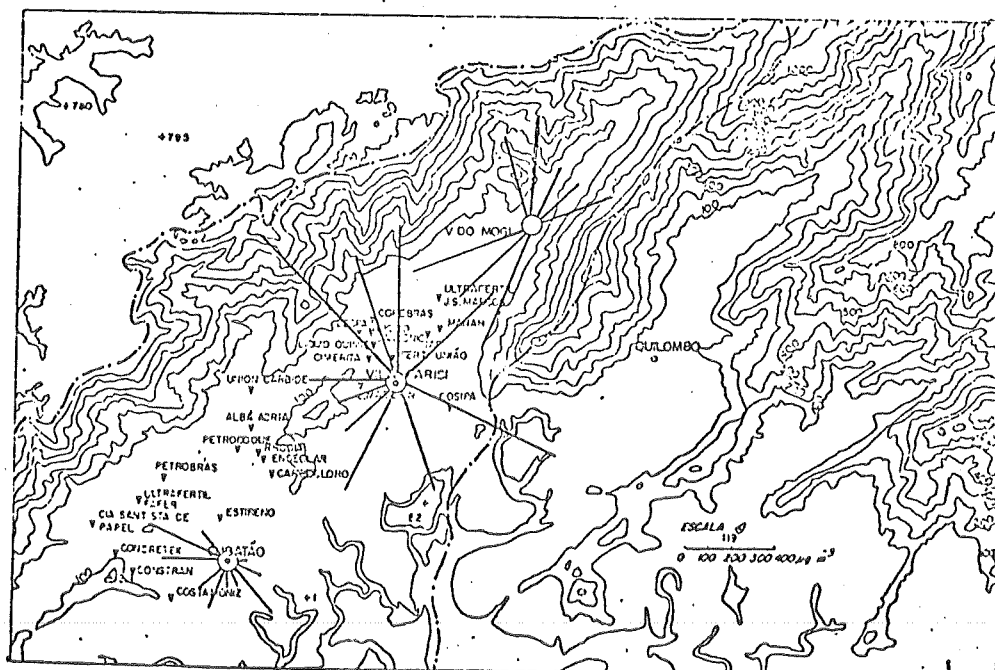


FIG. 3 - Rosas de poluição mostrando a direção do vento associada à concentração média da poeira em suspensão, para Cubatão Residencial, a Vila Parisi e o Vale do Mogi. Do dia 10 para o dia 11.08.84.

2.4. Rosas de Poluição

1 - Preparou-se três rosas de poluição referentes aos locais de amostragem durante o período do episódio. A rosa de poluição é uma combinação entre a direção do vento e a concentração média de poluentes. Para a sua elaboração, com-putou-se as medidas da concentração média da poeira em suspensão, de acordo com a direção do vento médio. Em seguida calculou-se a concentração média associada à cada setor da direção do vento e finalmente plotou-se o resultado como ilustrado na FIGURA 3.

- a) Em Cubatão Residencial, todas as fontes distribuídas nos setores de noroeste a sudoeste contribuem bastante para o aumento da poeira quando os ventos sopram destas direções. A concentração vinda do setor sudoeste é resultante da poluição gerada de todas as fontes, que retorna com os ventos desta direção, devido ao efeito das brisas marítimas e terrestre.
- b) Na Vila Parisi, as indústrias localizadas nos setores de nordeste a noroeste foram responsáveis pelo aumento da concentração sempre que o vento soprou destas direções. Nota-se que nas Rosas de Vento a frequência de direção deste quadrante foi relativamente baixa, porém o suficiente para aumentar significativamente a concentração sobre a Vila. O transporte de este-sudeste que coincide com a área da COSIPA, em relação a Vila Parisi, apresentou uma frequência de direção pequena, porém trouxe valores elevados de poeira em suspensão. E, finalmente, toda a poluição gerada do quadrante sul chega à Vila através das direções sudeste a oeste. É importante ressaltar que mais de 60% da poluição foi gerada nas fontes localizadas entre os setores noroeste a este-sudeste, ou seja, as fontes do quadrante sul devem ter contribuído com quase 40% da poluição acumulada na Vila Parisi.
- c) Vale do Mogi: sempre que os ventos soprarem das indústrias de fertilizantes de sudoeste para nordeste houve um acentuado aumento da poeira no fundo do vale duran-

te o dia. À noite, os ventos do quadrante norte transportaram em direção à Vila Parisi a poluição acumulada durante o dia.

Desta análise, portanto, depreende-se que nem sempre a direção do vento predominante é a principal responsável pelo transporte da poluição para o local de amostragem.

2.5. Inversão Térmica

A influência da inversão térmica e consequentemente o domínio das condições altamente estáveis foi detectada através da sonda acústica.

A FIGURA 4 mostra a variação horária da inversão e da estabilidade atmosférica a partir das 18 horas do dia 10.08 até as 14 horas do dia 11.08.84.

Observou-se no gráfico do Radar Acústico os seguintes fenômenos:

- A) Início da formação da camada de inversão de subsidência, associada às condições estáveis, entre 22 e 23 horas. Altura base : 400 m.
- B) Inversão de superfície: formou-se às 22:30 horas e acoplou-se à inversão de subsidência à 01 hora; a altura da base no nível do solo.
- C) Duas inversões de superfície que se formaram às 18:30 horas e se dissiparam às 21 horas aproximadamente, com base no nível do solo.
- D) Bandas horizontais escuras mostrando forte cisalhamento de ecos, indicadores da presença de camadas altamente estáveis. Este fenômeno é observado em todo o registro durante o período do evento.
- E) Camada de inversão de subsidência muito espessa, com um contraste bastante escuro, indicando forte gradiente de temperatura, caracterizando, portanto uma camada altamente intensa. Altura da base: 200 m.

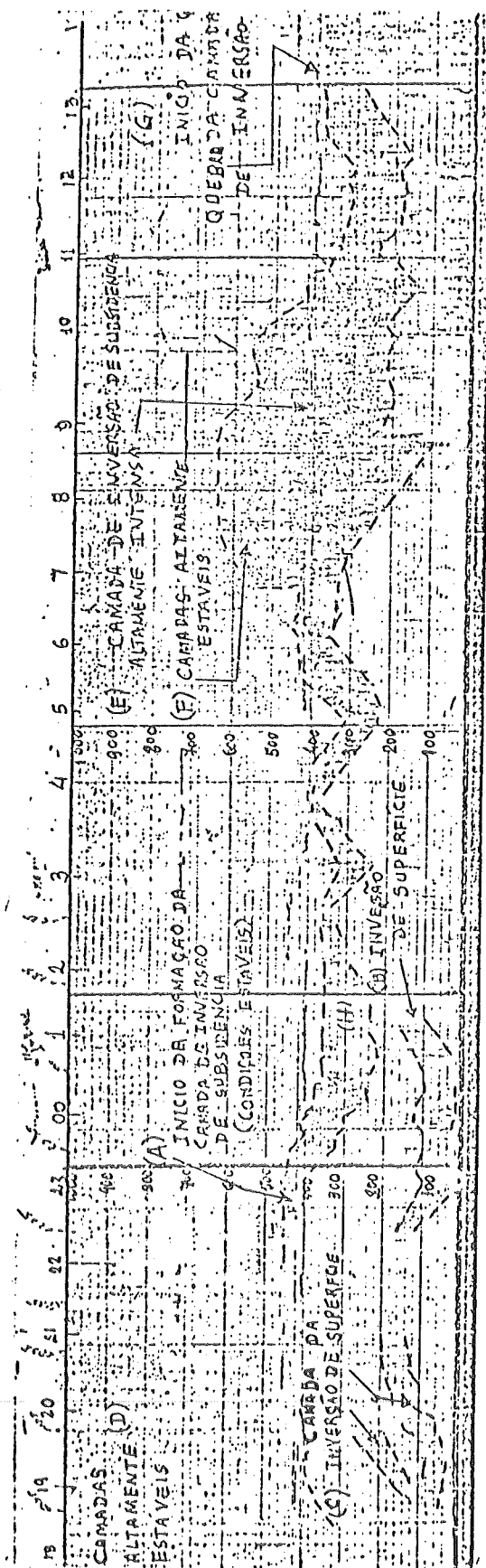


FIG. 4 - Variação horária das inversões térmicas e das camadas de estabilidade, registradas pela sonda acústica, durante a ocorrência do Episódio de Poluição do Ar de 10.08 para 11.08.84, em Cubatão, São Paulo.

- F) Fortes bandas de camada de eco se acoplando à inversão térmica estabilizando intensamente e inibindo o processo da dispersão atmosférica.
- G) Início da quebra da inversão térmica de subsidência entre 13 e 14 horas.

A altura média da base da inversão térmica foi de 200 m, aproximadamente, desde a sua formação até a quebra. A sua maior intensidade ocorreu entre 7 e 12 horas do dia 11.08.84.

Nos horários entre 22 e 1:30 horas, persistiu o domínio de duas camadas de inversões que atuaram no sentido de manter a atmosfera local estagnada. Este fator, associado às condições altamente estáveis, colaborou fortemente para o aumento da concentração, uma vez que o potencial diluidor da atmosfera foi totalmente inibido sem qualquer possibilidade de dispersão e transporte. Portanto o período entre às 18 horas do dia 10.08, e às 2 horas do dia 11.08.84 caracterizou-se como o mais crítico, devido à existência de duas camadas de inversões superpostas: uma com a altura da base de 200 m (H), e outra no nível do solo (B).

3. COMPARAÇÃO ENTRE O VENTO E A POEIRA EM SUSPENSÃO NO VALE DO MOGI E NA VILA PARISI

A finalidade desta comparação horária foi a de acompanhar a circulação da poluição entre o Vale do Mogi e a Vila Parisi, em função da direção e da velocidade do vento medida nos dois locais de amostragem.

Da FIGURA 5 observou-se que, no horário de 1 hora do dia 10.08 até à 1 hora do dia 11.08, o vento variou em média entre 0,5 a 1 m/s na Vila Parisi e entre 0,1 a 0,5 no Vale do Mogi. A partir da 1 hora até às 8 horas a velocidade chegou a atingir valor superior a 1 m/s, porém não o suficiente para promover uma condição boa de dispersão. Em que pesem as baixas velocidades do vento, porém, elas foram suficientes para promover um processo de redistribuição dos poluentes exatamente nos momentos onde ocorreram os re

gistros de direções contrárias do vento, conforme assinaladas na figura, nos horários das 20 horas do dia 10 até a 1 hora do dia 11.08.84.

Apenas à guisa de ilustração, seguem abaixo as direções do vento entre os dois pontos que determinaram o transporte circular lento da poeira entre o Vale do Mogi e a Vila Parisi:

DATA/HORA	VILA PARISI		VALE DO MOGI	
	DIREÇÃO	VELOC.(m/s)	DIREÇÃO	VELOC (m/s)
10/20	SSW	0.4	N	0.3
10/21	SW	0.6	N	0.1
10/22	WSW	0.5	NE	0.3
10/24	SSE	0.2	NNE	0.1
11/01	SW	0.6	NE	0.4

A partir da 1 hora em diante iniciou-se outro fluxo: o vento passou a soprar do fundo do Vale do Mogi para a Vila Parisi, isto é, de nordeste, até às 7 horas. Das 7 horas até às 17 horas do dia 11.08.84 o fluxo do vento passou a soprar paralelamente à serra, isto é, de sudoeste, caracterizando o domínio da brisa marítima.

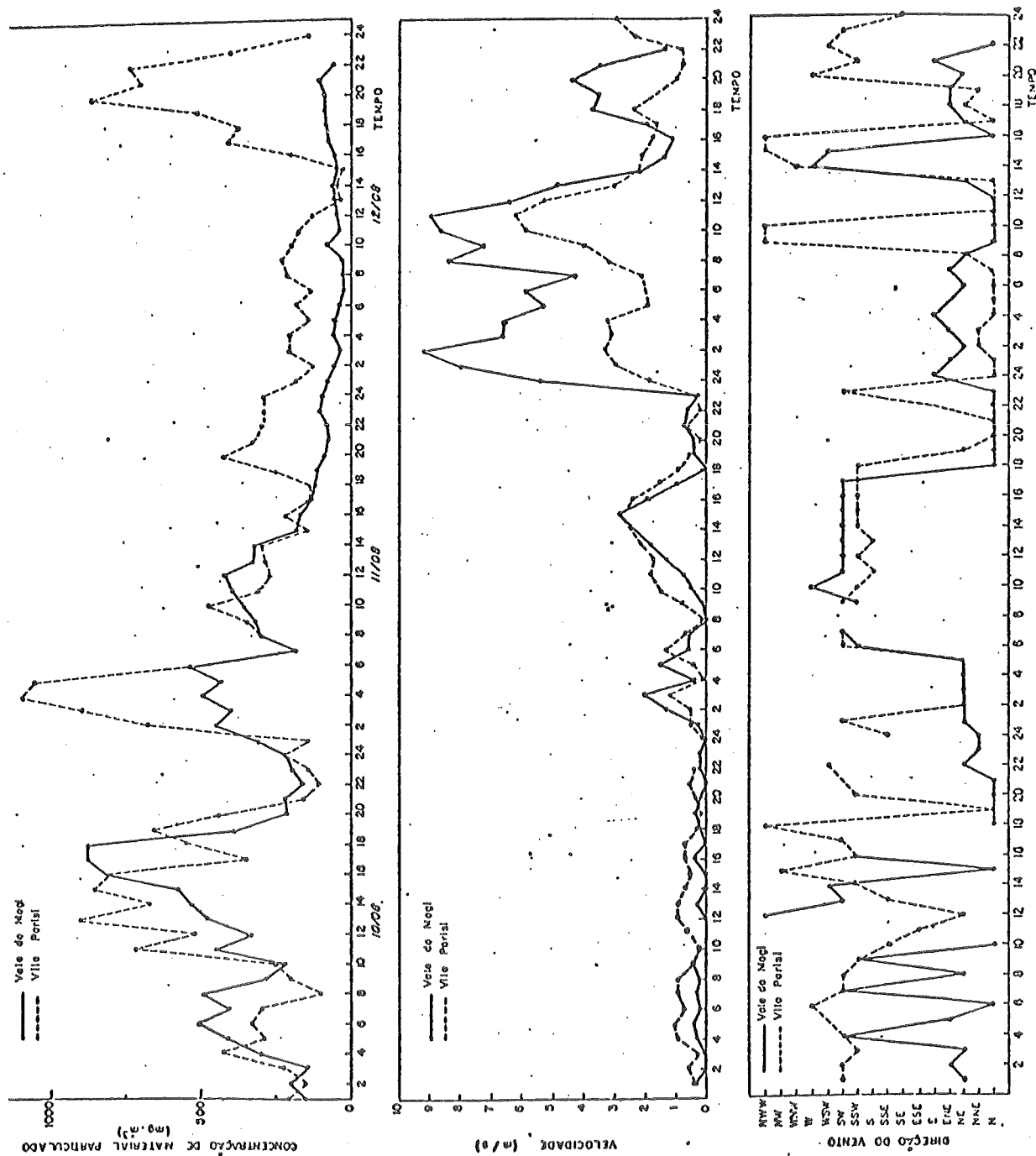


FIG. 5 - Comparação horária entre a poeira em suspensão e o vento (direção e velocidade) entre a Vila Parisi e o Vale do Mogi. De 10 a 12.08.84.

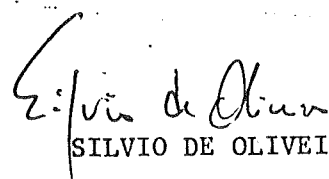
4. CONCLUSÃO

Os dados apresentados para este episódio na área de Cubatão confirmam a importância do fenômeno micrometeorológico que conduz as condições atmosféricas para acumular e dispersar a poluição do ar, quando predomina a condição meteorológica desfavorável à dispersão de poluentes em região de topografia irregular. Também ilustra que, sob certas condições, a poluição industrial pode ser emitida no mesmo volume de ar durante vários dias, e que este volume vai e volta durante esses dias dentro da bacia, no caso, a formada pelo Vale do Mogi.

Resumidamente, pode-se destacar os fatores básicos que resultaram na ocorrência do episódio crítico do dia 10 para o dia 11.08.84.

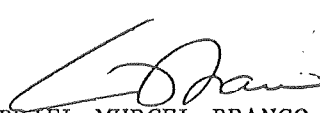
- a) Anticiclone estacionário sob a região;
- b) A movimentação do ar seguindo o alinhamento da Serra do Mar, no sentido contrário durante a noite;
- c) A forte emissão da indústria que, de acordo com sua posição geográfica em relação ao amostrador, sempre que o vento soprou obediendo ao alinhamento indústria/Vila Parisi, a concentração registrou uma subida altamente significativa;
- d) A altura média da base da inversão térmica foi da ordem de 200 m. No intervalo de tempo entre às 18 horas do dia 10.08 até às 2 horas do dia 11.08.84, caracterizou-se como o mais crítico, devido à existência de duas camadas de inversões superpostas no mesmo horário;
- e) Verificou-se que, no horário da desativação das indústrias, havia um movimento lento quase circular entre o fundo do Vale do Mogi e a Vila Parisi, conforme ficou demonstrado, através do registro das direções contrárias do vento, na estação 25 e no laboratório localizado no Vale do Mogi.
- f) E, finalmente, além dos fatores apontados acima, o que mais con

tribuiu para o agravamento da qualidade do ar, na Vila Parisi ,
foi o transporte das concentrações emitidas dos setores de noro
este a nordeste e de este-sudeste, que coincidem com a localiza
ção das indústrias de fertilizantes e da COSIPA, respectivamen-
te.


SILVIO DE OLIVEIRA
METEOROLOGISTA

SUBCOORDENADOR DE PROJETO

De acordo


ENGº GABRIEL MURGEL BRANCO

Gerência de Pesquisas

de Ar e Ruído

COORDENADOR DO PROJETO

