

1. Publicação nº INPE-3741-PRE/871	2. Versão 2nd*	3. Data Dezembro 1985	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem DCA/DOA	Programa OZÔNIO		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) OZÔNIO OZÔNIO DE SUPERFÍCIE OZÔNIO NA ANTÁRTICA			
7. C.D.U.: 523.4-852-36(99)			
8. Título MEDIDAS DE OZÔNIO NA ANTÁRTICA		10. Páginas: 22	
		11. Última página: 21	
		12. Revisada por	
9. Autoria V.W.J.H. Kirchhoff E.B. Pereira 		 Ivan Jelinek Kantor	
		13. Autorizada por  Marco Antonio Raupp Diretor Geral	
Assinatura responsável			
14. Resumo/Notas Durante o verão de 1984/85 foi realizada uma campanha especial na base brasileira da Antártica para medir a concentração de ozônio da superfície. O instrumento utilizado é um tipo aprimorado de célula de absorção em que a presença de O₃ atenua um feixe de luz ultravioleta detectado por um sensor. Os resultados mostram variações absolutas muito pequenas, da ordem de 5 ppbv, o que difere totalmente de medidas realizadas em São José dos Campos onde se observam variações diurnas acentuadas. *Trabalho revisado em janeiro 1987.			
15. Observações Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo "FNDCT" (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), através do Contrato FINEP 537/CT. Este trabalho será apresentado no 1º Encontro Regional de Geofísica.			

MEDIDAS DE O_3 NA ANTÁRTICA*

V.W.J.H. Kirchhoff e E.B. Pereira

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
C.P. 515, 12201 São José dos Campos, SP

ABSTRACT

A special campaign was performed during the summer of 1984/85 to measure surface ozone at the Brazilian Antarctic station (62°S , 60°W). The instrument used for the measurements was an absorption cell UV photometer. The results show very small variations, of the order of only 5 ppbv, which are very different from our results at S. José dos Campos where large diurnal variations are observed.

INTRODUÇÃO

O aumento contínuo de processamentos industriais tem contribuído cada vez mais para adicionar gases produzidos artificialmente à atmosfera, e que já começam a se manifestar mesmo em regiões distantes dos grandes centros industriais. Com relação à qualidade de vida do homem, a observação e o monitoramento de alguns gases da atmosfera é de interesse direto. Alguns gases da atmosfera, ainda que em proporções muito pequenas, têm capacidade de influir no clima. São os chamados gases do efeito estufa, isto é, gases que absorvem a radiação terrestre no espectro infravermelho, podendo assim contribuir para um aumento da temperatura. Entre estes gases destacam-se os de vida longa na troposfera, como O_3 , CH_4 , N_2O , H_2O e CO_2 . Medidas recentes destes gases revelaram que CO_2 , N_2O e CH_4 têm concentrações crescentes de ano a ano, isto é, há uma tendência de crescimento, provavelmente por causa do aumento contínuo de processamentos industriais e suas exigências em relação ao meio ambiente. É possível até visualizar situações extremas em que o aumento de temperatura seria suficiente para derreter parte do gelo polar, o que tenderia a causar uma elevação do nível do mar com conseqüentes inundações de cidades costeiras e prejuízos incalculáveis. Além da influência destes gases minoritários em variáveis climáticas, eles também podem afetar diretamente outros gases da atmosfera através de reações químicas. O metano, por exemplo, assim como o CO, está diretamente relacionado à química do ozônio, gás de importância fundamental para proteger a superfície terrestre da radiação solar ultravioleta.

A região Antártica oferece condições excelentes para medir gases da atmosfera natural por estar muito afastada dos grandes centros industriais. A probabilidade de interferência direta de poluentes nas medições feitas na Antártica é muito pequena e, com isto, os resultados têm grande interesse para efeito de comparação com outros

cos foram medidos. Neste relatório são descritas as observações de ozônio.

RESULTADOS

A Fig. 1 mostra a reprodução de um trecho típico do registro de dados obtido na Antártica. O intervalo de tempo é de 00 a 07 horas, tempo local oficial, do dia 12 de março de 1985. O traço superior registra a variação de temperatura da câlula de absorção do sensor de ozônio, indicado pela letra T. O traço inferior representa a concentração do ozônio (O_3). A variabilidade de ozônio neste trecho é da ordem de ± 2 ppbv (partes por bilhão por volume). Em outros trechos esta variabilidade pode ser um pouco maior ou menor. As médias horárias estão indicadas acima entre circunferências. Cada divisão menor nas ordenadas corresponde a 1 ppbv, e o nível zero está em 12 ppbv.

FIGURA 1

A Fig. 2 mostra as médias horárias da concentração de ozônio medida na Antártica entre 27 de fevereiro e 15 de março de 1985. Para clareza, os valores numéricos estão registrados na Tabela 1. Infelizmente o registro não foi contínuo. Houve interrupção na tomada de dados durante a calibração e testes no sensor, indicado na Fig. 2 pela letra C; os dados foram obtidos, mas a média horária não foi determinada por motivo de má qualidade dos dados; indicado na Fig. 2 pela letra I, para designar estes casos de interferência; e os dados não foram registrados devido a problemas com o registrador, por exemplo, papel emperrado, falta de tinta etc., indicado na Fig. 2 pela letra P.

FIGURA 2

As variações diurnas mostradas na Fig. 2 através das médias horárias da concentração de ozônio são pequenas. Pode-se mesmo afirmar que não há uma variação diurna, cíclica e recorrente, nos dados de ozônio observados o que é normal para a região Antártica. A ausência de materiais capazes de destruir o ozônio da atmosfera, tais como vegetação, solo exposto, pedras, a pureza da atmosfera, e, primordialmente, a grande estabilidade do ar para deslocamentos verticais próximo à superfície, o que impede a mistura das camadas de ar, fazem com que as variações diurnas da concentração do ozônio na Antártica sejam pequenas (Oltmans & Komhyr, 1976). As pequenas variações observadas são da ordem de 5 ppbv, e parecem não estar relacionadas a nenhum dos parâmetros meteorológicos observados (ver Tabela 2). As variações podem estar relacionadas com as descontinuidades horizontais naturais da atmosfera, tendo, por isto, caráter aleatório para um observador fixo que observa diferentes massas de ar trazidas ao ponto de observação pelos ventos.

TABELA 2

As variações diurnas que normalmente são observadas em outras latitudes estão representadas na Fig. 3, onde são mostradas as medidas feitas em São José dos Campos com o mesmo instrumento sensor de O_3 . Pode-se ver uma variação diurna consistente na seqüência de três dias de outubro de 1984. A amplitude da variação pode variar, mas há sempre um máximo na concentração do O_3 um pouco após as 12 horas locais, e um mínimo um pouco antes do nascer do sol. Para São José dos Campos a diferença entre máximo e mínimo pode ser de 30 ppbv, como foi o caso do dia 9 de outubro de 1984, onde a média horária máxima chegou perto de 40 ppbv, com um mínimo de 10 ppbv.

FIGURA 3

paração direta de suas médias, mostradas na Fig. 4, onde também está indicada a média obtida para Manaus, em recente expedição científica (Kirchhoff et al. 1985). A variação da média para as observações da Antártica é menor que 2 ppbv, portanto, praticamente constante durante todo o período de 24 horas.

FIGURA 4

DISCUSSÃO

Medidas de gases da atmosfera na Antártica têm sido registradas desde os anos 60. Vários países e organismos internacionais montaram laboratórios de pesquisa na Antártica como, por exemplo, a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), com seu programa de monitoramento de gases atmosféricos relevantes ao clima (GMCC, Geophysical Monitoring for Climatic Change). Este programa de medições de longo prazo serve para detectar tendências e, além de medir ozônio de superfície, também mede as concentrações de ozônio, por exemplo, usando sondas em balões que sobem a uns 10 mb ou 30 km de altura, e, portanto, obtêm dados na troposfera superior e estratosfera.

As primeiras medidas de ozônio registradas na literatura especializada parecem ter sido efetuadas a partir de 1961 na estação Amundsen Scott (90°S), e a partir desta data vários outros programas de longo prazo ou campanhas de breve duração foram realizadas nas estações americanas de Byrd (80°S , 119°W), na estação Eights ($75,2^{\circ}\text{S}$, $77,2^{\circ}\text{W}$) e na estação Halley ($66,2^{\circ}\text{S}$, $110,5^{\circ}\text{W}$). Os resultados apresentados por diversos autores (Aldaz, 1965; Oltmans & Komhyr, 1976; Murcray, 1983; Robinson & Bamesberger, 1983; Hogan et al., 1983; Robinson et al., 1984) são relativamente unânimes em mostrar variações diurnas desprezíveis para o ozônio, mas com uma variação anual bastante acentuada e, por isto, são necessários os programas de longo

O interesse do Brasil na Antártica efetivou-se a partir dos anos 80, quando uma expedição científica foi enviada para criar uma base brasileira na Antártica. O ozônio aqui descrito, medido pela primeira vez por um grupo brasileiro, do INPE, foi obtido na Operação Antártica III. O grupo de Química da Atmosfera do INPE iniciou medidas de ozônio no Brasil em 1978, quando foram feitos os primeiros lançamentos de balões sonda e foguetes para medir ozônio na troposfera e estratosfera (Kirchhoff et al., 1981; Kirchhoff et al., 1983; Kirchhoff, 1984; Kirchhoff & Logan, 1985). É de interesse deste grupo do INPE manter uma série de instrumentos para o monitoramento constante na estação brasileira Comandante Ferraz, associando-se ao grupo de medição do radônio, também do INPE. Um projeto de estudos neste sentido foi recentemente submetido ao CIRM com o título de "Gases Minoritários da Antártica" que, sendo aprovado, deverá dar um grande impulso às pesquisas da atmosfera desta região.

Alguns parâmetros meteorológicos foram anotados a fim de auxiliar a interpretação dos dados de ozônio. Pressão, temperatura, umidade relativa, vento, precipitação e observações sobre o tempo foram registrados na Tabela 2. Pode-se observar que as condições meteorológicas foram relativamente calmas, sem variações muito bruscas durante o período de observação. O tempo esteve quase sempre totalmente encoberto, nevando ou com chuviscos e, algumas vezes, apenas nublado. A temperatura média para as 12:00 horas locais foi de $0,3 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$, com uma umidade relativa de $84,4 \pm 11,0\%$. Para a meia noite local, a média de temperatura foi de $-0,4 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$, com $90,2 \pm 7,5\%$ de umidade relativa.

CONCLUSÕES

As medidas de ozônio realizadas durante o verão de 1984/85 na Antártica foram analisadas, e foi confirmada a pequena va

tipo na Antártica. As medidas aqui descritas devem servir de crédito para que programas mais ambiciosos sejam realizados na Antártica, principalmente os de longo prazo para estudar, por exemplo, as variações anuais, de interesse muito maior.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a Sylvio Luiz Mantelli Neto e José Carlos de Andrade pela assistência técnica prestada durante a execução desta missão, e também, ao Ministério da Marinha, Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM), Programa Antártico Brasileiro, Subprojeto 9586).

REFERÊNCIAS

- ALDAZ, L. - 1965 - Atmospheric ozone in Antartica. J. Geophys. Res., 70:1767-1773.
- HOGAN, A.W., MURPHY, B., KEBSCHULL & TOWNSEND, R. - 1983 - Meteorolo
gical and aerosol experiments in Antartica. Antarctic Journal, 247-
248.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H., HILSENATH, E., MOTTA, A.G., SAHAI, Y. &
MEDRANO-B, R.A. - 1983 - Equatorial ozone characteristics as
measured at Natal (5,9⁰S, 35,2⁰W). J. Geophys. Res., 88:6812-6818.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H. - 1984 - Are northern hemispheric tropospheric
ozone densities larger? EOS, 65:449.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H., ALVES, J.R., SILVA, I.M.O. - 1985 - Medidas de O₃
no Amazonas, 1º Encontro Regional de Geofísica, SBGF, INPE, novembro
27 a 29.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H., SAHAI, Y. & MOTTA, A.G. - 1981 - First ozone
profiles measured with ECC sondes at Natal (5,9⁰S, 35,2⁰W).
Geophys. Res. Lett., 8:1171-1172.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H. & LOGAN, J.A. - Tropical ozone: Seasonal
variations in the troposphere at 6⁰S, INPE-3555-PRE/766, 37ª
Reunião Anual da SBPC, Belo Horizonte, 10 a 17 de julho, 1985.
- MURCRAY, D.G. - 1983 - Measurement of the column densities of water,
nitric acid (HNO₃), fluorocarbons (CF₂CL₂ and CFCL₃) and ozone
during the austral winter. Antarctic Journal, 152.

ROBINSON, E. & BAMESBERGER, W.L. - 1983 - Air chemistry monitoring at Palmer Station. Antarctic Journal, 253-254.

ROBINSON, E., BAMESBERGER, W.L., MENZIA, F.A., WAYLETT, A.S. & WAYLETT, S.F. - 1984 - Atmospheric trace gas measurements at Palmer Station Antarctica: 1982-83. J. Atmos. Chem., 2:65-81.

MEDIDAS DE O_3 NA ANTÁRTICA

V.W.J.H. Kirchhoff e E.B. Pereira

- Número de Figuras = 4

- Número de Tabelas = 2

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trecho do registro feito na Antártica, que mostra a variação de temperatura no sensor, T, e o ozônio, O₃.

Figura 2 - a) Médias horárias de ozônio medidas na Antártica, entre 27 de fevereiro e 6 de março.

b) Médias horárias de ozônio medidas na Antártica, entre 7 de março e 15 de março.

Figura 3 - Sequência de três dias de dados tomadas em São José dos Campos em outubro de 1984, mostrado para efeito de comparação.

Figura 4 - Comparação das médias de São José dos Campos, da Antártica, e de recente campanha de medidas em Manaus.

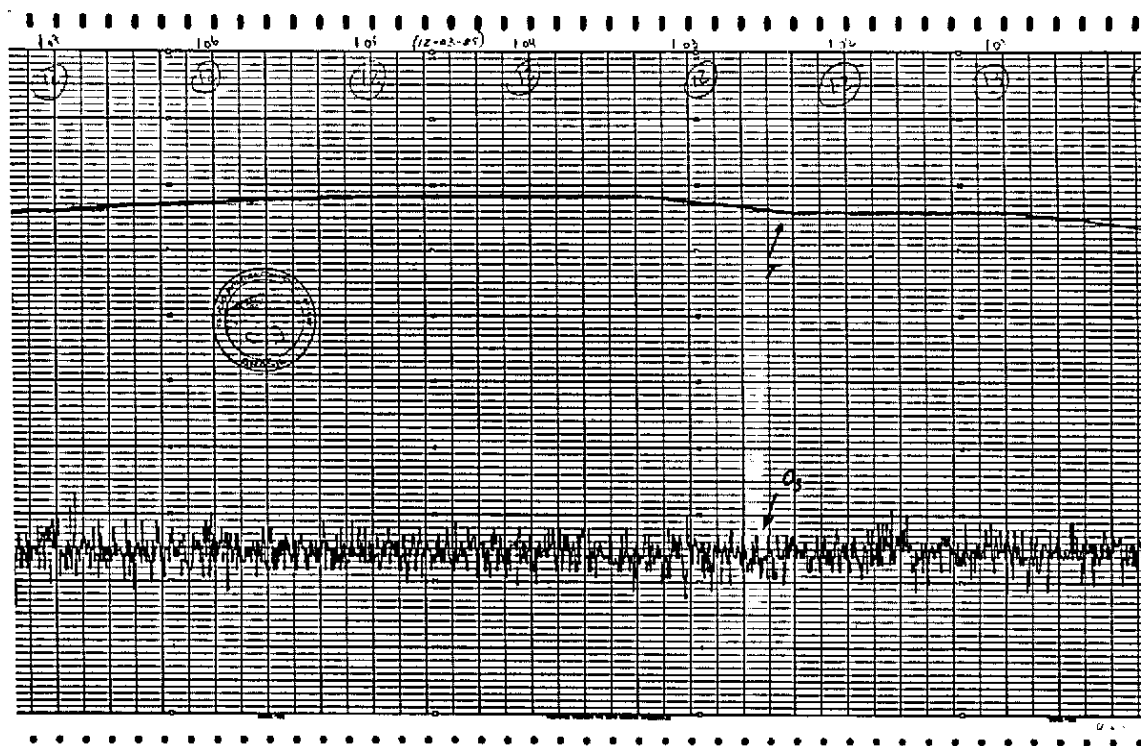


Fig. 1

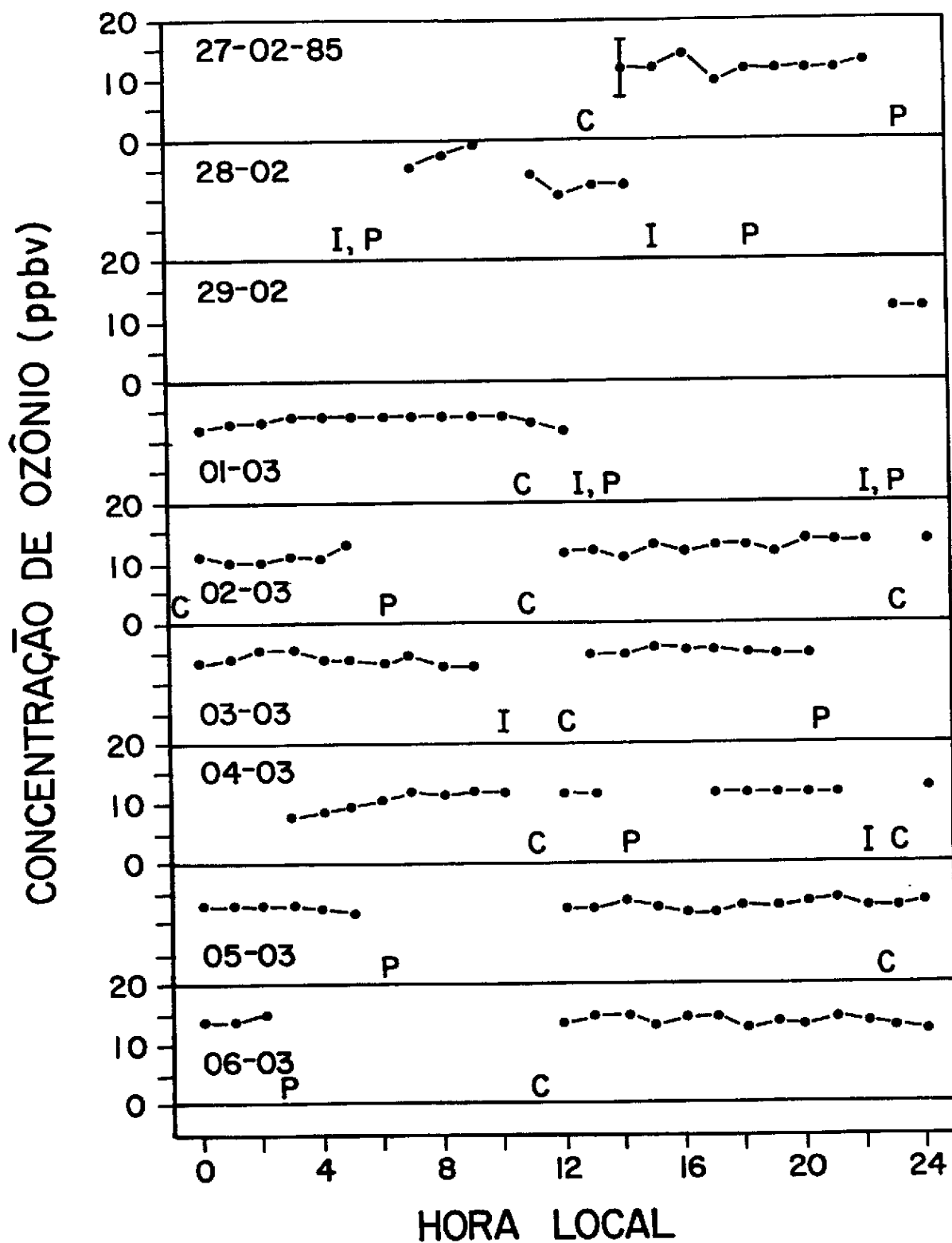


Fig. 2a

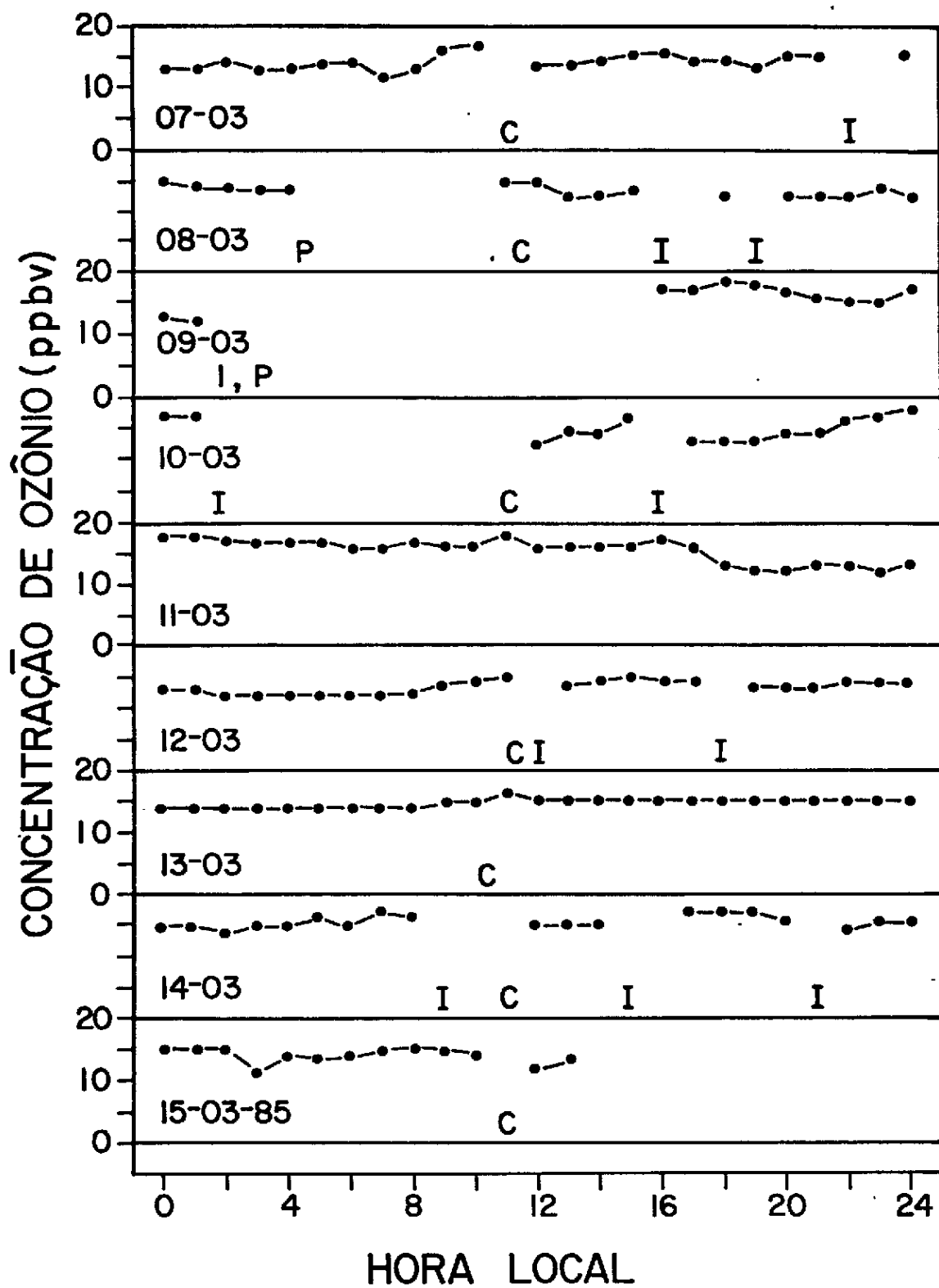


Fig. 2b

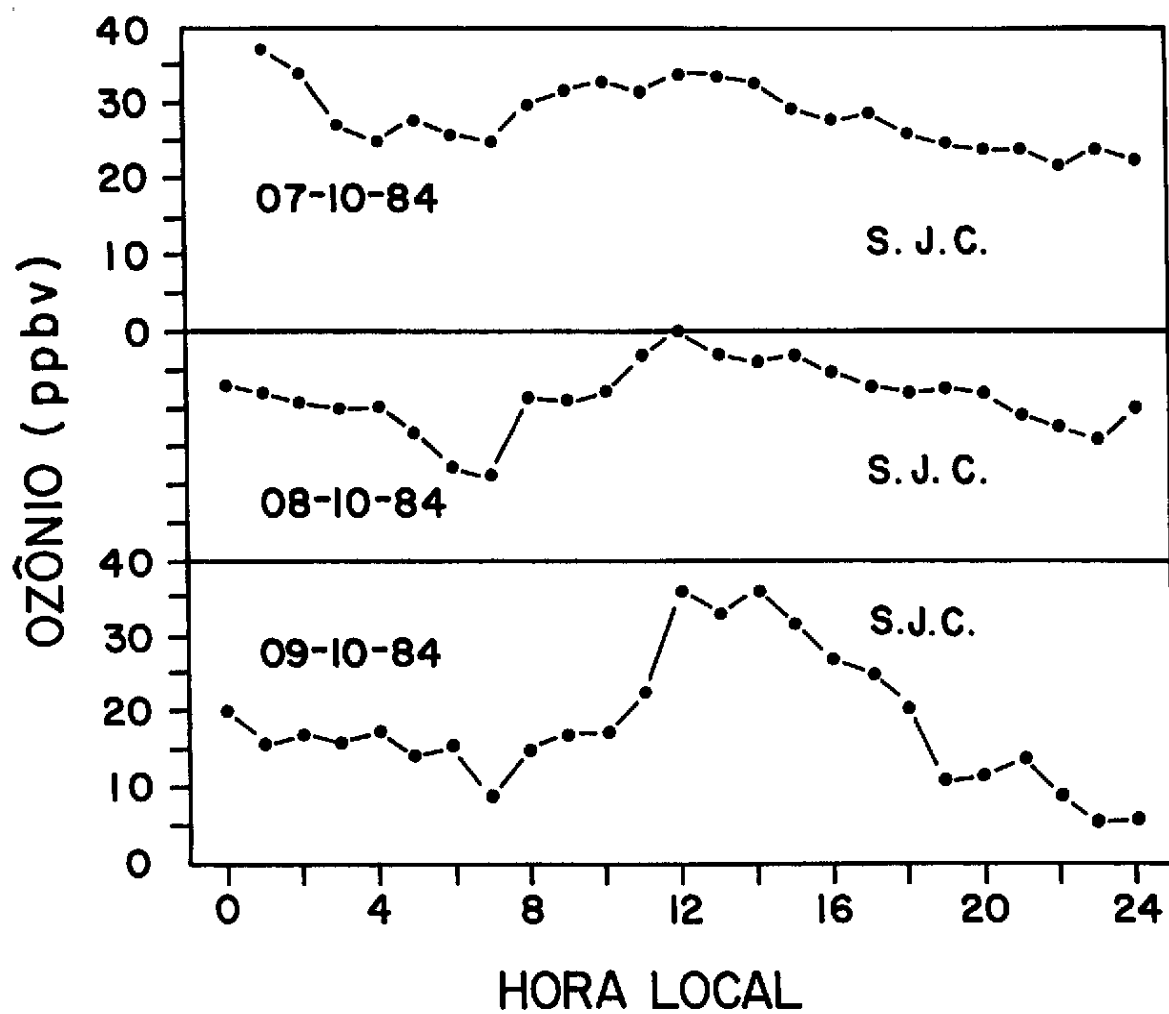


Fig. 3

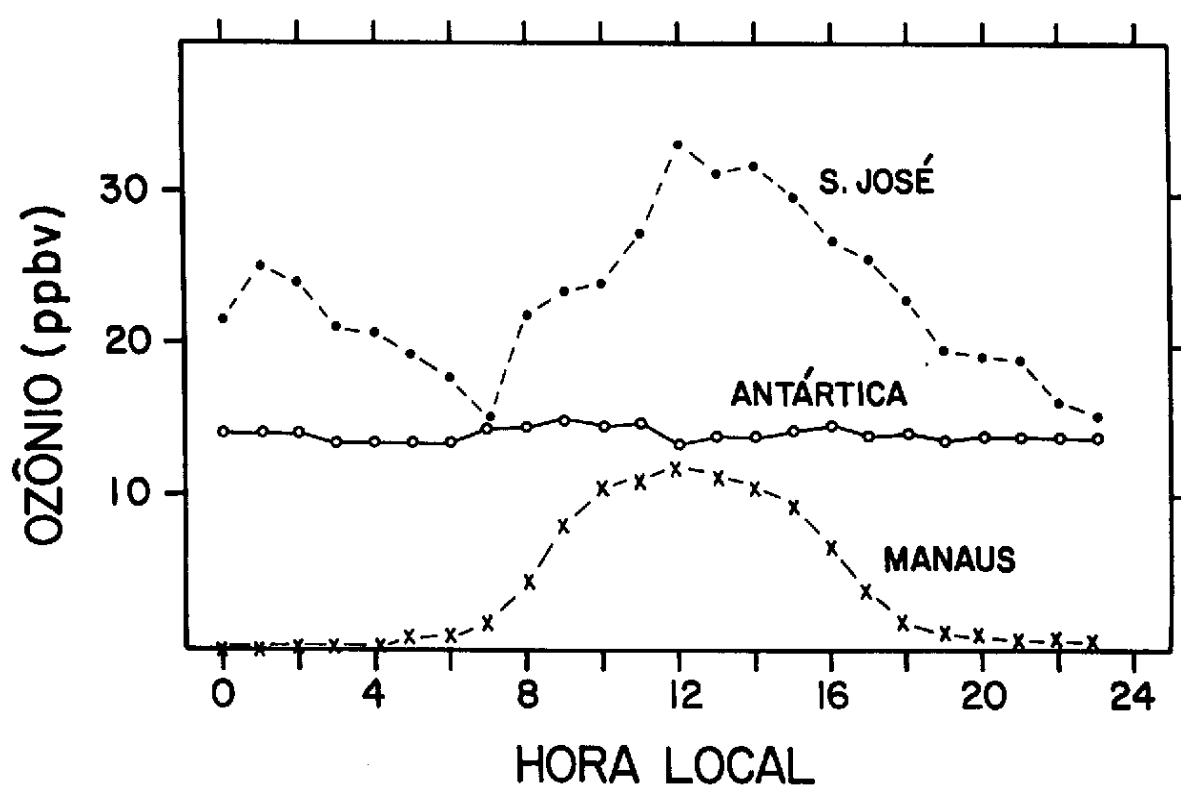


Fig. 4

TABELA 1

HORA DIA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
27															12	12	14	10	12	12	12	12	13	
28								16	18	19		14	11	13	13									12
01	12	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	13	12					12						
02	11	10	10	11	11	13							12	12	11	13	12	13	13	12	14	14	14	
03	13	14	15	15	14	14	13	14	13	13		13		15	15	16	16	16	15	15	15			
04				08	09	10	11	12	12	12	12		12	12				12	12	12	12	12		
05	13	13	13	13	13	12							13	13	14	13	12	12	13	13	14	14	13	13
06	14	14	15											14	15	14	15	15	13	14	14	15	14	14
07	13	13	14	13	13	14	14	12	13	16	17			14	14	15	16	15	15	14	16	16		
08	15	14	14	14	14							15	15	13	13	14			13		13	13	14	
09	13	12																17	17	18	17	16	15	15
10	17	17												13	14	14	16		13	13	14	14	16	17
11	18	18	17	17	17	16	16	16	17	16		16	18	16	16	16	17	16	13	12	12	13	13	12
12	13	13	12	12	12	12	12	12	13	14	14	15		14	14	15	14	14		13	13	13	14	14
13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14	15	15	14	15	15	16	15	17	17				15	15	15			17	17	17	16		14	15
15	15	15	15	12	14	14	14	15	15	15	14		12	13										
Av.	14	13,9	13,8	13,4	13,3	13,6	13,7	14,2	14,6	14,9	14,6	14,8	13,4	13,9	14,0	14,5	14,8	14,1	14,0	13,8	14,1	13,9	14,0	14,0
σ	1,9	2,0	1,7	2,5	2,0	1,9	1,5	1,8	2,1	2,0	1,6	1,8	1,6	1,2	1,4	1,4	1,8	2,1	1,9	1,9	1,6	1,4	1,0	1,5

Média mínima = 13,3 $\pm$ 2,0 Valor horário mínimo = 08Média máxima = 14,9 $\pm$ 2,0 Valor horário máximo = 19

TABELA 2

DIA	HORA	PRESSÃO (mb)	TEMP. (°C)	UMIDADE (%)	VENTO Az.	m/s	PRECIP. (mm)	OBSERVAÇÃO
27	00	989,9	2,8	83	340	1,5	0	N (nevando)
	09	987,8	0,7	94	90	4,5	0,9	N
	12	986,9	-0,2	94	80	7,0	0	N
	18	985,5	-1,1	89	115	7,0	0	N
	24	984,8	-1,5	84	110	4,5	0	N
28	09	985,8	-1,4	90	85	0,5	0	N
	12	986,5	-1,7	79	70	4,0	0,1	N
	18	986,8	-1,3	87	345	2,0	0	N
	24	985,5	-3,8	90	90	13,5	0	N
01	09	982,6	-3,8	84	70	10,0	0	N
	12	983,8	-3,8	85	80	14,0	0	N
	18	985,8	-3,7	80	80	6,0	0	E (encoberto)
	24	990,0	-3,8	75	115	1,3	0	E
02	09	993,5	-1,0	70	270	4,5	0	Nu (nublado)
	12	994,0	0,8	60	30	2,0	0	
	18	991,9	1,9	75	350	7,0	0	E
	24	991,4	1,0	92	250	3,5	0	E
03	09	985,2	-0,2	83	360	1,0	0	N
	12	983,4	-0,8	100	200	1,5	2,3	N,E
	18	980,2	0,1	99	80	11,5	0	N
	24	981,8	-0,1	97	125	9,0	0	N
04	09	990,2	-0,9	80	75	8,0	0	E
	12	990,4	-0,2	79	75	7,5	0	E
	18	987,5	1,0	87	80	5,5	0	E
	24	983,4	2,1	86	105	7,5	0,2	E
05	09	979,8	1,9	89	70	8,0	3,9	E
	12	981,3	1,0	96	70	5,0	0	Ne (nevoeiro)
	18	985,9	-0,8	92	90	8,5	0	Ne
	24	989,0	-2,2	94	90	10,0	0	N
06	09	989,5	-1,9	92	75	13,0	0	N
	12	991,0	-1,8	93	80	13,0	0	N
	18	996,2	-2,0	88	90	7,5	0	
	24	998,9	-3,4	80	15	1,2	0	
07	09	994,9	0,2	80	0	2,5	0	
	12	992,4	2,4	78	75	7,0	0	
	18	989,0	2,7	89	350	10,0	0	E
	24	988,1	3,2	94	345	4,0	0,2	E

Continuação da Tabela 2.

DIA	HORA	PRESSÃO (mb)	TEMP. (°C)	UMIDADE (%)	VENTO Az. m/s	PRECIP. (mm)	OBSERVAÇÃO
08	09	991,0	3,5	90	0 5,0	0	
	12	991,1	3,6	97	0 6,5	0	Ne
	18	990,3	3,2	97	0 8,0	1,0	C (chuvisco)
	24	988,6	3,0	100	0 7,5	0,5	C
09	09	986,0	2,9	96	290 1,5	3,3	E (encoberto)
	12	985,5	5,0	79	130 2,0	0	
	18	988,2	4,9	84	285 4,5	0	
	24	990,2	2,1	95	300 7,5	0	
10	09	989,5	4,5	97	15 9,5	0,5	C
	12	989,1	5,0	100	0 5,5	0,5	C
	18	994,0	4,9	98	0 15,0	1,0	C
	24	986,9	3,9	98	300 5,0	0	E
11	08	988,1	4,0	87	320 2,5	0	Nu (nublado)
	12	988,0	3,8	86	185 1,5	0	Nu
	18	986,4	0,9	91	100 5,0	0	
	24	984,0	0,0	90	70 3,5	0	E
12	09	979,9	-1,8	100	70 10,0	0	N (nevando)
	12	978,6	-2,0	100	80 15,5	0	N
	18	978,0	-3,5	98	90 10,5	0	N
	24	978,0	-4,0	96	90 10,0	0	N
13	08	979,0	-4,0	99	110 6,5	0	N
	12	980,5	-3,5	93	125 5,0	0	N
	18	982,0	-2,4	93	155 5,0	0	N
	24	982,5	-2,0	90	255 0,8	0	E
14	09	982,3	-0,2	77	338 2,0	0	E
	12	982,4	0,3	78	20 0,5	0	E
	18	983,8	0,3	82	75 3,8	0	E
	24	985,5	-0,6	93	90 4,0	-	
15	09	988,5	-0,7	77	45 4,5	0	E
	12	989,4	-0,5	74	30 5,5	0	E
	18	991,4	-1,1	87	90 3,0	0	N
	24	992,8	-1,9	97	60 3,0	0,2	N
16	09	994,9	-1,2	93	95 2,0	0	E
	12	995,5	-1,0	85	85 3,2	0	M
	18	998,0	-1,2	84	80 6,5	0	E
	24	1000,8	-2,0	75	45 3,5	0	