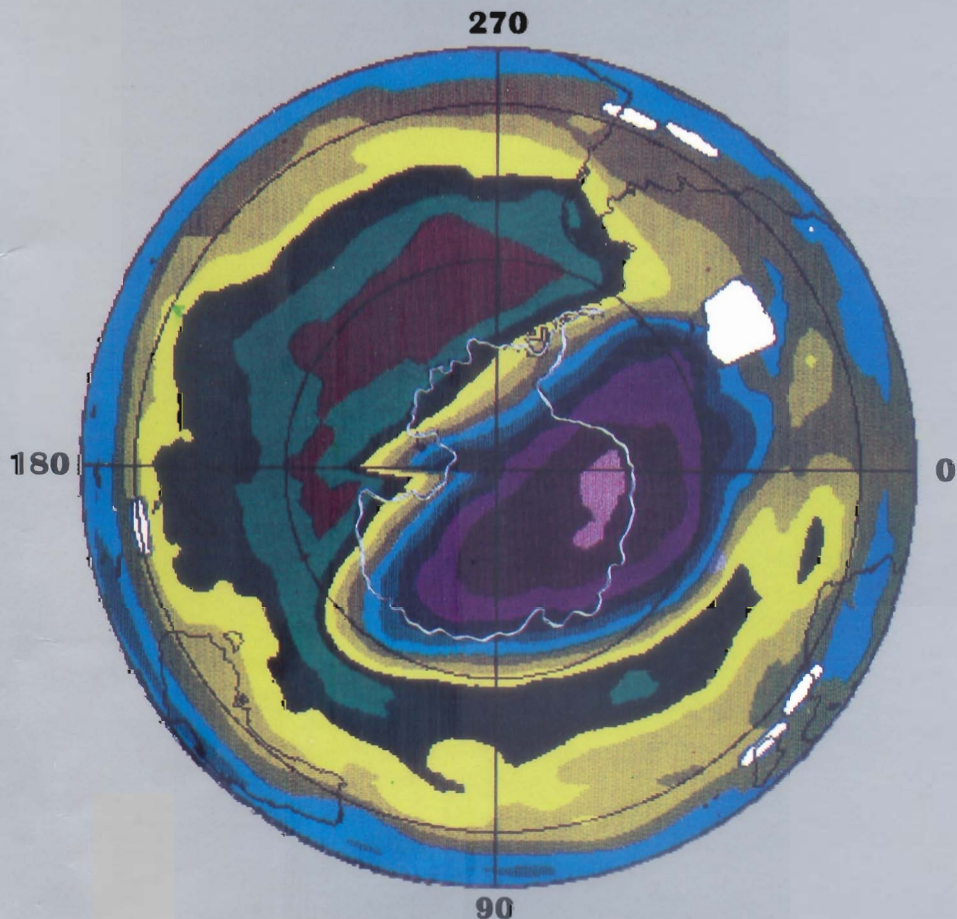


# CIÊNCIAS ESPACIAIS E DA ATMOSFERA NA ANTÁRTICA

TRABALHOS DO SIMPÓSIO DE SERRA NEGRA (1994)

**René A. Medrano-B**  
**Enio B. Pereira**  
Editores



TRANSTEC EDITORIAL



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

**Ciências espaciais e da atmosfera na Antártica /  
René A. Medrano-B, Enio B. Pereira editores. --  
São José dos Campos, SP : Transtec, 1995.**

**"Trabalhos do Simpósio de Serra Negra (1994)"  
ISBN 85-85417-07-2**

**1. Atmosfera - Pesquisa - Antártica 2. Ciências  
espaciais - Antártica I. Medrano-B, René A., 1939-  
II. Pereira, Enio B., 1948-**

95-4823

CDD-500.50720989

**Índices para catálogo sistemático:**

**1. Antártica : Pesquisas avançadas 500.50720989**

PRIMEIROS RESULTADOS DE CARBONO ELEMENTAR ATMOSFÉRICO NA ILHA REI GEORGE.....	403
Heitor E. da Silva e Enio B. Pereira	
ESTUDO DE CASO DE UMA NUVEM VÍRGULA INVERTIDA ORIGINADA EM MASSA DE AR POLAR E A SUBSEQUENTE OCORRÊNCIA DE VENTOS FORTES NA BACIA DE CAMPOS.....	417
Claudine Pereira Dereczynski, Nelson Jesus Ferreira	
CONTINUOUS INJECTION OF SOLAR COSMIC RAYS IN THE INTERPLANETARY SPACE ALONG THE INTERFACE BETWEEN AMBIENT SOLAR WIND AND THE EJECTED MATTER DURING MAJOR SOLAR FLARES .....	441
René A. Medrano-B	
PREVISÃO NUMÉRICA E TEMPO PRESENTE NO NORTE DA PENÍNSULA ANTÁRTICA: UMA COMPARAÇÃO PARA O VERÃO 1993/94.....	455
Hungria, C.S. Haymussi, H. Setzer, A.W.	
EVALUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LOS PROGRAMAS CIENTÍFICOS NACIONALES EN LA ANTÁRTIDA .....	467
AVALIAÇÃO E PERSPECTIVAS DOS PROGRAMAS CIENTÍFICOS NACIONAIS NA ANTÁRTICA .....	469
ADMINISTRACIÓN Y APOYO LOGÍSTICO A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN LA ANTÁRTIDA .....	471
GERENCIAMENTO E APOIO LOGÍSTICO A PROJETO DE PESQUISA NA ANTÁRTICA .....	472

# PRIMEIROS RESULTADOS DE CARBONO ELEMENTAR ATMOSFÉRICO NA ILHA REI GEORGE

Heltor E. da Silva<sup>1</sup> e Enio B. Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ciências Radiológicas, LCR/UERJ  
Rua São Francisco Xavier, 524  
20550-013 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>UFSC-EMC/LABSOLAR, Caixa Postal 476,  
88004-900 Florianópolis, SC, Brasil

Em afastamento temporário do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE

## RESUMO

Este trabalho mostra o resultado das concentrações de Carbono Elementar (CE) na atmosfera, medido pela primeira vez na estação antártica brasileira Ferraz (62°05'S-58°23,5'W) localizada na Ilha Rei George. Empregou-se para as determinações um equipamento cujo princípio de operação baseia-se na atenuação óptica de um feixe de luz de referência sobre um filtro de microfibras de vidro, onde os aerossóis são depositados durante amostragens contínuas. O período de monitoração foi de março à dezembro de 1993. A média anual encontrada foi de  $6,51 \pm 5,46 \text{ ng.m}^{-3}$ . Os dados obtidos não permitiram concluir de forma inequívoca se o grande número de estações de pesquisa na região eleva o nível de concentração do CE atmosférico. Pode-se observar, contudo, a contribuição de Ferraz em curtos períodos de tempo. Uma interpretação preliminar dos dados de CE e da meteorologia local mostrou que a advecção de ar "contaminado" oriundo do continente sul-americano pode elevar o nível de CE durante as passagens dos sistemas frontais de baixa pressão pela região.

## INTRODUÇÃO

O Carbono Elementar, conhecido por "Black Carbon" na língua inglesa, é uma das formas químicas possíveis para o carbono na atmosfera. É constituído por partículas sub-micrométrica contendo os átomos de carbono cíclicos e é produzido principalmente pela

queima de combustível fóssil, nas cidades, e pela queima da biomassa. Sua importância reside no fato de ser um importante componente nos aerossóis atmosféricos dado seu elevado coeficiente de absorção para luz solar (Chylek et al., 1984; Clark et al., 1987) e à possibilidade de ser empregado como traçador para monitoração da

atmosfera (Hamilton and Mansfield, 1991). O interesse na monitoração atmosférica do CE tem se intensificado nos últimos anos devido aos estudos sobre o impacto global na atmosfera da queima de biomassa, como as que ocorrem na região amazônia e no Brasil central nos meses de agosto à outubro (Andreae et al., 1983; Artaxo et al., 1990; Pereira et al., 1995). Na região antártica o CE tem sido usado, de forma ainda incipiente na monitoração da advecção de massas de ar de origem continental para as latitudes polares. Além disso, sua monitoração em estações de pesquisa na Antártida tem como objetivo secundário uma avaliação local do impacto atmosférico causado pelas atividades de queima de lixo, geração de energia elétrica etc.

Este trabalho tem como objetivo relatar as primeiras medidas do CE na estação Antártica Ferraz ( $62^{\circ}05'S-58^{\circ}23,5'W$ ), na Península Antártica, como parte de um projeto de monitoração de compostos minoritários na atmosfera que visa o estudo sobre as trocas de ar entre o continente antártico e as latitudes mais baixas e seu papel nas mudanças globais da atmosfera.

## METODOLOGIA

O CE é amostrado e medido de forma contínua através de um equipamentos disponível

comercialmente e conhecido como "Etalômetro", de fabricação pela Magee Scientific Company. O princípio de funcionamento do Etalômetro baseia-se na medida da variação da atenuação de um feixe de luz através de um filtro sobre o qual se precipita continuamente o CE. O ar é bombeado através de um filtro de microfibras de vidro, sobre uma área circular de 1 cm de diâmetro, com uma vazão média de 36 SLPM. O suporte de filtro encontra-se no interior de uma câmara escura onde uma fonte de luz constante é dividida em um feixe de referência e outro de medida que incidem na área limpa do filtro e na área de amostragem, respectivamente. A atenuação desses dois feixes de luz é avaliada por um fotosensor colocado do lado oposto do filtro. A atenuação do feixe de medida é comparada àquela do feixe de referência para correção da variação da fonte emissora. A derivada com o tempo da curva de atenuação, corrigida para a variação da fonte, é proporcional à concentração de CE no filtro, uma vez que o coeficiente de atenuação para o CE é muito maior que para os outros particulados na atmosfera. O algoritmo para o cálculo da concentração de CE foi codificado em linguagem BASIC para microcomputador e considera, o intervalo de tempo de amostragem, o fluxo total de ar amostrado, a eficiência de retenção de aerossóis para o tipo de filtro empregado e o fator de calibração, como parâmetros de entrada.

Para a estação de amostragem localizada na EACF programou-se, de maneira empírica, leituras de atenuação óptica a cada 30min e troca de filtros em periodicidade quinzenal, o que proporcionou uma excelente resolução temporal, mas uma grande dispersão nos dados devido às baixas concentrações encontradas. Verificou-se, durante diversas amostragens, que em os depósitos de CE podem permanecer abaixo do mínimo detectável da instrumentação ( $0,05 \text{ ng.m}^{-3}$ ). Assim, os dados originais foram integrados posteriormente para intervalos de tempo maiores e foi calculada a média móvel sobre a série temporal a fim de reduzir a dispersão e possibilitar uma melhor visualização dos dados num formato gráfico.

## RESULTADOS

As concentrações de CE em Ferraz forma medidas no período de inverno de 1993, entre os meses de março à dezembro. A média geral para o período foi de  $6,5 \text{ ng.m}^{-3}$  com uma grande dispersão, medida pelo desvio padrão de  $5,5 \text{ ng.m}^{-3}$ . A distribuição de concentrações é mostrada no histograma da figura 1. Os valores extremos encontrados no histograma correspondem, como veremos, a eventos de produção local do CE atribuídos às atividades na estação.

Tabela 1 - Estatística das coletas realizadas em Ferraz.

Estatística Descritiva	Pressão (mbar)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Vento (kt)	CE ( $\text{ng.m}^{-3}$ )
Média	982,90	-2,16	81,58	11,37	6,51
Erro padrão	0,65	0,22	0,49	0,35	0,36
Mediana	982,35	-1,40	82,95	10,90	5,06
Desvio Padrão	10,87	3,67	8,15	5,77	5,46
Curtosis	0,25	0,31	1,08	0,01	5,75
Assimetria	0,16	-0,82	-0,91	0,54	2,08
Mínimo	950,10	-14,30	46	0,90	0,03
Máximo	1,014,80	5,40	96,60	31,50	31,42
Nível de confiança (95%)	1,28	0,43	0,96	0,68	0,70

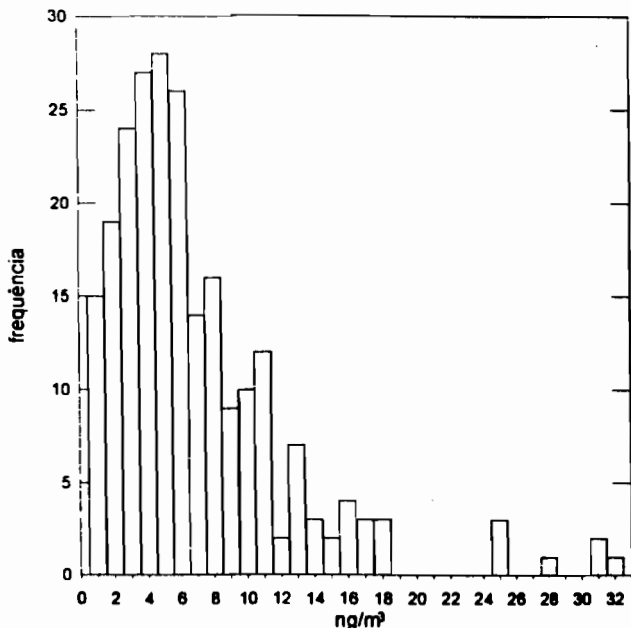


Figura 1 - Histograma das concentrações de carbono elementar na estação antártica Ferraz durante o inverno de 1993.

Na tabela 1 são mostrados os dados estatísticos obtidos para o CE e para as variáveis meteorológicas adotadas para fins de correlação. A máxima concentração de CE observada em Ferraz foi de  $31,4 \text{ ng.m}^{-3}$ , portanto, duas ordens de magnitude inferior às concentrações de CE observadas nas grandes metrópoles (variável entre  $1600$  e  $1300 \text{ ng.m}^{-3}$ ) e uma ordem de magnitude inferior a média observada na região remota de Pt. Barrow, Alaska (média de  $300 \text{ ng.m}^{-3}$ ), (Hamilton e Mansfield, 1991). Os valores de CE medidos em Ferraz são ainda inferiores aos medidos (Pereira et al., 1995) na região de Fortaleza (média  $67 \text{ ng.m}^{-3}$ ), que recebe massas de ar limpas do Oceano Atlântico pela circulação boreal.

A figura 2 mostra comparativamente os valores de concentração de CE em função da latitude empregando dados de diversos autores. O valor médio medido em Ferraz está representado na figura pelo triângulo cheio na latitude correspondente ( $62^\circ\text{S}$ ). O valor médio anual medido para Ferraz é ligeiramente superior ao indicado pela tendência latitudinal mostrada pelas outras medidas. Isso pode ser explicado de duas maneiras: pela proximidade com o continente sul-americano, que constitui uma fonte significativa de CE; e pela contribuição integrada das diversas estações de pesquisa e bases militares congregadas em uma região relativamente reduzida da Ilha Rei George (8 estações).

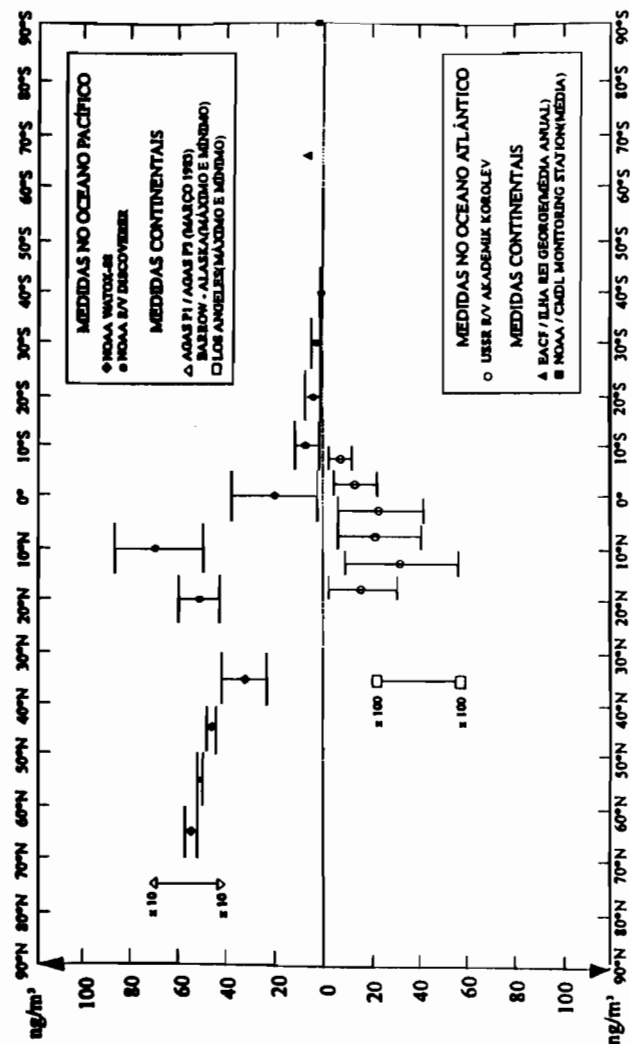


Figura 2 - Variação com a latitude da concentração média do carbono elementar medido por diversos autores. O valor médio para Ferraz está indicado na figura na latitude correspondente a 63°.



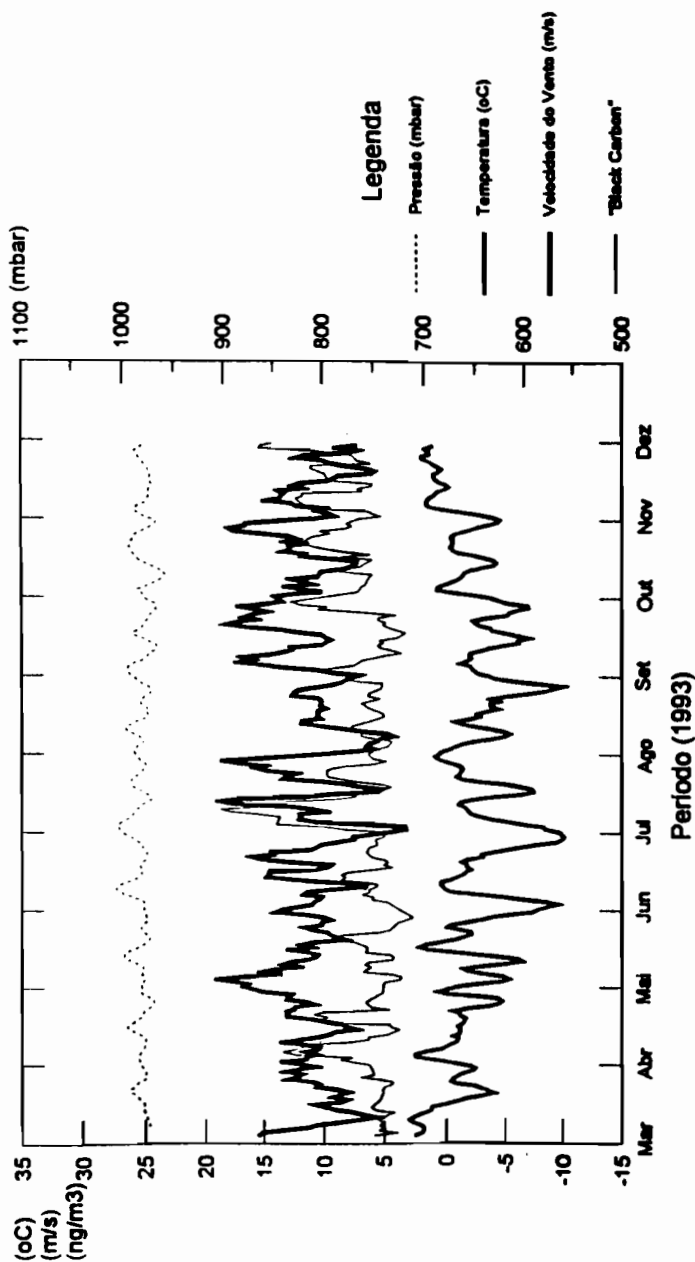


Figura 3 - Média móvel de 5 dias das séries temporais do carbono elementar e variáveis meteorológicas em Ferraz durante o inverno de 1993.

As séries temporais das variáveis meteorológicas: temperaturas, velocidade do vento, e pressão atmosférica apresentadas na figura 3 não se correlacionam linearmente e apresentam coeficientes de correlação linear com o CE inferiores a 0,12. Contudo, a inspeção visual da figura indica que um grande número de eventos de elevada concentração de CE ocorre pouco antes da ocorrência de elevações na temperatura e na velocidade do vento. Em outras palavras, o crescimento do CE ocorre muitas vezes pouco antes da entrada de um sistema frontal na região de Ferraz e está, possivelmente, associado ao setor quente do sistema. Isso é uma indicação, mas não prova conclusiva, de que o excesso de CE pode ter origem no transporte do CE a partir do continente sul-americano, a exemplo do que foi observado anteriormente por Pereira (1990) e Pereira et al., (neste volume) para o Radônio.

A figura 4 mostra com detalhes o evento de maior concentração de CE ocorrido bem no meio do inverno, ao redor de 8 de julho. Observa-se uma defasagem (cerca dois a três dias) entre o pico de CE e os máximos relativos de intensidade de vento e de temperatura do ar. Nessa figura estão colocados os dados das médias diárias e suas respectivas barras de erro sobrepostas pelas linhas contínuas que correspondem às médias móveis de 5 dias. Não foi feito, neste trabalho, um estudo detalhado com auxílio de dados

complementares de Radônio e de imagens de satélite meteorológico para poder diagnosticar melhor essa defasagem entre as séries temporais e sua correlação com o transporte atmosférico.

Alguns dos eventos de alta concentração de CE na figura 3 são, contudo, evidentemente, devidos à produção local, como mostrado em detalhe na figura 4. Este evento ocorre durante a chegada e permanência do navio brasileiro de apoio na Baía do Almirantado, região onde se situa Ferraz. Esse período é de grande atividade de carga, descarga e transporte de material para abastecimento da estação, empregando vários tipos de máquinas motrizes movidas a diesel e gasolina. Durante esse período, é muito provável que tenha ocorrido uma injeção significativa de CE na atmosfera devida a essas atividades. Nota-se que o vento é estatisticamente significativo conforme indicado pelas barras de erro ( $\pm 1$  desvio padrão).

A série temporal do CE mostrado na figura 3 mostra diversos eventos de CE que se sobressaem sobre uma linha de base mais ou menos constante ao longo do ano. Essa linha de base mostra ligeira tendência de crescimento no final da temporada de inverno em Ferraz, possivelmente devido ao somatório de diversas fontes ligadas ao incremento das atividades com Ferraz e nas estações vizinhas com a chegada das equipes de verão.

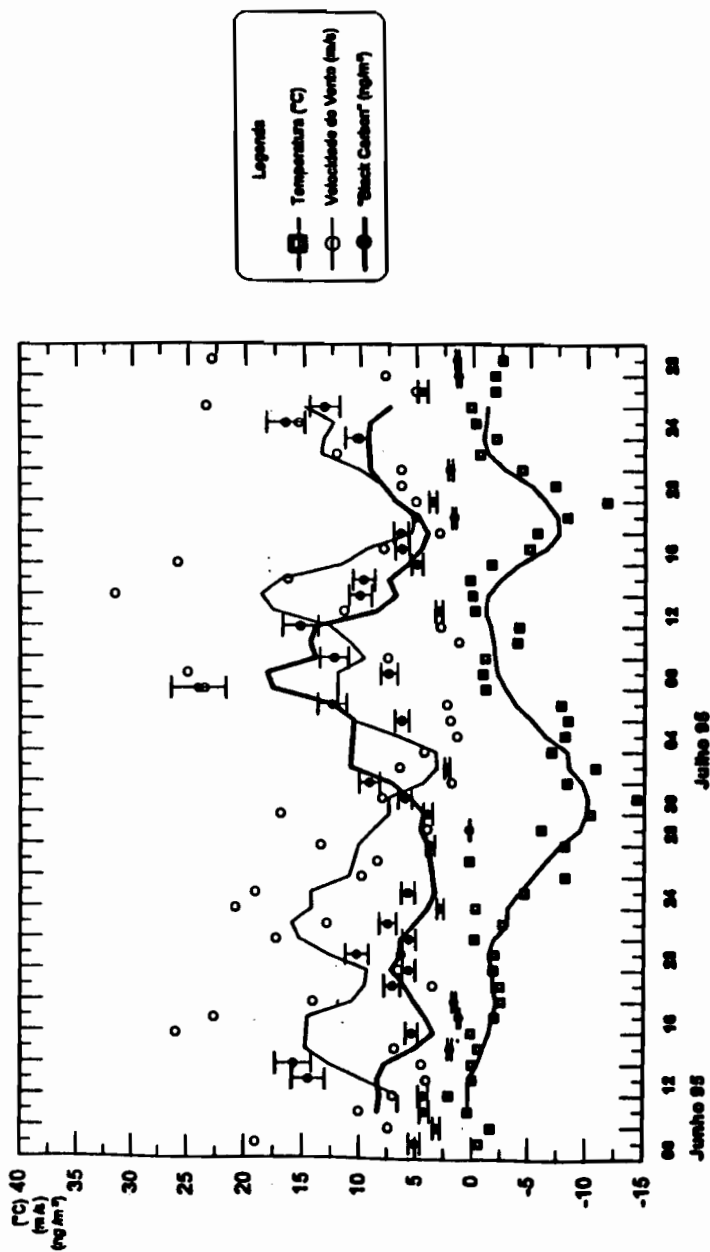


Figura 4 - Detalhe da série temporal do carbono elementar para o pico de máxima concentração observado em 1993.

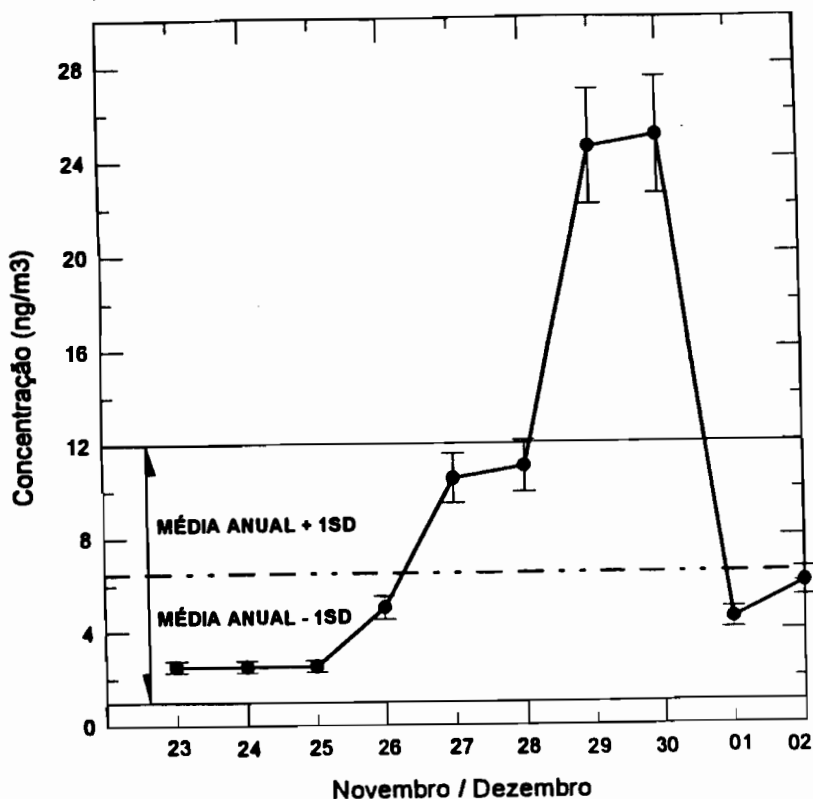


Figura 5 - Aumento de concentração de carbono elementar medido em Ferraz originado por atividades antrópicas na região.

Com o objetivo de se avaliar de forma preliminar o efeito das outras estações localizadas na ilha sobre o CE medido em Ferraz foi montado um diagrama de distribuição angular das medidas, empregando-se a direção do vento como referência. A figura 5 mostra esse diagrama. São ilustrados os valores médios observados em

cada subdivisão angular de  $10^\circ$ . Os pontos indicados no interior do gráfico mostram a localização relativa das estações na ilha Rei George em relação ao ponto de coleta, posicionado no centro do diagrama. Assim, a distância em linha reta entre cada estação e Ferraz é proporcional ao raio até cada estação, enquanto que a

direção é dada pelo ângulo. As estações científicas assinaladas são (1) Great Wall, China; (2) Ten. Rodolfo Marsh, Chile; (3) Belingshousen, Russia; (4) Artigas, Uruguai; (5) King Sejong, Correia do Sul; (6) Jubany, Argentina; (7) Arctowisky, Polônia e (8) Ferraz, Brasil. Os resultados, diferentemente do que foi sugerido no parágrafo anterior, não indicam que a operação conjunta de todas estas estações no inverno tenha resultado em aumento considerável no nível de concentração observado. Isso pode ser constatado pela observação de que a maioria das estações da ilha está concentrada entre  $190^\circ$  e  $240^\circ$  SW em relação ao local de amostragem, com excessão de Ferraz e, no entanto, não se observa um aumento relativo do CE para esse setor.

A EACF, por sua proximidade do ponto de amostragem deve ser considerada separadamente. Existe um aumento médio de concentração de CE quando a direção do vento ocorre no sentido EACF e o local de amostragem localizado no laboratório de Ciência da Atmosfera. Ambos localizam-se na Península Keller, separados 800m por um relevo litorâneo com altura máxima em torno de 50m. Medidas simultâneas da direção do vento entre o ponto de admissão de ar instalado adjacente ao laboratório, e a saída de gases do gerador da EACF foram realizadas com o objetivo de se avaliar o efeito

topográfico sobre a direção do vento e, conseqüentemente, sobre o deslocamento da pluma de aerossóis da estação. Resultados de 200 leituras simultâneas entre estes pontos mostraram um desvio de aproximadamente  $20^\circ$  no sentido horário entre o máximo das concentrações de CE e a direção da estação. Desta forma, corrigindo-se a posição angular da estação, de maneira a levar em conta esse desvio de leitura de vento, pode-se constatar que o ponto correspondente à estação na figura 6 (8b) recai exatamente no interior do setor angular que mostrou a maior concentração média observada. Esse resultado demonstra que se deve tomar muito cuidado na interpretação final dos resultados de medidas de aerossóis (e, possivelmente, de outros gases minoritários) para não se correr o risco de contaminar as amostras pelas atividades da estação.

A figura 7 mostra o diagrama da direção dos ventos medidos no ponto de amostragem. Observa-se claramente nesse diagrama a grande influência do relevo local para o setor angular compreendido entre  $180^\circ$  a  $360^\circ$ N. Nesse setor, assinalado pelo achurado mais escuro na figura, ocorre uma grande formação rochosa de relevo elevado ("neck" vulcânico) conhecido localmente como "morro da cruz" que distorce o fluxo do vento.

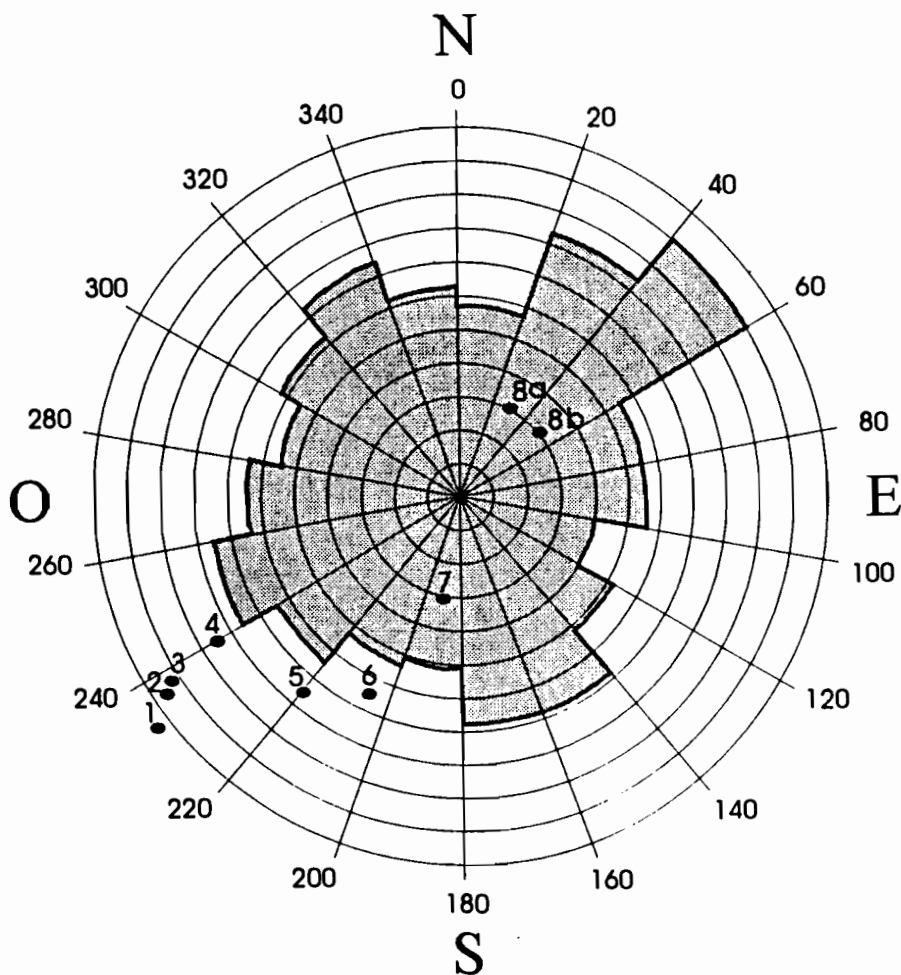


Figura 6 - Comportamento angular das concentrações médias de CE em relação ao ponto de coleta (posicionado no centro do diagrama) relativo ao período março-dezembro de 1993. Cada traço na escala radial equivale a  $1,0 \text{ ng.m}^{-3}$ .

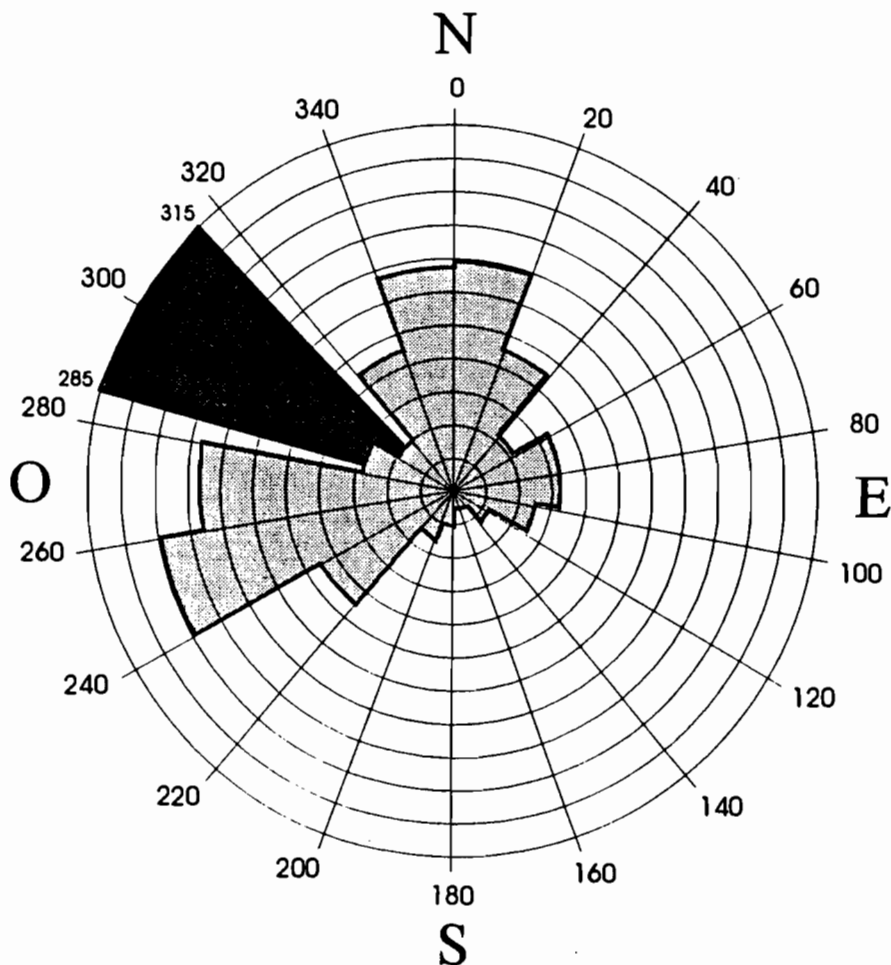


Figura 7 - Distribuição de frequência para direção do vento obtido na EACF no mesmo período de coleta do CE. Na escala radial, cada traço equivale a 30 observações. A região mais escura corresponde ao setor "protegido" dos ventos pela topografia característica da região.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados para o CE na EACF não apresentam correlação com os parâmetros meteorológicos. No entanto, eventos isolados de crescimento na concentração de CE parecem anteceder os aumentos de temperatura e velocidade do vento. Esse fenômeno pode estar ligado à passagem dos sistemas sinóticos de baixa pressão e podem ter implicações no transporte atmosférico entre a América do Sul e a Península Antártica, a exemplo do que já foi demonstrado para o Radônio por Pereira et al. (neste volume).

A base de dados de CE em Ferraz ainda é insuficiente para se avaliar corretamente a influência do elevado número de estações científicas e bases militares na ilha Rei George. Por um lado, pode-se observar uma suave tendência ao crescimento da linha de base na série temporal do CE no final do período de aquisição novembro-dezembro que poderia estar associada a essa influência; por outro lado, um estudo da distribuição angular das concentrações de CE não favorece essa hipótese. A influência de atividades antrópicas locais só foi observada de forma inequívoca, para o caso de Ferraz, possivelmente pela proximidade geográfica e pela condição favorável da direção do vento.

A coleta dos dados de CE em Ferraz prossegue, agora adicionada de dados de contagem de partículas de aerossóis e de radônio atmosféricos. Espera-se, deste modo, aumentar a base de dados e permitir correlações com outros traçadores atmosféricos, com auxílio adicional de imagens de satélites meteorológicos.

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi financiado pelo auxílio financeiro do CNPq-PROANTAR, projeto nº 404515. Agradecimentos individuais vão para o Dr. Alberto Setzer pelos dados meteorológicos empregados nesse trabalhos, ao Eng. Marcelo Sampaio pelo seu auxílio técnico e de manutenção dos equipamentos, e ao aluno de graduação Francisco Dourado por sua contribuição na compilação dos dados.

## REFERÊNCIAS

- Artaxo, P., W. Maenahut, H. Storms, e R. Van Grieken, Aerosol characteristics and sources for the Amazon Basing the wet season, *J. Geophys. Res.*, 95, 16971-16985, 1990.
- Andreae, M.O., Soot Carbon and excess fine potassium: Long range transport of combustion derived aerosols, *Science*, 220, 1148-1151, 1983.
- Chylek, P., V. Ramswamy, e V. Srivastana, Graphitic carbon content



of aerosols, clouds and snow, and its climatic implications, *Sci. Total Envir.* 36: 117-120, 1984.

Clark, A.G., e I. Papanayotou, Optical and chemical properties of roadside aerosols, *Sci Total Envir.* 59: 131-140, 1987.

Hamilton, R.S., e T.A. Mansfield, Airborne particulate elemental carbon: its sources, transport and contribution to dark smoke and soiling, *Atmos. Envir.* 25A: 715-723, 1991.

Pereira, E.B., Radon-222 times series measurements in the Antarctic peninsula (1986-87), *Tellus*, 42B: 39-45, 1990.

Pereira, E.B., A. Setzer, F. Gerab, P.E. Artaxo, M.C. Pereira, e G. Monroe, Airborne measurements of biomass burning aerosols in Brazil related to the "TRACE-A" experiment, *J. Geophys. Res.*, (submetido em 1995).