

# CONCENTRAÇÃO DO CARBONO ELEMENTAR NA ATMOSFERA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

**Tatiana Rocha Amaro<sup>1</sup>, Dr<sup>a</sup> Rauda Lucia Mariani<sup>2</sup>, Dr<sup>a</sup> Maria Paulete Pereira Jorge<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>INPE, Bolsista PIBIC/CNPq, Endereço, tctetati@hotmail.com

<sup>2</sup>DMA/INPE – UFF, Endereço, rauda@cptec.inpe.br

<sup>3</sup>DMA/CTE/INPE, Endereço, paulete@cptec.inpe.br

**Resumo-** O carbono elementar é um aerossol proveniente da queima incompleta de combustíveis fósseis e de biomassa. A determinação de sua concentração pode ser utilizada como traçador de fontes poluidoras. O carbono elementar possui alta capacidade de absorção de luz, interferindo no balanço radioativo da terra; mudanças na temperatura e precipitação. Devido ao pequeno diâmetro das partículas, esse aerossol é facilmente inalado, depositando-se nos alvéolos pulmonares, causando danos à saúde. Outros efeitos negativos são na redução da visibilidade e danos aos monumentos e construções civis. A medida deste é feita utilizando o “Aetalômetro” que se baseia na atenuação ótica de um feixe de luz que atravessa um filtro de fibra de quartzo que recebe o material do ar constantemente amostrado. A atenuação está diretamente relacionada com a massa de carbono elementar depositada no filtro e o volume de ar amostrado. As concentrações de carbono elementar, em geral são mais elevadas em períodos onde as condições meteorológicas são menos favoráveis à dispersão de poluentes. Dados meteorológicos são analisados em paralelo às medidas de carbono elementar, para identificação das principais fontes poluidoras da região.

**Palavras-chave:** Carbono Elementar.

**Área do Conhecimento:** Ambiental.

## Introdução

O carbono elementar (CE), também conhecido como *black carbon*, é um aerossol atmosférico característico da queima incompleta de vários combustíveis, principalmente de subprodutos do petróleo (como gasolina e óleo diesel) e da queima da biomassa (vegetação, florestas). (CETESB, 2006). É um dos constituintes do material particulado em suspensão, um dos poluentes atmosféricos que ultrapassam freqüentemente os padrões estabelecidos na legislação, principalmente em ambientes urbanos.

Os efeitos da elevada concentração desses poluentes no ar estão relacionados ao aumento de doenças respiratórias, acidificação de ambientes lacustres e florestais e alterações climáticas locais regionais e globais.

Entendem-se como poluentes atmosféricos qualquer forma de matéria e/ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora; e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (DERISIO, 2000).

A circulação atmosférica e condições meteorológicas definem as características de dispersão dos poluentes, favorecendo ou não as reações entre as substâncias presentes na atmosfera e promovendo a deposição e/ou

transporte dos poluentes. A temperatura e umidade são fatores reconhecidamente influentes nas reações químicas em geral. Outro fenômeno que ajuda na dispersão dos poluentes são as chuvas que absorvem gases como SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, podendo ainda agir como verdadeiros decantadores de material particulado.

O município de São José dos Campos possui uma grande quantidade de indústrias, caracterizando diferentes fontes emissoras de poluição. Além disso, possui uma extensa frota de veículos automotores responsáveis por uma elevada emissão de NO<sub>x</sub>, MP, CO e CO<sub>2</sub>. (NASCIMENTO,2005).

O objetivo desse trabalho é a caracterização da qualidade do ar, em relação à concentração de carbono elementar na atmosfera de São José dos Campos, identificando as principais procedências do poluente analisado através da correlação com circulação atmosférica local.

## Materiais e Métodos

As amostras de CE utilizadas nesse trabalho foram coletadas nas dependências do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em São José dos Campos, próximo à Estação Meteorológica, situado na avenida dos Astronautas, 1758, Jardim da Granja em São José dos Campos, São Paulo. A Figura 1, é uma carta imagem de São José dos Campos, SP – Brasil, do satélite Landsat gerada na Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE em escala 1:50.000, com a localização do ponto de coleta de dados meteorológicos e de CE.



Fonte: Cptec - Inpe - Escala 1:50.000

Figura 1 – Carta imagem de São José dos Campos, SP – Brasil. Satélite Landsat

Da região do Vale do Paraíba, São José dos Campos destaca-se pela expansão de contingente populacional. O município localiza-se a leste do Estado de São Paulo, no Médio Vale do Paraíba do Sul, entre os meridianos 45°43' e 45°53' de Longitude Oeste e 23°02' e 23°10' de Latitude Sul, com 1.142 km<sup>2</sup> de área total, com perímetro urbano de 219 Km<sup>2</sup> (NASCIMENTO, 2005). O complexo industrial de São José dos Campos constitui-se em mais de 900 indústrias, de cadeias produtivas diversas, principalmente a automotiva, aeroespacial e de defesa, de telecomunicações, química e petroquímica. O número de veículos licenciados no município é em torno de 202 mil veículos, além de circulação de 80 mil veículos/dia na Dutra. (DENATRAN, 2005)

Os dados referentes à concentração de CE, apresentados nesse trabalho correspondem aos resultados obtidos durante o período de calibração e testes do aetalômetro e mais 2 séries coletas contínuas. Durante o período de verificação e calibração do equipamento, que correspondeu aos dias 12, 14, 16, 28, 30 de setembro e 14 de outubro, as amostradas foram coletadas em intervalos de tempos diferentes. Após a realização de alguns testes, optamos pela captação dos resultados em intervalos horários. As séries contínuas referem-se aos seguintes períodos: 3, 4 e 5 de outubro e 7, 8 e 9 de outubro de 2005, com amostras coletadas intermitentemente.

O aetalômetro, medidor de CE, é constituído de uma bomba de circulação que força a passagem de um alto volume de ar por um filtro; sensores eletrônicos monitoram a bomba e a capacidade de suporte do filtro, e um computador conectado em regime dedicado. O ar bombeado passa pelo cilindro central do aetalômetro através de uma

mangueira translúcida até atingir o filtro de microfibras de quartzo. A passagem de ar por este filtro é feita apenas na região central. O CE, presente no ar é retido então neste ponto do filtro.

Periodicamente o equipamento interrompe o fluxo de ar e comanda o acendimento da lâmpada instalada no interior do cilindro e esta permanece acesa para realização da medida.

A figura 2 mostra o esquema da passagem do ar no aetalômetro.

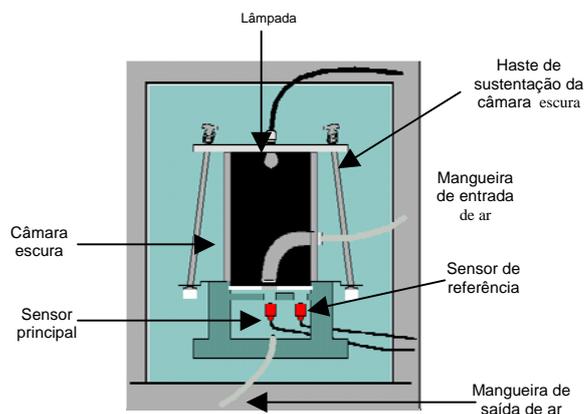


Figura 2. Funcionamento do Aetalômetro

Dois sensores ópticos captam a intensidade da luz que passa através do filtro, um posicionado sob a parte limpa do filtro e outro sob o ponto onde as partículas são retidas.

As intensidades observadas pelos sensores são enviadas a um programa residente na memória do PC que calcula a quantidade de carbono elementar. A coleta de dados do CE é feita em tempo real.

Os dados meteorológicos utilizados durante a realização deste trabalho foram adquiridos no site das Funcate, através do serviço Stradema Web. Neste serviço constam quatro unidades meteorológicas, porém foi utilizada somente uma, a estação meteorológica do INPE. As variáveis meteorológicas utilizadas foram: direção e velocidade dos ventos, pluviosidade e temperatura. Os dados são disponibilizados num intervalo de 10 em 10 minutos. Foi feito um banco de dados correspondendo aos períodos onde foram efetuadas as 2 coletas contínuas de CE, seguido de tratamento estatístico para determinação de média horária para cada parâmetro supra citado, com exceção dos dados referentes à pluviosidade, que foi tomada acumulativamente. A direção dos ventos foi captada originalmente considerando 16 setores de vento com intervalo de 22,5°, a partir do norte e direção horária

## Resultados

Tabela 1 – Valores da concentração de Carbono Elementar ( $\text{ng.m}^{-3}$ ) segundo data e horário das amostragens realizadas durante o período de testes.

Data	Hora	CE ( $\text{ng.m}^{-3}$ )
12/09/05	15 - 16:00h	1256,6
14/09/05	14 - 16:30h	543
16/09/05	15 - 16:00h	638,8
28/09/05	15 - 17:00h	712,5
30/09/05	15 - 16:00h	745,8
14/10/05	15 - 17:00h	3607,9

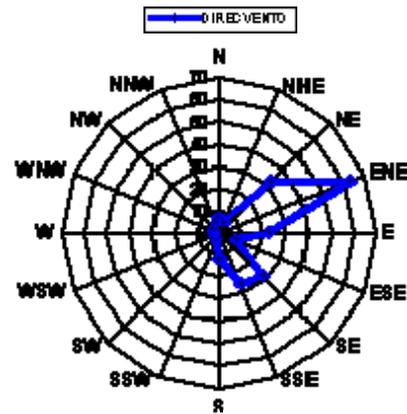


Figura 5 – direção predominante dos ventos no período de 3 a 5 de outubro de 2005.

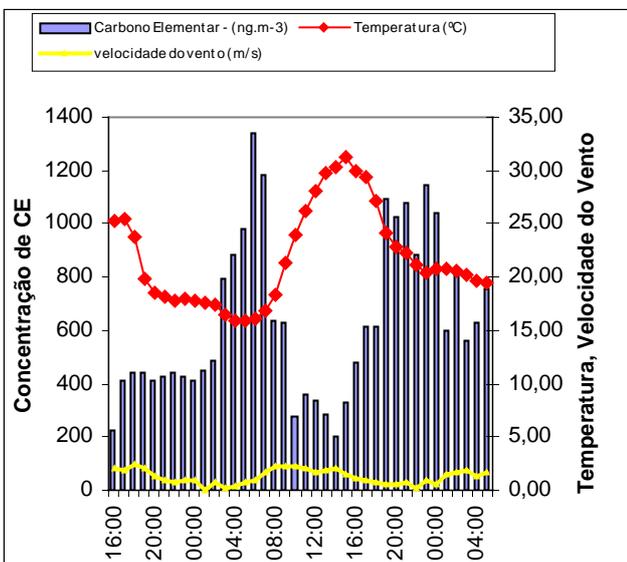


Figura 3 – Concentração de carbono elementar, velocidade do vento e temperatura no Período de 3 a 5 de outubro de 2005 - Série 1.

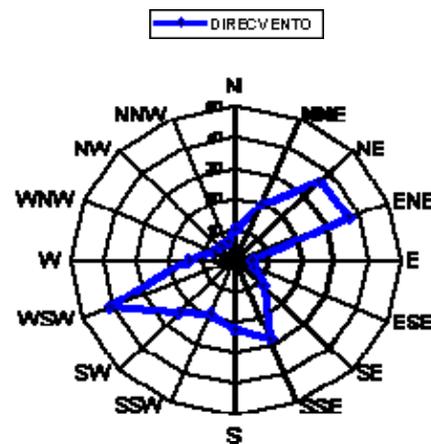


Figura 6 – Direção predominante dos ventos no período de 7 a 9 de outubro de 2005.

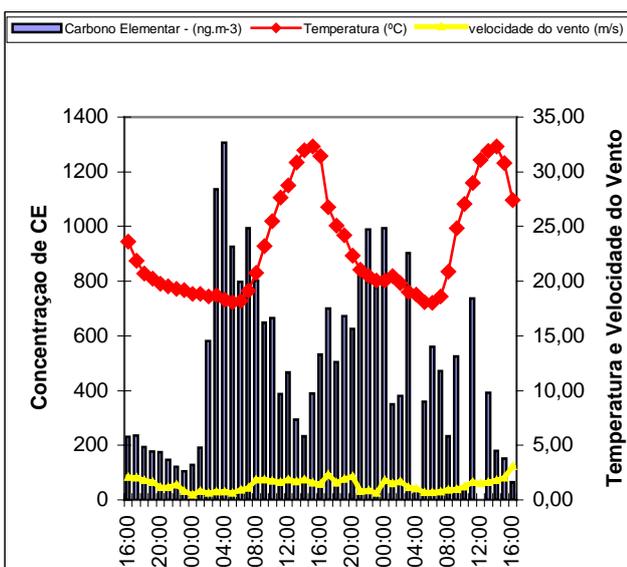


Figura 4 – Concentração de carbono elementar no Período de 7 a 9 de outubro de 2005.

## Discussão

Os valores de concentração de CE, em  $\text{ng.m}^{-3}$ , obtidos durante o período de testes e otimização do equipamento estão relacionados na Tabela 1. Esse resultados são compatíveis com os valores encontrados em Maldonado (2003), que avalia uma série temporal de concentração de CE na Ilha Grande, localizada no Estado do Rio de Janeiro. O referido autor destaca diferenças significativas em termos sazonais, e ampla faixa de concentrações, com valores entre 10 e  $3211,6 \text{ ng.m}^{-3}$ . Os valores de concentração de CE apresentados foram obtidos durante o mês de setembro e outubro, onde é esperado maior concentração de poluentes, devido a baixa dispersão meteorológica da região, nessa época do ano. O valor máximo de CE  $3607,9 \text{ ng.m}^{-3}$ , corresponde à coleta efetuada no dia 14 de outubro de 2005. A pluviosidade total nesse mês foi de 21 mm, sendo que ocorreram apenas 3 eventos pluviométricos. O primeiro e segundo eventos ocorreram 9 dias antes da data da coleta e, o terceiro evento ocorre no dia 14 de outubro, porém 2 horas após o término da coleta; caracterizando condições

desfavoráveis a dispersão de poluentes. Já no período entre os dias 12 e 16 de setembro, a quantidade de chuvas foi mais significativa. No dia 12 de setembro, concentração de CE corresponde a 1256,6 ng.m<sup>-3</sup>, choveu a partir de 22:00 horas (1,6 mm), e continuou tempo chuvoso até dia 14 de setembro, onde a quantidade total de chuva até às 8:00 foi de 9,4 mm. Quando ocorreu a coleta no dia 14 às 14:00 horas a atmosfera apresentava-se limpa e propícia a baixos resultados de CE.

As séries contínuas, que passaremos a denominar séries 1 e 2, correspondem aos períodos entre os dias 3, 4 e 5 de outubro de 2005 e 7, 8 e 9 de outubro de 2005; respectivamente. As figuras 3 e 4 mostram os valores correspondentes às concentrações de CE, temperatura e velocidade do vento para as referidas séries. Os dados de pluviosidade não são apresentados, pois nesses dias não houve incidência de chuva.

As séries contínuas 1 e 2 apresentam comportamento similares, com valores mais elevados no início da madrugada e reduzindo a concentração durante a manhã. Outro pico começa a surgir a partir do início da noite, entre 18 e 19:00 horas. O pico noturno pode ser um reflexo do aumento do tráfego veicular. Latha & Badarinath (2005), em quantificação de CE na Índia, também mostram variações diurnas com picos de concentração em 7 e 9:00 horas da manhã e pico noturno, após por do sol, entre 21:00 e 2:00 horas.

As figuras 5 e 6 mostram a frequência da direção dos ventos nos dias correspondentes às séries analisadas. Esses diagramas de frequência foram feitos com base em dados com intervalos de 10 em 10 minutos, considerando 16 setores de vento, com intervalo de 22,5°, começando com norte e direção horária.

A sobreposição do diagrama de predominância da direção dos ventos com a carta imagem de São José dos Campos revela paralelismo com a Rodovia Presidente Dutra e direção ascendente ao Vale do Paraíba, indicando forte influência de tráfego veicular. As variações ou picos noturnos e matinais observados na série 1 são compatíveis com a elevação do movimento urbano, intensificando o tráfego na Dutra; porém na série 2, o pico de maior concentração ocorre na madrugada antes do horário de rush, indicando uma procedência diferente, que pode ser de origem industrial, uma vez que o ponto de coleta está próximo às indústrias de maior porte da região ou ainda resultado de transporte de poluentes de regiões vizinhas.

## Conclusões

Os valores de concentração de carbono elementar identificados nesse trabalho são

compatíveis com os encontrados em outros ambientes urbanos, com valores entre 54 e 3607,9 ng.m<sup>-3</sup>. O valor médio deixa de ter significância, pois não foram feitas medidas contínuas ou em quantidade suficiente para caracterização de sazonalidade.

A ocorrência de pluviosidade foi um parâmetro que mostrou grande influência na concentração de carbono elementar, apresentando valores reduzidos após ocorrência de chuvas, mesmo em dias anteriores à coleta.

O município de São José dos Campos apresenta-se como uma região potencialmente poluída, devido ao elevado número de indústrias, alta densidade demográfica e excesso de veículos. Os efeitos de transporte de poluentes também devem ser observados devido proximidade com os maiores centros urbanos do País. O único sistema de monitoramento atmosférico do município é feito pela Cetesb, em uma estação incompleta que não pode ser considerada representativa da região.

A necessidade de trabalhos na caracterização e monitoramento da qualidade do ar revela-se extremamente importante para a região, para prevenir problemas relacionados à saúde da população e fundamentar ações de planejamento e desenvolvimentos urbano.

## Referências

- CETESB. Avaliação das concentrações de material carbonáceo escuro na atmosfera do município de paulina – janeiro/2003 a julho/2004, relatório CETESB, 2006.
- CETESB. Relatório de qualidade do ar. 2004, CETESB, 2005.
- DERISIO, C.D. Introdução ao controle de poluição ambiental. São Paulo: Signus Editora, 2000. 160p.
- LATHA K. M. & BADARINATH K. V.S. Seasonal variations of black carbon aerosols and total aerosol mass concentrations over urban environment in India. Atmospheric Env. V39, I22, p 4129-4141, 2005.
- MALDONADO, J. Carbono elementar como traçador atmosférico no eixo litorâneo Rio de Janeiro – São Paulo. Rio de Janeiro, universidade do estado do Rio de Janeiro, 2003.
- NASCIMENTO. P. S. R. Aspectos geomorf. do município de SJC (SP): ênfase na área urbana. Jataí – GO, 2005.  
[www.jatai.ufj.br/geo/geoambiente.htm](http://www.jatai.ufj.br/geo/geoambiente.htm), 31/05/2006