

Avaliação das concentrações de material carbonáceo escuro na atmosfera do município de Paulínia.

SUMÁRIO

O material carbonáceo é um dos principais constituintes do material particulado na atmosfera, podendo estar presente na forma de carbono orgânico e carbono elementar. Similar ao carbono elementar, o material carbonáceo escuro também é produto primário de processo de combustão incompleta.

O objetivo deste trabalho foi realizar o monitoramento de material carbonáceo escuro (MCE) na atmosfera do município de Paulínia. Este município possui um grande parque industrial e diversas fontes potencialmente emissoras de material carbonáceo para a atmosfera.

O monitoramento de material carbonáceo escuro foi realizado utilizando um analisador denominado Aetalômetro no período de janeiro de 2003 a julho de 2004.

A máxima concentração diária observada em Paulínia foi de 8,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em maio de 2003 e o valor médio do período monitorado foi de 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Os valores de concentração de material carbonáceo escuro medidos em Paulínia são baixos quando comparados aos obtidos na cidade de São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

Localizado na Região Metropolitana de Campinas, o município de Paulínia, possui um grande parque industrial, no qual estão contidas diversas fontes potencialmente emissoras de poluentes atmosféricos, destacando-se o polo petroquímico, várias distribuidoras de derivados de petróleo, diversas indústrias químicas além de indústrias de fertilizantes. A presença destas fontes têm propiciado maior atenção por parte dos órgãos públicos no que se refere às condições da qualidade do ar do município.

No começo de 2003, a Degussa iniciou em Paulínia a fabricação de Negro de Fumo. O Negro de Fumo é uma forma química do carbono praticamente puro (de 95 a 99,5%), obtido por combustão incompleta de derivados de petróleo. Além dessa, outras fontes locais que podem emitir material carbonáceo para a atmosfera são: processos de combustão, como queima de combustíveis em fontes estacionárias, exaustão de veículos automotores, sobretudo a diesel, queima de biomassa e outros materiais ao ar livre, etc.

Sabe-se que o material carbonáceo é um dos principais constituintes do material particulado na atmosfera, podendo estar presente na forma de carbono orgânico e carbono elementar. Similar ao carbono elementar, o *black carbon*, denominado neste relatório de material carbonáceo escuro (MCE), também é produto primário de processo de combustão incompleta.

Existe muita discussão da comunidade científica a respeito de qual a exata definição de carbono orgânico (CO), carbono elementar (CE) e material carbonáceo escuro (MCE). Como não existe um único método analítico de referência para distinguir essas espécies, diferentes resultados podem ser obtidos dependendo do tipo de coleta e análise utilizado. A literatura utiliza o termo *black carbon*, aqui traduzido com material carbonáceo escuro, para definir a porção de carbono que absorve fortemente a radiação, medido através de método óptico, sendo que esta definição operacional será utilizada neste relatório.^{1, 2}

O MCE é emitido exclusivamente por processos de combustão envolvendo materiais carbonáceos, não sendo gerado por nenhuma reação química conhecida na atmosfera. Não se degrada sob condições atmosféricas e o processo de remoção atmosférica ocorre somente por deposição seca ou úmida. Conseqüentemente, o tempo de residência na atmosfera é longo, variando de alguns dias a várias semanas, dependendo das condições meteorológicas. Pode ser transportado a longas distâncias por correntes de ar, interferindo na química e física da atmosfera não somente em escala local, mas também em escala regional.^{1, 2, 3}

Por absorver fortemente a radiação o MCE pode inclusive, nas grandes cidades, reduzir a visibilidade.^{1, 2}

Devido ao pequeno diâmetro aerodinâmico das partículas, variando de 0,03 a 0,3 μm , o MCE é facilmente inalado, depositando-se nos pulmões ou outras vias respiratórias, podendo ser prejudicial à saúde da população.^{2, 4}

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo avaliar as concentrações de material carbonáceo escuro na atmosfera de Paulínia.

3. AMOSTRAGEM E ANÁLISE

3.1 Local de Amostragem

As amostras foram coletadas na estação automática de monitoramento da qualidade do ar da CETESB em Paulínia, localizada na Praça Oadil Pietrobom s/nº, Vila Bressani. As coordenadas do ponto de amostragem em UTM são 23K 0278829 e 7480128.

A Figura 1 apresenta o mapa com a localização da estação.



Figura 1 – Mapa com localização da estação em Paulínia

A Figura 2 apresenta a rosa de ventos construída com os dados coletados pela estação automática da CETESB, referente ao período de 2003/2004. Observa-se que os ventos predominantes são provenientes de sudeste (SE) e uma direção secundária de ventos de norte-noroeste (NNW).

Apesar de não estar na direção predominante dos ventos em relação às principais fontes industriais, o local foi escolhido observando-se critérios técnicos principalmente como existência de população e outros, como distância de obstáculos e vias de tráfego, segurança e disponibilidade de energia elétrica. Fator importante também, foi a existência de uma estação automática de monitoramento da qualidade do ar da CETESB no local.

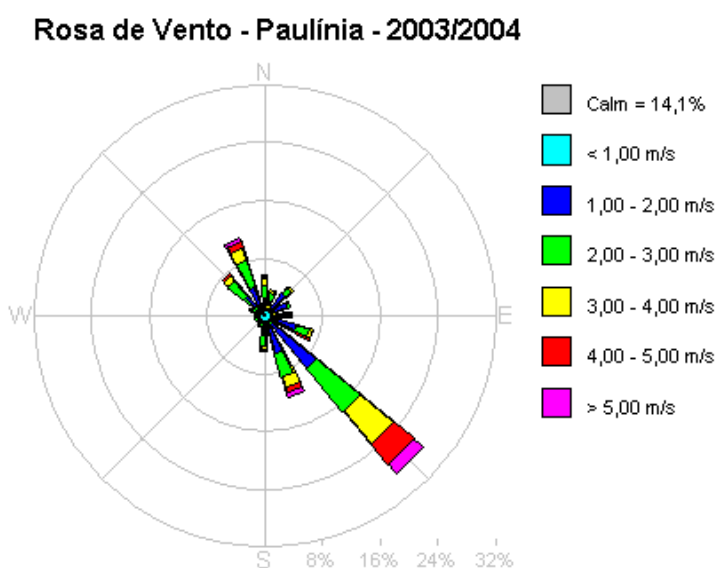


Figura 2 – Rosa de vento (2003/2004) – Paulínia

3.2 Período e Duração da Amostragem

As amostras foram coletadas continuamente (dados horários) no período de janeiro de 2003 a julho de 2004.

3.3 Amostragem e Análise

As medidas de concentração de material carbonáceo escuro (MCE) foram realizadas utilizando-se o Aetalômetro (Magge Scientific Inc., Berkeley CA). O método baseia-se na atenuação ótica de um feixe de luz devido à absorção pelas partículas coletadas, por unidade de volume de ar amostrado, em um filtro de fibra de quartzo continuamente amostrado. Essa atenuação é diretamente proporcional à concentração de MCE, conhecendo-se o volume de ar amostrado chega-se a concentração de MCE na atmosfera.

Os resultados apresentados correspondem às médias diárias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A evolução das concentrações médias horárias de MCE em Paulínia em 2003 e de janeiro a julho de 2004, estão apresentadas na figura 3 e 4, respectivamente. Observa-se um aumento das concentrações de MCE no período de inverno, sendo que a máxima concentração diária obtida em 2003 foi $8,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 28/05 e $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 18/05 em 2004.

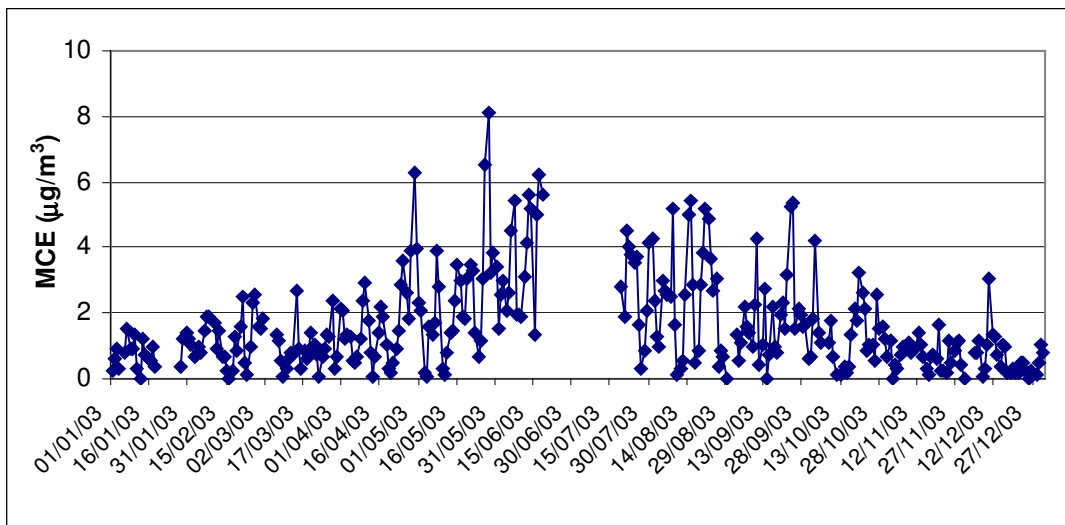


Figura 3 – Médias diárias de concentração de material carbonáceo escuro obtidas em 2003.

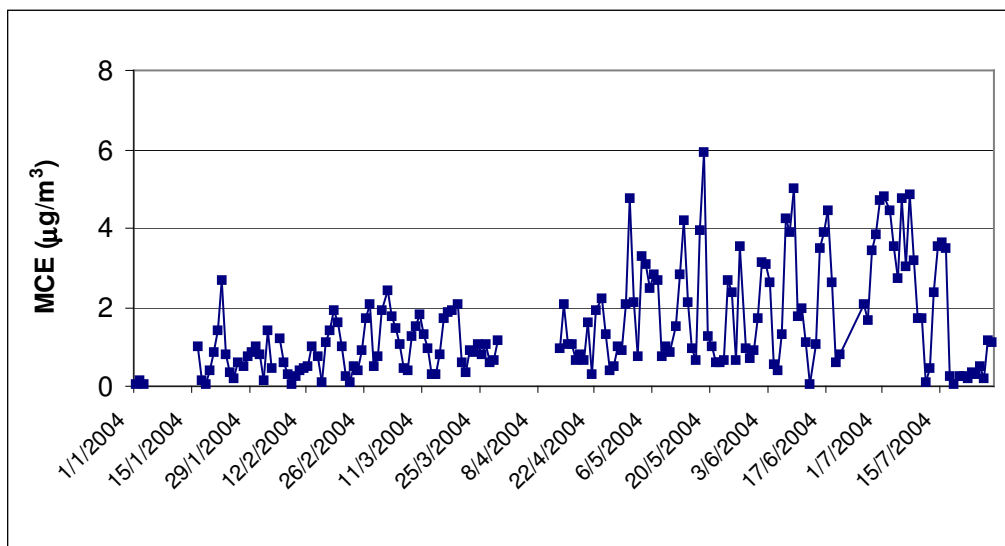
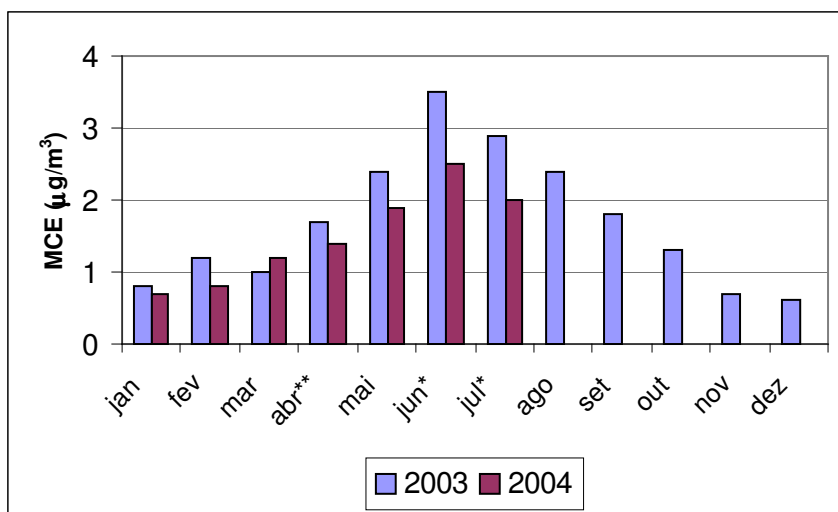


Figura 4 – Médias diárias de concentração de material carbonáceo escuro obtidas até julho de 2004.

A Figura 5 apresenta as concentrações médias mensais feitas para o período de janeiro de 2003 a julho de 2004.

Observa-se que as concentrações de MCE foram maiores no período de inverno onde, em geral, as condições meteorológicas são menos favoráveis à dispersão de poluentes, devido à maior ocorrência de calmarias por várias horas, inversões térmicas mais próximas da superfície e uma menor precipitação pluviométrica.

Observa-se também que em 2003 as médias mensais foram maiores que em 2004, provavelmente em função de 2004 ter sido mais favorável à dispersão de poluentes que 2003⁵.



* não atendeu ao critério de representatividade em 2003

** não atendeu ao critério de representatividade em 2004

Figura 5 – Concentrações médias de material carbonáceo escuro por mês, obtidas em 2003 e 2004.

Na Figura 6, observa-se o perfil médio de concentração horária de MCE ao longo do dia. As concentrações médias são mais baixas durante a madrugada, aumentando por volta das 7 h da manhã atingindo o valor máximo às 9 h, ainda pela manhã as concentrações diminuem e voltam a aumentar por volta das 17 h. Observa-se que o aumento das concentrações de MCE pela manhã e final da tarde coincidem com os picos de tráfego. No período noturno as concentrações mantêm-se altas, provavelmente devido ao aumento da estabilidade atmosférica, das horas de calmaria e da diminuição da camada de mistura.

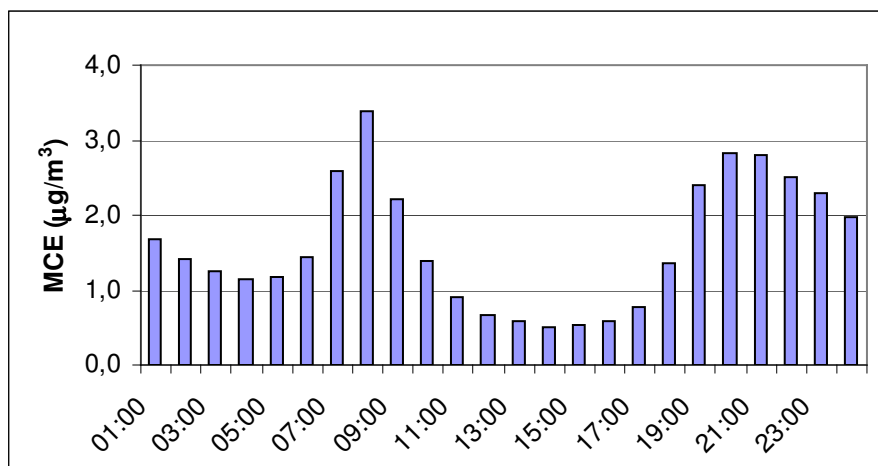


Figura 6 – Perfil médio de concentração horária de material carbonáceo escuro ao longo do dia.

A Figura 7 apresenta uma rosa de poluição que mostra a contribuição do vento para a concentração de MCE em Paulínia, para o período de janeiro de 2003 a julho de 2004. A rosa de poluição foi elaborada utilizando-se dados de concentração de MCE e direção do vento, medido na estação automática da CETESB em Paulínia, agrupados hora a hora. Observa-se que as maiores concentrações de MCE ocorreram com ventos provenientes de norte.

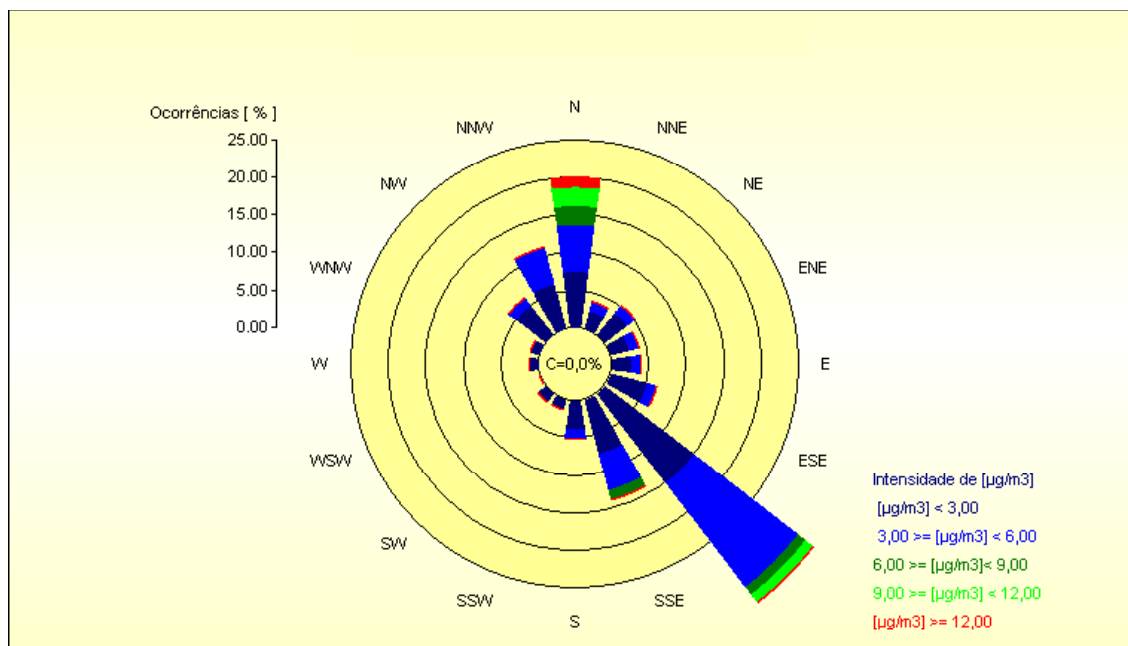


Figura 7 – Rosa de poluição que mostra a contribuição do vento para a concentração de MCE em Paulínia, para o período de janeiro de 2003 a julho de 2004.

Apenas para comparação, uma vez que não existe padrão nacional nem foram encontrados padrões internacionais para o material carbonáceo escuro, na Tabela 1 são apresentados os resultados de outros estudos em que foram realizadas medições de material carbonáceo escuro, utilizando-se monitoramento feito com Aetalômetro.

Tabela 1 – Valores diários de material carbonáceo escuro obtidos na atmosfera em estudo realizado em diferentes cidades^{6, 7}.

Local	Período	Média de MCE (µg/m³)	Faixa de Valores (µg/m³) 24 h
Streithofen, Austria	Jun/99 a abr/00	1,7	0,4 – 4,2
Viena, Áustria	Jun/99 a abr/00	3,0	1,2 – 5,1
Cidade do México	Abr/03	4,7	2,1 – 6,1
Chicago	Jun a jul/04	0,9	0,4 – 1,4
São Paulo (Pinheiros)	Ago a dez/04	7,9	1,3 – 22,1
Paulínia	Jan/03 a jul/04	1,6	0,02 – 8,1

Ressalta-se que esses estudos foram realizados em diferentes períodos do ano e tiveram tempos de duração diferentes. Os estudos realizados na Cidade do México e em Chicago tiveram duração de poucos dias⁶.

Paulínia apresentou média de MCE comparável à observada em Streithofen uma área semi rural, localizada a noroeste de Viena⁷. A média do período de janeiro de 2003 a julho de 2004 foi 1,6 µg/m³ e a do ano de 2003 também foi de 1,6 µg/m³. Os maiores valores foram observados em São Paulo, na estação Pinheiros em estudo realizado pela CETESB, onde a média do período foi de 7,9 µg/m³. Diferentemente da estação de Paulínia, a estação Pinheiros se situa próxima a uma via de tráfego intenso.

Como o Aetalômetro foi instalado na estação automática da CETESB de Paulínia, onde também são medidas as partículas inaláveis (MP₁₀), foi feita uma comparação entre o MCE e as partículas inaláveis (MP₁₀) medidos na mesma estação, conforme apresentado na Figura 7.

O parâmetro partículas inaláveis é definido como o material particulado cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10µm, podendo ser emitido por veículos automotores, processo de queima de biomassa, durante a operação de processos industriais, ressuspensão da poeira do solo, etc. Sendo assim, este parâmetro pode estar correlacionado com o MCE. Observa-se que os valores de MP₁₀ foram bem maiores que os de MCE, entretanto, os perfis de concentração foram bastante parecidos.

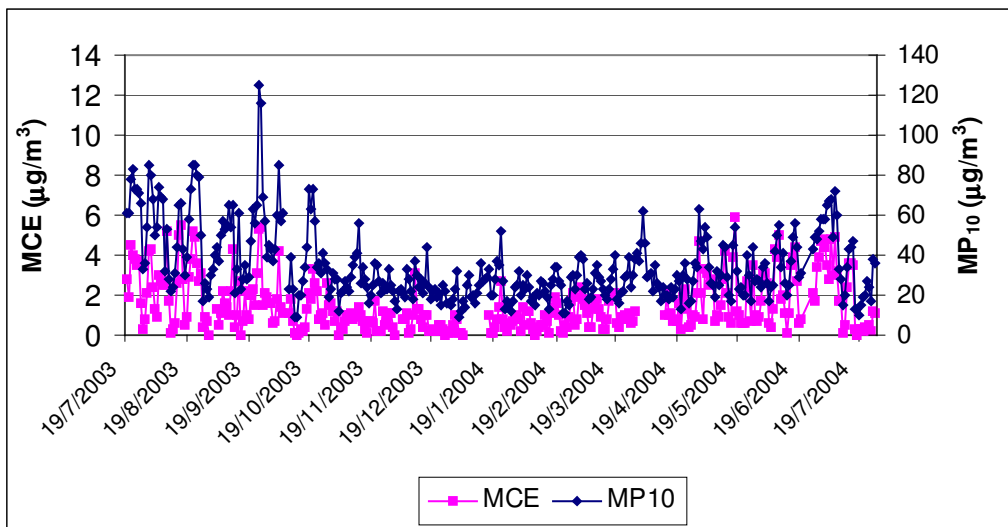


Figura 7 – Valores diários de concentração de material carbonáceo escuro e partículas inaláveis medidos em Paulínia até julho de 2004.

A figura 8 mostra o gráfico das concentrações de MCE em função das concentrações de MP_{10} medidos na estação Paulínia. Foi observada uma razoável correlação entre os parâmetros, indicando que o MP_{10} é bastante influenciado pelas fontes de combustão, além de outras.

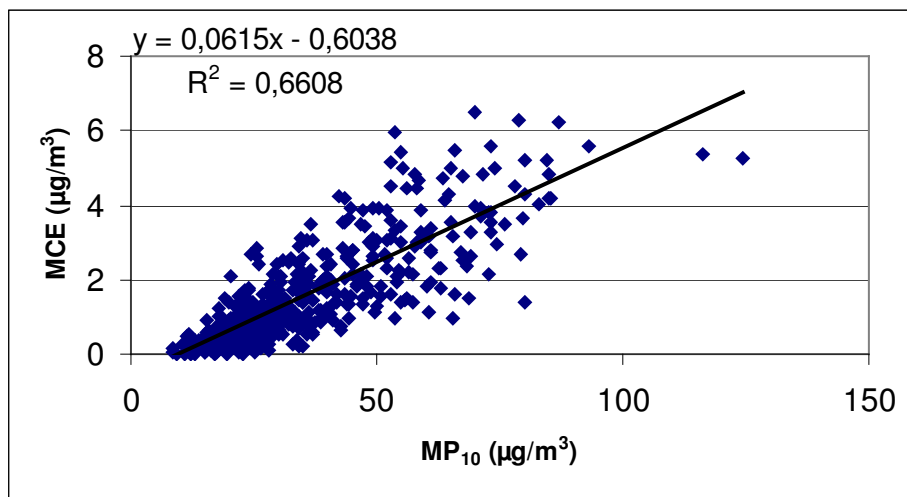


Figura 8 – Correlação das concentrações de MCE e MP_{10} medidas em Paulínia em 2003/2004.

Outro parâmetro monitorado em Paulínia e que pode ser comparado com o MCE é a fumaça medida na estação manual tipo OPS/OMS. A estação de fumaça está localizada na Praça 28 de Fevereiro – Centro a nordeste da estação automática da CETESB, onde se encontra o Aetalômetro.

O parâmetro fumaça estima a concentração do material particulado suspenso na atmosfera, associado a processos de combustão, a partir da medição da refletância da luz.

A Figura 9 mostra uma comparação entre o MCE e fumaça (FMC) medida na estação OPS/OMS. Assim como os de MP_{10} , observa-se que os valores de fumaça, foram bem maiores que os de MCE, e que apesar de estarem situadas em diferentes locais os perfis de concentração foram bastante parecidos.

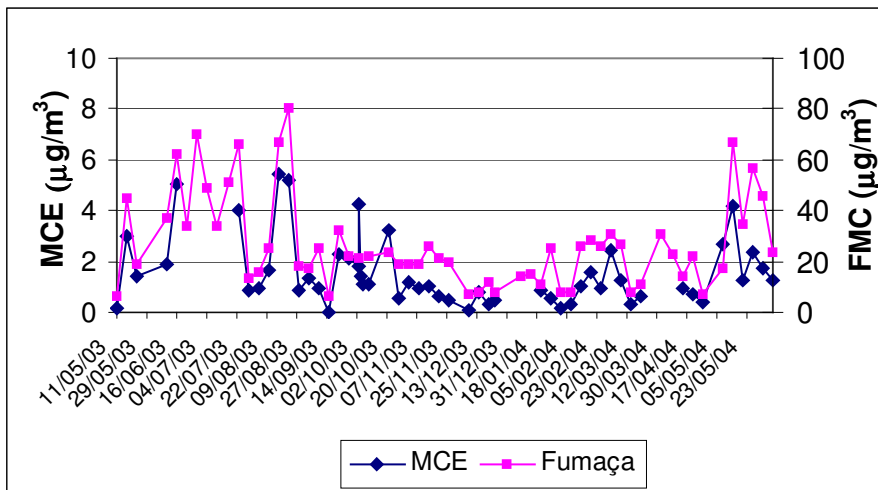


Figura 9 – Valores diários de concentração de Material carbonáceo escuro e fumaça medidos em Paulínia de janeiro de 2003 até julho de 2004.

A Figura 10 mostra o gráfico de correlação entre as concentrações de MCE e fumaça medidos em Paulínia. Foi observada uma boa correlação entre os parâmetros, indicando que a fumaça, assim como o MCE, provavelmente, são emitidos pelas mesmas fontes.

A fumaça apresentou melhor correlação com o MCE do que o MP_{10} provavelmente porque os métodos de medição, tanto da FMC quanto do MCE, são baseados nas propriedades de absorção de luz do material particulado, estando estes dois parâmetros mais associados a processos de combustão.

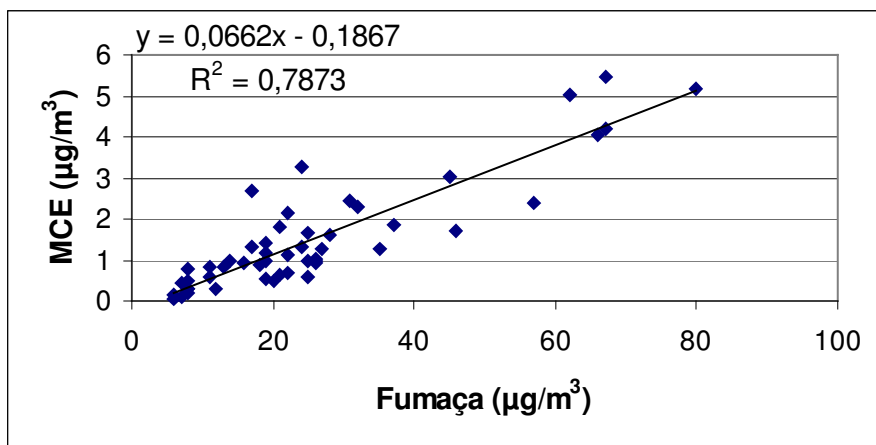


Figura 10 – Correlação das concentrações de MCE e fumaça medidas em Paulínia em 2003/2004.

5. CONCLUSÕES

Com relação as medições realizadas em Paulínia, pode-se concluir que:

- As concentrações de material carbonáceo escuro foram maiores no período de inverno onde, em geral, as condições meteorológicas são menos favoráveis à dispersão de poluentes.
- O aumento das concentrações de material carbonáceo escuro pela manhã e final da tarde indicam que o tráfego pode ser uma fonte importante deste poluente.
- Os valores de concentração de material carbonáceo escuro medidos em Paulínia são baixos quando comparados aos obtidos em um local na cidade de São Paulo. A máxima concentração diária observada em Paulínia foi de 8,1 µg/m³ em maio de 2003 e o valor médio do período monitorado foi de 1,6 µg/m³.
- As concentrações de material carbonáceo escuro apresentaram boa correlação com os dados de fumaça, medidos na estação manual, apesar das amostragens terem sido realizadas simultaneamente em locais diferentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [EPA] Environmental Protection Agency. Aerosol Black Carbon Measurement Procedure Disponível em <URL; <http://www.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/airtox/draftad.pdf>> [2005 Janeiro]
2. [Magee Scientific] "The Aetalometer", Berkeley, CA, 2000 [Manual Técnico]
3. Castanho A.D.A. "A Determinação Quantitativa de Fontes de Material Particulado na Atmosfera da Cidade de São Paulo, São Paulo, 1999 [Dissertação de Mestrado]
4. S.S., Moorthy K.K. "Anthropogenic Impact on aerosol Black Carbon Mass Concentration at a Tropical Coastal Station: A case study" *Current Science*, Vol. 8, NO. 9 : 1208-1214
5. [CETESB] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2004.
6. Marley N. A., Gaffney J. S., Grams B. R., Hernandez U., Frederick J. E. and Baryzk T. "Black carbon in urban areas: Measurements on holidays demonstrate the impact of diesel soot". 7th Conf. on Atmospheric Chemistry, Session 3, Jan 2005, San Diego , CA
7. Salam A., Bauer H. and Puxbaum H.. "Relationship between black carbon and elemental carbon at urban Vienna and semi-rural Streithofen, Austria" Atmospheric Environment disponível em <URL; <http://www.dal.ca/^481920/Paper3.pdf>>

7. EQUIPE DE TRABALHO

ETQA - Setor de Amostragem e Análise do Ar

ETQT – Setor de Telemetria

CDU - Agência Ambiental de Paulínia

Relatório elaborado por: Cristiane F. Fernandes Lopes
Jesuino Romano
Maria Helena R.B. Martins