

## **Monitorização da qualidade da qualidade do ar (aerossóis), por meios clássicos e ópticos**

Sérgio Pereira e Nuno Belo

Centro de Geofísica de Évora, Évora, Portugal

Em Dezembro de 1952, durante alguns dias a cidade de Londres esteve sujeita a um intenso episódio de poluição atmosférica. Fumos resultantes das chaminés de residências e do trânsito automóvel cobriram a cidade com uma espessa camada e foram responsáveis por uma elevada corrida às urgências hospitalares por parte da população. As estimativas feitas sugeriram alguns milhares de mortes, 3000-4000 acima do que seria normal. Os efeitos fizeram-se sentir mesmo em zonas afastadas do centro de Londres (morreram também muitos animais em quintas da região). Sete séculos antes, em 1273 a combustão de carvão chegara a ser proibida em Londres, durante as sessões do parlamento (com pena de morte para os infractores!). Recuando ainda mais no tempo, no antigo império romano, já existiam queixas em relação ao mal-estar causado pela fumaça que envolvia com frequência as grandes cidades do império.

Com a revolução industrial, no século XVIII, assistiu-se ao aumento exponencial da carga de poluentes injectados na atmosfera e da consequente degradação da qualidade do ar, principalmente nos grandes centros industriais e urbanos.

Na realidade não existe, nem pode existir, ar puro (que é uma mistura de azoto, oxigénio, dióxido de carbono, ozono, vapor de água e outros gases diversos); uma miríade de processos naturais resulta na emissão de gases e partículas (aerossóis) para a atmosfera. Os aerossóis são, por definição, os sistemas constituídos por partículas microscópicas, no estado sólido ou líquido, em suspensão na atmosfera. Actividades biológicas, emissões de material vulcânico, sais marinhos, poeiras minerais e mesmo incêndios de origem natural são apenas alguns exemplos de processos naturais que contribuem para a emissão de gases e partículas na atmosfera. São, no entanto, as emissões antropogénicas (resultantes da actividade humana) que suscitam as maiores preocupações em relação à qualidade do ar e suas consequências para a saúde pública. Aquilo que se considera como poluição atmosférica inclui diversos gases (monóxido de carbono, ozono, dióxido de enxofre e de azoto, entre outros) e os aerossóis. Os aerossóis emitidos em processos de combustão em veículos motorizados, actividades industriais e na produção energética são de elevada perigosidade. No século passado, vários episódios de poluição atmosférica com graves consequências, incluindo o de 1952,

fizeram com que as entidades governamentais em diversos países desenvolvessem legislações com o intuito de monitorizar e controlar a qualidade do ar. Nestes países passaram, desde então, a existir estações de monitorização da qualidade do ar, principalmente nas zonas urbanas. No caso dos aerossóis, a sua concentração mássica é medida, isto é, a massa de partículas por unidade de volume de ar (micrograma por metro cúbico,  $\mu\text{gm}^{-3}$ ). As partículas consideradas importantes do ponto de vista da saúde pública são aquelas cujas dimensões são inferiores a  $10\mu\text{m}$  (um micrómetro é a milésima parte do milímetro), pois têm a capacidade de circular e se depositarem nas vias respiratórias, incluindo os pulmões; esta fracção de partículas de dimensão inferior a  $10\mu\text{m}$  denomina-se  $\text{PM}_{10}$ .

A Legislação da União Europeia estabeleceu limites, diários e anuais, para a concentração mássica de  $\text{PM}_{10}$ : Os valores médios diários não podem exceder  $50\mu\text{gm}^{-3}$  mais do que 35 vezes num ano e a média anual dos valores diários não deverá ser superior a  $40\mu\text{gm}^{-3}$ . Numa segunda fase, em 2010 pretende-se que os valores diários não excedam  $50\mu\text{gm}^{-3}$  mais do que 7 vezes num ano, e que a média anual do valor diário seja reduzido para metade, ou seja,  $20\mu\text{gm}^{-3}$  (durante o episódio de 1952, em Londres terão sido atingidos valores da ordem de  $1000\mu\text{gm}^{-3}$ ).

Para fazer a monitorização da qualidade do ar à superfície, em termos de partículas, utilizam-se nos dias de hoje diferentes tipos de instrumentos, alguns deles a funcionar no Centro de Geofísica de Évora (<http://www.cge.uevora.pt>). A técnica mais antiga e directa para medir a massa das partículas na atmosfera consiste em aspirar uma amostra de ar e fazê-la passar através de um filtro onde as partículas ficam depositadas. Se o filtro for pesado antes e depois de ser utilizado então ficamos a saber o acréscimo de massa durante um certo tempo (normalmente 24 horas). Se a massa for dividida pelo volume total de ar aspirado durante esse intervalo de tempo, obtém-se a concentração mássica pretendida. Os instrumentos que utilizam esta técnica denominam-se impactadores gravimétricos. Ao obter o valor da concentração no período global de 24 horas (resolução temporal de 24 horas), não é possível saber a variação da concentração ao longo de um dia – tal pode ser importante para identificar fontes poluidoras ou alertar as populações rapidamente, se necessário, para uma diminuição da qualidade do ar. Foram então desenvolvidos instrumentos que permitem medir a concentração de partículas em tempo real. O monitor de microbalança oscilante (TEOM) é um instrumento que também utiliza um filtro onde as partículas se acumulam mas o seu engenhoso método permite obter dados com uma resolução temporal de 10 minutos. O

filtro é colocado num tubo oco que oscila com uma determinada frequência. O ar passa pelo tubo e pelo filtro onde as partículas ficam retidas; à medida que a massa no filtro aumenta, a frequência de oscilação diminui (a relação entre massa e frequência é previamente conhecida). Assim, a massa é conhecida a partir de medições de frequência e a concentração é calculada a partir da massa e do volume de ar captado pelo instrumento.

Existem também técnicas que permitem obter a concentração mássica, de forma indirecta, através da interacção das partículas com luz que nelas incida. O Nefelómetro é um instrumento que tal como os anteriores conduz uma amostra de ar para uma câmara no seu interior, faz incidir luz sobre a amostra e analisa a luz dispersa, depois da sua interacção com as partículas (na realidade, trata-se de luz em comprimentos de onda diferentes). Esta técnica permite obter informação das propriedades ópticas das partículas em dados comprimentos de onda (os chamados coeficientes de dispersão espectrais). É possível relacionar estas propriedades ópticas com a massa, mas para isso é necessário ter o instrumento calibrado, isto é, saber a relação entre o coeficiente de dispersão e a concentração mássica e o tipo de aerossóis que foram observados através dos instrumentos.

A utilização de vários instrumentos a efectuar medições em simultâneo é extremamente vantajosa pois os aerossóis podem ser estudados através de diferentes pontos de vista (propriedades ópticas, propriedades microfísicas ou constituição química, por exemplo); nenhum instrumento individual tem capacidade de medir ao mesmo tempo todas as propriedades relevantes dos aerossóis e portanto saber se os valores medidos nas estações de monitorização da qualidade do ar são atribuíveis exclusivamente a aerossóis de origem antropogénica, ou seja, aos que suscitam preocupação do ponto de vista da saúde. Além disso, pode possibilitar o aperfeiçoamento da instrumentação, permitir relacionar as diferentes propriedades e em consequência optar pelo instrumento que utilize o método mais expedito (do ponto de vista da sua frequência temporal de amostragem e da sua operação).

A figura 1 mostra o Nefelómetro e o monitor de partículas TEOM instalados no Centro de Geofísica de Évora. As figuras 2, 3 e 4 mostram medições efectuadas com os dois instrumentos para observações efectuadas de poeiras do deserto, transportadas desde o Sahara, de aerossóis oriundos de actividade industrial e urbana (poluição) e dos incêndios florestais. No caso do Nefelómetro mostram-se os coeficientes de dispersão em três comprimentos de onda diferentes. Isso permite ter uma ideia das dimensões das

partículas: se as curvas estiverem muito próximas (declive espectral pequeno, o que significa que os coeficientes de dispersão são bastante semelhantes nos diferentes comprimentos de onda), isso significa estarmos em presença de partículas grandes, características de poeiras do deserto (como mostra a figura 2); se as curvas estiverem muito afastadas entre si (declive espectral grande) isso significa estarmos em presença de partículas pequenas, características de fenómenos de poluição e fogos florestais (como mostram as figuras 3 e 4 respectivamente).

As figuras 2, 3 e 4 mostram que ambos os instrumentos têm o mesmo comportamento. Qualquer um deles pode, portanto, dar informação acerca da carga de aerossóis existente; no entanto, enquanto os dados do TEOM vão directamente ao encontro da legislação da qualidade do ar, baseada em concentrações mássicas (e é bastante utilizado em estações de monitorização da qualidade do ar), o Nefelómetro, com já foi referido, necessita de ser calibrado para cumprir essa função. Mas por outro lado, o Nefelómetro permite inferir acerca das dimensões das partículas e, em consequência, sobre o tipo de aerossóis presentes no local, o que não é possível com o TEOM.

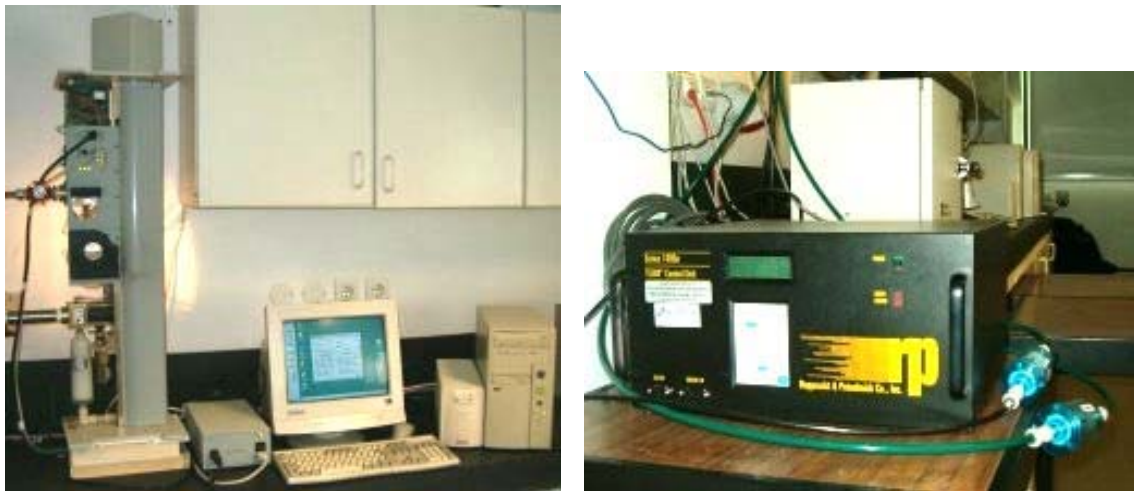


Figura 1 – Nefelómetro (lado esquerdo) e TEOM (lado direito) no interior do Laboratório de Física da Atmosfera do CGE. Ambos os instrumentos recebem a amostra de ar a partir de cabeças de amostragem PM10 colocados no exterior do edifício a cerca de 10 metros acima da superfície.

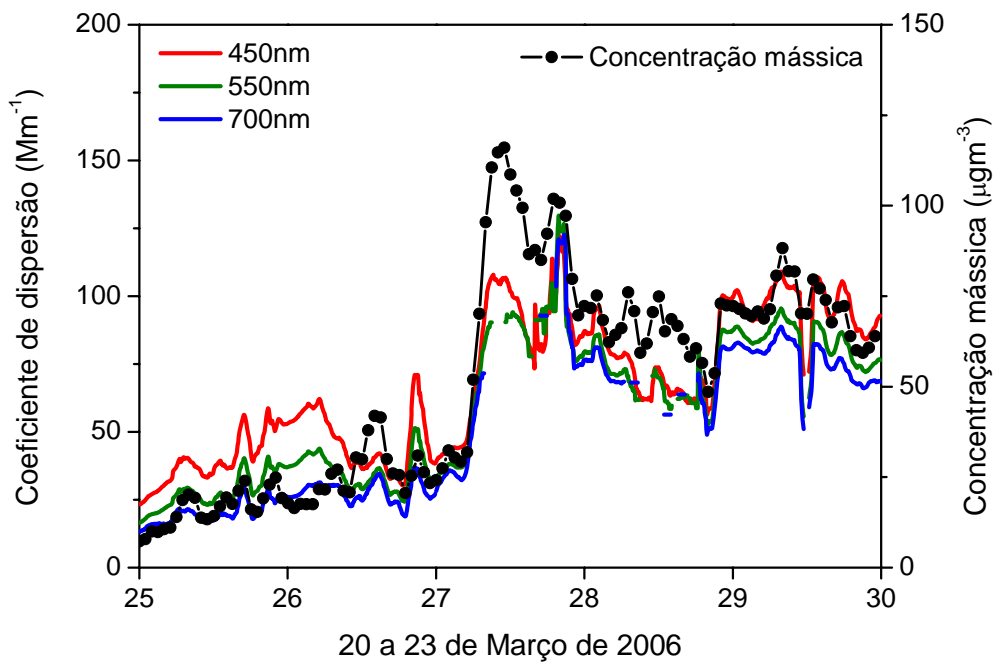


Figura 2 - Concentração Mássica e coeficientes de dispersão em três comprimentos de onda medidos em Évora respectivamente com o TEOM e o com o Nefelómetro, durante um episódio de poeiras do deserto do Norte de África.

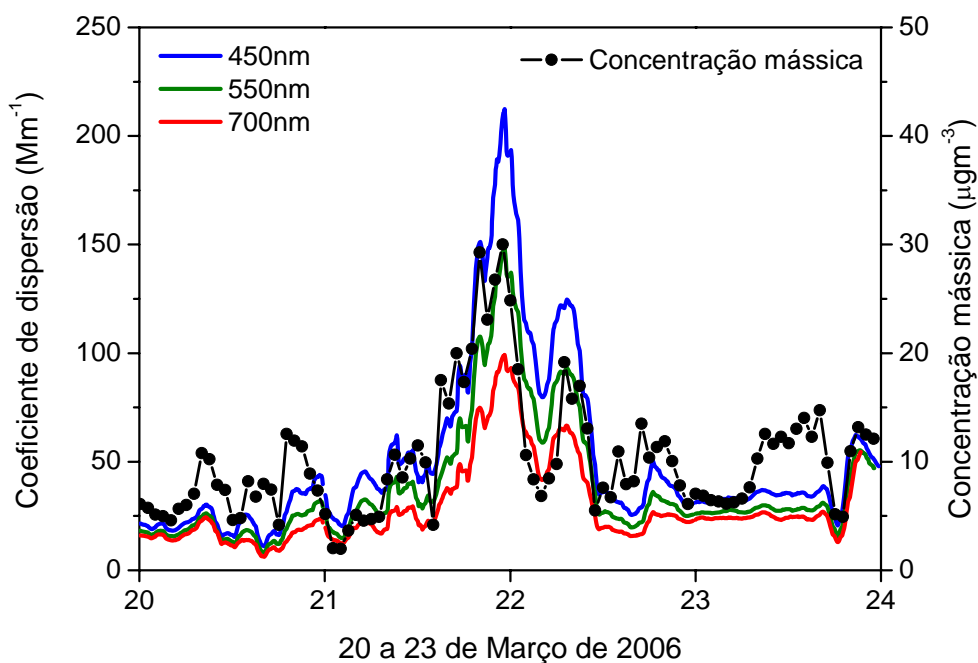


Figura 3 - Concentração Mássica e coeficientes de dispersão em três comprimentos de onda medidos em Évora respectivamente com o TEOM e o com o Nefelómetro, durante um episódio de poluição.

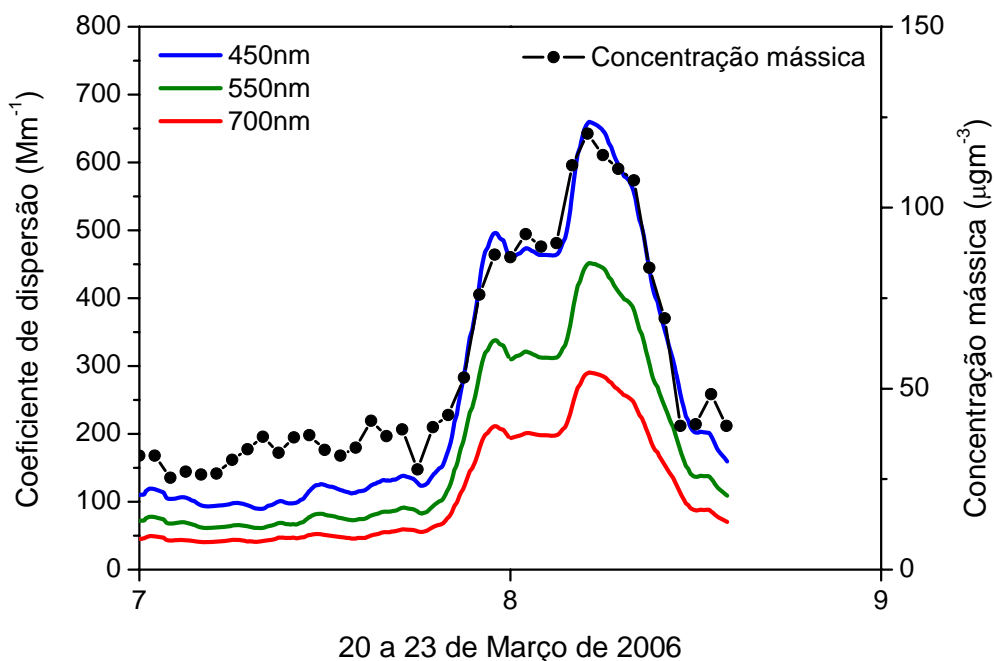


Figura 4 - Concentração Mássica e coeficientes de dispersão em três comprimentos de onda medidos em Évora respectivamente com o TEOM e o com o Nefelómetro, durante um episódio de aerossóis provenientes de fogos florestais.

## Referências

Elias, T., A.M. Silva, N. Belo, S. Pereira, P. Formenti, G. Helas, and F. Wagner (2006): Aerosol extinction in a remote continental region of the Iberian Peninsula during summer, *Journal of Geophysical Research*, 111, D14204, doi:10.1029/2005JD006610.

Silva, A.M., Costa, M. J., Elias, T., Formenti P., Belo, N., Pereira S., "Ground based aerosol monitoring at Évora, Portugal. *Global Change Newsletter*, Issue N° 56, pp 6-9, December 2003.

Belo, N., Caracterização das propriedades ópticas dos aerossóis à superfície, na região de Évora, Tese de Lic. Departamento de Física da FCUL, 2004