



10ª CNA-XII CNEA

10ª Conferência Nacional do Ambiente
XII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente

Repensar o Ambiente: Luxo ou inevitabilidade?

Editores

Carlos Borrego, Ana Isabel Miranda, Luís Arroja, Teresa Fidélis,

Eduardo Anselmo Castro, Ana Paula Gomes

Universidade de Aveiro
6 a 8 de novembro de 2013

Projecto “RISKAR LX – avaliação do risco associado à poluição atmosférica em Lisboa”, alguns resultados

H.Tente^(a), F. Ferreira^(a), M. J. Leitão^(a), P. Gomes^(a), C. Silva Santos^(b), L. Nogueira^(c), L. Schmidt^(d), J. Guerra^(d), A. Baixinho^(d), R. Nicolau^(e), A. Machado^(f), M. Lira^(g)

^(a) CENSE - Center for Environmental and Sustainability Research, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, htente@fct.unl.pt

^(b) Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo – Departamento de Saúde Pública, Lisboa, silvasantos@dgs.pt

^(c) Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Lisboa, luisa.nogueira@ccdr-lvt.pt

^(d) Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa, Lisboa, mlschmidt@ics.ul.pt

^(e) Direcção-Geral do Território, Lisboa
Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge – Departamento de Epidemiologia, Lisboa, nicolau@dgtterritorio.pt

^(f) Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge – Departamento de Epidemiologia, Lisboa, ausenda.machado@insa.min-saude.pt

^(g) Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Lisboa; Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge – Departamento de Epidemiologia, Lisboa
mafaldalira@gmail.com

SUMÁRIO

O projecto RISKAR LX teve como objectivo principal disponibilizar informação específica sobre a relação entre a qualidade do ar e a saúde humana em Lisboa. Desde a sua génese, procurou-se estimar o nível de risco associado à poluição atmosférica, avaliar a percepção pública sobre a qualidade do ar e envolver profissionais de diferentes áreas na abordagem do problema.

O projecto utilizou um vasto conjunto de ferramentas metodológicas, desde análise de séries temporais até à medição da exposição pessoal a alguns poluentes. O RISKAR LX visou analisar a informação de base disponível em urgência hospitalar, por forma a otimizar alguns processos. Com efeito, apenas o conhecimento sistemático das causas do atendimento em urgência (seja pediátrica, como o caso estudado, seja genericamente em todo o sistema de saúde) poderá permitir que a oferta se adequa à procura, antecipando episódios de poluição e a sua relação com maior afluência aos estabelecimentos de saúde. Por outro lado, só alguma base de investigação epidemiológica, ainda que recorrendo a metodologias tradicionais em saúde pública como a análise de séries temporais, pode permitir aos profissionais da área da saúde avaliar práticas terapêuticas. Este é dos objectivos mais relevantes deste projecto: o aumento da consciencialização de doentes e profissionais de saúde para os impactos da qualidade do ar na saúde pública, possibilitando terapias mais direccionadas e comportamentos mais adequados a todos quantos podem ter problemas respiratórios e/ou do foro cardiovascular.

Dos resultados obtidos destacam-se: o estabelecimento de associações com significado estatístico entre a mortalidade e a concentração de partículas em suspensão na atmosfera PM₁₀, medidas numa base diária; a selecção das partículas finas PM_{2.5} como uma das variáveis mais relevantes na explicação da variância da mortalidade mas também da morbilidade em Lisboa; a influência não despreciable dos hábitos tabágicos ou da proximidade a elevados níveis de tráfego rodoviário na exposição individual às partículas partículas em suspensão na atmosfera (medidas neste caso como PM₁₀) e a percepção dos níveis de qualidade do ar como sendo tema relevante para quem vive na cidade mas com a sua propensão para medidas mais restritivas a ser fortemente condicionada pelos seus hábitos (p.ex. quem menos usa o automóvel está mais disponível para ver implementadas medidas mais restritivas ao tráfego rodoviário em Lisboa).

PALAVRAS CHAVE: qualidade do ar, avaliação de risco, mortalidade, morbilidade, Lisboa

INTRODUÇÃO

O projecto “RISKAR LX – avaliação do risco associado à poluição atmosférica em Lisboa”, apenas possível com o fundamental apoio da Fundação Calouste Gulbenkian, teve como objectivo principal gerar informação sobre a relação entre a qualidade do ar e a saúde humana em Lisboa, permitindo que esta informação possa ter algum impacto colectivo nas escolhas individuais e colectivas.

O projecto utilizou um vasto conjunto de ferramentas metodológicas, as quais foram separadas em diferentes unidades de trabalho / *Working Packages*, ligadas entre si por um fio condutor: a avaliação do risco associado à exposição à poluição atmosférica na cidade de Lisboa (Figura 1). Esta abordagem traduziu-se em objectos de trabalho e metodologias substancialmente distintas entre cada *Working Package* (WP).



Figura 16: Estrutura do projecto RISKAR LX

DESCRIÇÃO DO TRABALHO

WP1 e WP2

Na WP1, relativa à “recolha sistemática dos atendimentos pediátricos em urgência hospitalar”, bem como na WP2 dedicada à “avaliação do impacte da poluição atmosférica nos atendimentos pediátricos em urgência hospitalar” procedeu-se à aplicação de um método de classificação do diagnóstico destes atendimentos para o Hospital de Santa Maria para um ano civil (2008). Foi utilizado neste particular a Classificação Internacional de Doença CID-9. Assim para além do número de ocorrências, isto é idas à urgência hospitalar, foi possível obter *clusters* em função do grupo de diagnóstico (doenças respiratórias. Para além disso foram compilados diferentes variáveis indicadoras da qualidade do ar (como p.ex. as concentrações médias diárias de dióxido de azoto (NO_2), de monóxido de carbono (CO), de ozono (O_3), de PM_{10} e de $\text{PM}_{2.5}$ medidas em duas estações de qualidade do ar da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar de Lisboa e Vale do Tejo, Olivais e Restelo, ou as concentrações), assim como diferentes combinações entre estas (p.ex. médias de 2 dias, de 3 dias,...), para além de variáveis meteorológicas (p.ex. temperaturas máxima e mínima, humidade relativa média, intensidade média do vento ou a quantidade de precipitação) medidas na estação meteorológica e aerológica de Lisboa/Gago Coutinho.

Em seguida, aplicou-se complementarmente o método de Regressão Linear Múltipla (RLM) e de Análise em Componentes Principais (ACP). A RLM teve como objectivo a descrição, para um determinado nível de significância, da variância associada a uma variável particular em função da variância de outras deste conjunto, permitindo assim que se possa representar a variável atendimentos diários na urgência em função das outras variáveis indicadas que vierem a ser relevantes e seleccionadas pelo modelo. A ACP foi utilizada complementarmente para determinar, conjuntamente com a análise específica da multicolineariedade (isto é se a variância de uma variável determinada é ou não incluída nas

restantes que constituem o modelo de RLM), se a introdução de mais uma variável no modelo final adoptado traduzia uma diferente componente principal. Em caso afirmativo e caso a probabilidade de aceitação dessa nova variável (P) estivesse abaixo do nível de significância ($\alpha = 0.05$), a variável integraria o modelo final.

Todas as análises estatísticas foram efectuadas recorrendo ao IBM® SPSS®, versão 20.

RESUMO DO MODELO

Modelo (a)	R	Coefficiente de Determinação (R ²)	R ² ajustado	Erro padrão da Estimativa
	,671 ^a	,450	,445	5,165

a. Variáveis: (Constante), T_min, PM2.5_OLI_LAG1

COEFICIENTES DO MODELO^a

Coeficientes do Modelo (a)		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Significância
modelo	variável	B	Std. Error	Beta		
	(Constant)	24,092	1,507		15,986	,000
	T_min	-1,021	,095	-,556	-10,799	,000
	PM2.5_OLI_LAG1	,206	,044	,244	4,731	,000

a. Variável DEPENDENTE: INTERN_RESP_DIA

Assim, a equação que melhor traduz os atendimentos pediátricos em urgência pediátrica para o universo testado apresenta-se de seguida:

$$INTERN_RESP_DIA = 24,092 - 1,021 \times T_{min} + 0,206 \times PM_{2,5} OLI(lag1)$$

De relevar o papel da temperatura mínima (normalmente objecto de controlo específico em séries temporais – Dominici *et al.*, 2000; Samet *et al.*, 1998; como se verá também na WP 3), assim como a importância da concentração das partículas finas (PM_{2,5}) medidas na estação urbana de fundo dos Olivais, tida como a mais representativa do fundo urbano em Lisboa, na explicação da variação da morbilidade ao longo do ano analisado. Esta importância relativa tem sido encontrada frequentemente na literatura (APHEIS, 2004;).

WP3 e WP4

Nestas *Working Packages*, analisou-se, através de um estudo ecológico baseado em séries temporais, a associação existente entre os indicadores de doença (mortalidade ou morbilidade) e os níveis de PM₁₀. Para este efeito foram utilizadas regressões de Poisson em Modelos Aditivos Generalizados (GAM), com controlo de variáveis suscetíveis de causar confundimento na relação do indicador de saúde com o PM₁₀.

O estudo foi aplicado ao concelho de Lisboa, com base nos seguintes dados diários relativos ao período 2000-2004:

- Diversos indicadores de saúde, consistindo em contagens de óbitos e de internamentos hospitalares (decorrentes de admissões às urgências), estratificados por sexo, por grupos etários e por grupos de doença (todas as causas exceto causas externas, doenças do aparelho respiratório e doenças do aparelho circulatório).

- Um indicador de exposição, representado por concentrações médias de PM₁₀, monitorizadas pela estação de fundo dos Olivais.

- Variáveis designadas de confundimento que incluem registos da temperatura e da humidade relativa do ar e variáveis caracterizadoras da ocorrência de atividade grial.

- Variáveis temporais (dias da semana, do mês, do ano, indicador de feriados, estações do ano, etc.), que foram úteis no tratamento da tendência, sazonalidade e periodicidade das séries temporais em análise.

Os efeitos na saúde da população foram quantificados sob a forma de riscos relativos (de morte ou de internamento) associados a um aumento de 10 µg/m³ na concentração diária de PM₁₀. Os resultados obtidos permitem concluir que a poluição atmosférica por PM₁₀ tem um

efeito estatisticamente significativo quer na mortalidade, quer nos internamentos hospitalares dos lisboetas.

Estimou-se que um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração diária de PM_{10} está associado a um aumento de 0,66% na mortalidade por todas as causas e a um aumento de 1,15% na mortalidade por causas do aparelho circulatório.

As dificuldades encontradas na modelação dos óbitos por causas do aparelho respiratório, bem como nos óbitos de indivíduos mais jovens (< 15 anos), não viabilizaram a estimação do efeito do incremento de PM_{10} na mortalidade correspondente.

As estimativas de acréscimos de óbitos foram mais elevadas na população mais idosa. Para os indivíduos com 75 e mais anos, estimou-se que um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração diária de PM_{10} está associado a aumentos de: 1,12% na mortalidade por todas as causas, 1,45% na mortalidade por causas do aparelho circulatório e 2,24% na mortalidade por causas do aparelho respiratório. Neste grupo etário, evidenciaram-se maiores riscos relativos de morte por causas respiratórias, riscos intermédios por causas do aparelho circulatório e riscos mais reduzidos para a totalidade de causas (excepto externas). Os riscos relativos de internamento estimados para a população lisboeta, indicam que um incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração diária de PM_{10} está associado a acréscimos de: 0,63% nos internamentos hospitalares por todas as causas, 1,21% nos internamentos por doenças do aparelho circulatório e 0,91% nos internamentos por doenças do aparelho respiratório.

As estimativas do risco relativo de internamento obtidas quer para indivíduos mais idosos, como para os mais jovens, foram mais elevadas do que as correspondentes à população total.

Para os indivíduos com 75 e mais anos, estimou-se que um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração diária de PM_{10} está associado a acréscimos de: 0,94% nos internamentos hospitalares por todas as causas, 1,32% nos internamentos hospitalares por causas do aparelho circulatório e 1,47% nos internamentos hospitalares por causas do aparelho respiratório. Neste grupo etário, as estimativas de risco de internamento hospitalar expressam igualmente um efeito diferenciado por causa, sendo o efeito maior nos internamentos hospitalares por causas respiratórias, intermédio nos internamentos por causas do aparelho circulatório e menor nos internamentos pela totalidade de doenças.

Para os indivíduos de idade inferior a 15 anos, estimou-se que um incremento súbito da concentração de PM_{10} está associado a um aumento de 0,67% nos internamentos hospitalares devidos a todas as causas (excepto externas).

É ainda de realçar que não houve evidência que o efeito do PM_{10} na mortalidade e nos internamentos hospitalares seja significativamente diferente entre sexos.

Os efeitos do PM_{10} na saúde dos lisboetas, reportados no presente estudo, vão ao encontro de efeitos correlativos estimados para outras cidades europeias (Anderson et al., 2004).

WP5 – “ensaios-piloto para a definição de perfis de vulnerabilidade a partículas associadas às urgências pediátricas em Lisboa”

Nesta **WP5** foram compilados os resultados de campanhas de medição de exposição pessoal, recorrendo a amostradores pessoais pessoal TSI SidePak AM-510 e localizador e registador de posição GPS Garmin Edge 205, acompanhados por um “diário de bordo” onde de 15 em 15 minutos se fazia o registo de actividade e de anotações relativas à exposição a poluentes atmosféricos, com o qual foi possível perceber os diferentes momentos do dia dos voluntários que transportaram os equipamentos na sua actividade diária (Figura 2).

amostrador PM



gps



“perfil” de exposição



Figura 2: Amostrador e localizador GPS utilizado, bem como um exemplo de um perfil de exposição obtido

Foram seleccionados 43 alunos da Escola Secundária Prof. Herculano de Carvalho, na zona residencial de Olivais Norte, situada próxima da EMQA dos Olivais (o que foi relevante em termos de intercomparabilidade e validação das medições obtidas). Complementariamente foram aplicados inquéritos a todos, visando perceber actividades quotidianas (prática regular de desporto, meio de transportes utilizados, exposição a fumo tabágico,...).

Os resultados apontaram diferentes gamas de exposição, com enormes diferenças entre indivíduos, explicáveis essencialmente pela exposição mais frequente ao fumo do tabaco ou ao tráfego rodoviário. Mais surpreendente pareceu ser o facto das famílias que dispunham de mais informação sobre os efeitos na saúde da poluição atmosférica não serem aquelas com maiores precauções no que concerne à exposição das suas crianças.

WP6 – “vertente sociológica do projecto”

Esta WP assentou num inquérito aplicado aos lisboetas, onde se procurou perceber como percecionam os habitantes de Lisboa os riscos a que estão sujeitos. De acordo com os resultados, os problemas da qualidade do ar assumem uma centralidade acrescida entre as suas preocupações, ligando-os, não exclusivamente mas de forma esmagadora, às questões do trânsito e do tráfego automóvel. Talvez por isso, os lisboetas declarem preferir formas de locomoção na cidade mais “ambientalmente sustentáveis” mas, simultaneamente, essa preferência não pareça repercutir-se nas suas práticas quotidianas e o tráfego automóvel se mantenha intenso, sobretudo nas zonas centrais, cuja qualidade do ar merece, por isso, maior preocupação.

Por outro lado, na linha do que tem sido reportado por outros inquéritos relativos às questões do ambiente (e.g., Schmidt *et al.*, 2000; 2004), os lisboetas valorizam, sobretudo, o ambiente próximo (a sua rua) que surge como reduto de qualidade em contraponto com outras áreas da cidade (e.g., Avenida da Liberdade). Nas zonas mais centrais, aliás, 41% dos inquiridos afirma já ter-se sentido mal devido à poluição atmosférica. Ainda assim, e na esteira do que também tem vindo a ser registado para a população portuguesa, os lisboetas mostram-se pouco interventivos e, apesar dos episódios de mal-estar que declaram, poucos são aqueles que reagiram protestando, ou contactando a administração.

Tendo em conta esta relação atribuída entre qualidade do ar e trânsito automóvel, os inquiridos parecem abertos a qualquer tipo de intervenção para proteger a qualidade do ar que respiram, ainda que, de um modo geral, tendam a mostrar maiores reticências quando se trata de impor, mais do que direccionar comportamentos, admitindo algumas medidas de regulação mais restritivas, sobretudo no Centro Histórico.

CONCLUSÕES

Tendo em conta a multiplicidade de resultados obtidos no projecto RISKAR LX torna-se sempre complexo uma selecção mas alguns dos resultados mais importantes parecem ser:

1. O efeito da poluição do ar na mortalidade em Lisboa: um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração diária de partículas em suspensão na atmosfera, PM_{10} , produz um aumento de 0,66% na mortalidade por todas as causas (excepto externas) e um aumento de 1,15% na mortalidade por causas do aparelho circulatório. Estes resultados, com significado estatístico, estão em linha com outras cidades europeias (p.ex. Londres, Barcelona ou Milão, WHO, 2004) e reflectem, no caso da mortalidade por todas as causas (excepto externas) cerca de 1.284 óbitos adicionais no decorrer de um ano na região de Lisboa.
2. A importância que a concentração de partículas finas em suspensão na atmosfera (PM) tem na variabilidade dos casos de doença e/ou no aumento da mortalidade. À semelhança do que pode ser lido na literatura, algumas fracções granulométricas de partículas, em particular a fracção de menor dimensão, as partículas finas - $\text{PM}_{2,5}$, é uma das variáveis seleccionadas pelos modelos de regressão linear múltipla que procuram explicar a variação da morbilidade e da mortalidade em Lisboa.
3. A influência decisiva, em termos de perfil de exposição, da exposição ao tabaco nos ambientes interiores e ao tráfego rodoviário nos ambientes exteriores. Os poucos indivíduos que utilizaram os amostradores pessoais para avaliação da exposição a partículas PM_{10} , e que não estavam muito sujeitos a estes dois factores foram dos que registaram menores concentrações nas medições efectuadas, apesar da enorme variabilidade nas fontes a que estiveram expostos.
4. A avaliação da percepção do nível de poluição atmosférica entre os residentes na cidade e como esta varia em função da micro-localização de residência e de trabalho de cada lisboeta. Há uma noção genérica de que Lisboa tem alguns problemas de qualidade do ar, em particular nas áreas com maiores níveis de tráfego automóvel. Dependendo em elevado grau das práticas quotidianas individuais (p.ex., fumo do tabaco,...), a vulnerabilidade à poluição atmosférica não deixa de relacionar-se também com o local de residência. Talvez por isso, no que respeita a medidas a implementar são os grupos mais vulneráveis e que, simultaneamente, menos utilizam o automóvel (como os idosos ou os moradores no centro histórico), que se mostram mais propensos a intervenções/políticas restritivas do tráfego.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON H, ATKINSON RW, PEACOCK JL, MARSTON L, KONSTANTINOU K (2004) - Meta-analysis of time-series and panel studies on Particulate Matter and Ozone (O_3). WHO Task Group. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2004 (EUR/04/5042688).
- APHEIS (2004) - APHEIS: Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy, 3rd Year Report (2002-2003), July 2004
- DCEA-FCT/UNL, CCDDR-LVT, CRSP-LVT (2006) - Diagnóstico e metodologia para o estudo dos efeitos das partículas finas na saúde humana em Lisboa. Projecto apoiado pela Fundação Calouste Gulbenkian
- DOMINICI F, SAMET JM, ZEGER SL (2000) Combining evidence on air pollution and daily mortality from the 20 largest US cities: a hierarchical modelling strategy. Journal of the Royal Statistical Society Series a-Statistics in Society;163:263-84
- SCHMIDT L, VALENTE S, PINHEIRO J (2000) País, Retrato e Desejo in Almeida, J Ferreira de (Coord.), Os Portugueses e o Ambiente – I Inquérito Nacional às Representações e Práticas dos Portugueses sobre o Ambiente. Oeiras. Celta Editora: 33-102
- SCHMIDT L, TRUNINGER M, VALENTE S (2004) - Problemas ambientais, prioridades e quadro de vida in Almeida, J Ferreira de (Coord.) Os Portugueses e o Ambiente – II Inquérito Nacional às Representações e Práticas dos Portugueses sobre o Ambiente. Oeiras. Celta Editora: 65-172
- SAMET J, ZEGER S, KELSALL J, XU J, KALKSTEIN L. (1998) Does weather confound or modify the association of particulate air pollution with mortality? An analysis of the Philadelphia data, 1973-1980. Environmental Research;77(1):9-19

