

EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE A SAÚDE DA POPULAÇÃO: UM ESTUDO PARA AS REGIÕES METROPOLITANAS BRASILEIRAS

MARIANE FURTADO BORBA¹;
RODRIGO NOBRE FERNANDEZ²

¹*Universidade Federal de Pelotas – marianefurtado @outlook.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – rodrigo.fernandez@ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica influencia diretamente a qualidade do ar tornando-se um fator de risco à saúde dos seres humanos. Este risco se refere à diversas doenças, como as de cunho respiratório, provenientes ou agravadas pela presença de componentes poluidores no ar. Segundo o trabalho de ALBEX *et al* (2012), existe uma associação entre a exposição a poluentes e a maior incidência de sintomas das vias aéreas inferiores e superiores principalmente em crianças. KELLY; FUSSELL (2011) mostram que aumentos nos níveis de poluição do ar geram aumentos nos atendimentos médicos de emergência, devido a crises agudas de asma.

Este estudo visa montar um painel de dados para oito regiões metropolitanas, verificando as relações entre as emissões de poluentes químicos como O_3 , PM_{10} , SO_2 , CO ; fatores ambientais como umidade e temperatura, e seus respectivos impactos sobre a morbidade respiratória nos anos de 2000 a 2009. Assim, permitindo a formulação de políticas públicas de saúde ambiental na busca pela redução dos níveis de poluentes lançados na atmosfera, reduzindo os danos à saúde e contribuindo com a melhora da qualidade de vida.

Em trabalho sobre o impacto da poluição atmosférica na saúde humana, MARCOLINO (2009) utilizou o modelo de regressão binomial negativo para analisar a relação entre eventos de poluição causados por O_3 , PM_{10} , CO e SO_2 , variáveis meteorológicas como umidade relativa, temperatura e seus efeitos sobre a saúde, em especial, sobre as doenças respiratórias (gripe, bronquite, asma e infecções das vias aéreas superiores do aparelho respiratório) no município de Canoas (RS) para os anos de 2005 e 2008, levando em conta o número de internações por doenças respiratórias de crianças de até 12 meses. Os resultados apresentados mostraram que há uma associação significativa entre poluição do ar (O_3 , CO), umidade e admissões hospitalares por doenças respiratórias.

Sob outra perspectiva, RODRIGUES-SILVA *et al.* (2012) analisaram os riscos para a saúde e as perdas econômicas causadas pelos efeitos da poluição do ar em controladores de tráfego. Os autores estimaram os custos associados com a perda de dias de trabalho e calcularam um indicador de morbidade para a cidade de São Paulo entre 2000 e 2007. A associação entre o absentismo dos controladores de tráfego e a poluição do ar foi determinada por modelos lineares generalizados. Observou-se uma forte correlação positiva entre o absenteísmo e os poluentes PM_{10} , CO , SO_2 , e uma correlação marginal entre O_3 e NO_2 . Os resultados obtidos mostram que os poluentes do ar estão positivamente associados ao absentismo dos controladores de tráfego (uma ausência a cada dez controladores); além disso, os custos associados à perda de dias trabalhados significam 19% das despesas operacionais da empresa durante o período.

Posteriormente, CHAN *et al.* (2013), estudaram a relação entre fenômenos climáticos, níveis de poluição e internações hospitalares diárias por doenças respiratórias em Hong Kong, para os anos de 1998 a 2009. Os autores utilizam dados de temperaturas médias, umidade relativa, velocidade do vento, radiação e precipitação diária, além de dados sobre o nível médio de poluição, baseados em concentrações de O_3 , PM_{10} , SO_2 , e NO_2 . A análise estatística fez uso de modelos aditivos generalizados (Poisson) para a estação quente (junho a setembro) e fria (novembro a março), a fim de mensurar o efeito temperatura sobre as hospitalizações. Tanto na estação quente quanto na estação fria, foi encontrada uma associação positiva entre o número de internações e a concentração média de NO_2 . As internações por doenças respiratórias aumentaram durante as estações quentes e frias em crianças, mas apenas durante a estação fria entre os idosos.

2. METODOLOGIA

Os estudos abordam os poluentes mais comumente encontrados na atmosfera que são descritos na literatura como agentes que provocam agravamento de doenças respiratórias e os quais estão previstos em resoluções do CONAMA. Os dados foram obtidos pelo site do IBGE considerando os anos de 2000 a 2009, para as seguintes regiões metropolitanas: Grande Porto Alegre, Grande São Paulo, região metropolitana do Rio de Janeiro, Grande Recife, região metropolitana de Salvador, região metropolitana de Belo Horizonte, região metropolitana de Curitiba e Vitória. A concentração de poluentes em áreas urbanas é estimada utilizando as concentrações máximas de poluentes anuais. Entre os poluentes estão: O_3 , PM_{10} , CO e SO_2 .

Os dados referentes a internações hospitalares de doenças do aparelho respiratório foram divididas em três grupos, tais como: asma; bronquite aguda e bronquiolite aguda; faringite aguda e amigdalite aguda, laringite e traqueíte agudas, e outras doenças do trato respiratório superior. Estes dados foram coletados através do sistema SIH/DATASUS. Os dados meteorológicos foram coletados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

É importante salientar o uso da forma logarítmica nas variáveis dependentes, a fim de suavizar a série de dados. Foram incluídas no modelo variáveis dummies anuais, de 2000 a 2009, para controlar os efeitos temporais estimando interceptos diferentes para cada observação, sendo 2000 o ano de referência. Ainda incluímos variáveis de interação para os poluentes.

Devido à natureza temporal e espacial dos dados, técnicas de dados em painel foram utilizadas para a realização da análise empírica. Deste modo, é possível estudar a existência de efeitos específicos em uma região do país. Segue-se ANGRIST; PISCHKE (2008), e para cada uma das nossas variáveis testa-se a seguinte relação linear:

$$y_{it} = \alpha + A_i \gamma + X_{it} \beta + J_{it} \delta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Sendo i o subscrito que indexa a variação numerada das regiões metropolitanas, e t indexa a variável tempo. Tanto a variável dependente quanto as variáveis independentes apresentam variação temporal, desta forma o termo λ_t representa *dummies* temporais referentes a cada ano. As variáveis de controle estão separadas em X , representando os poluentes, e J se referindo as variáveis ambientais. Em virtude de se acreditar na possível ocorrência de variação

conjunta entre os poluentes e as variáveis ambientais acrescentou-se um termo de interação entre essas duas variáveis. A variável dependente y é o logaritmo natural da morbidade causada por uma doença respiratória.

Dessa forma, no modelo de efeitos fixos, a heterogeneidade do indivíduo é representada mudança paramétrica na equação (1). Funciona como se um novo intercepto $\alpha_i = \alpha + A_i \gamma$, o qual não varia no tempo, fosse incluído na estimativa de mínimos quadrados ordinários. Isto é, os fatores não observáveis são considerados constantes ao longo do tempo. Sendo assim, a equação (1) é expressa da seguinte forma:

$$y_{it} = \alpha_i + \lambda_i + X_{it} \beta + J_{it} \delta + X_{it}' J_{it} \phi + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

De outro modo, no caso de efeitos aleatórios, o termo de heterogeneidade individual é considerado como parte do termo de erro, $u_{it} = A_i' y + \varepsilon_{it}$. Logo, o teste de Hausman constatou que deveríamos utilizar uma estimativa em painel com efeito fixo (FE). Para superar a heterocedasticidade indicada pelo teste de Breuch-Pagan, utilizaram-se erros padrões robustos em todas as estimativas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na regressão para Asma tanto a temperatura mínima média como a umidade relativa média se mostraram significantes. O poluente ozônio apresenta valores significativos, apesar de baixos. O dióxido de enxofre apresenta uma relação positiva com as internações por asma. A Tabela abaixo apresenta os resultados desta regressão:

Tabela 1 - Efeito sobre a Asma em Logaritmo Natural

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
temp_min	0.3527** (0.1293)	0.3332** (0.1054)	0.2113 (0.1419)	0.2355** (0.0894)	0.3453** (0.1388)	0.1222 (0.0751)
umidade	0.0436 (0.0285)	0.0441 (0.0284)	0.0329 (0.0188)	0.0363 (0.0301)	0.0435 (0.0281)	0.0262 (0.0214)
pm10	-0.0002 (0.0003)	-0.0017 (0.0036)	-0.0010* (0.0004)	-0.0005 (0.0004)	-0.0002 (0.0003)	-0.0001 (0.0027)
Co	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	-0.0002* (0.0001)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	-0.0002 (0.0001)
so2	0.0002* (0.0001)	0.0002* (0.0001)	0.0003* (0.0001)	-0.0014 (0.0011)	0.0002* (0.0001)	-0.0010 (0.0012)
o3	0.0001** (0.0001)	0.0002 (0.0001)	-0.0001 (0.0001)	-0.0001 (0.0002)	-0.0010 (0.0026)	-0.0004 (0.0028)
Dummies temporais	sim	sim	sim	sim	sim	sim
N	54	54	54	54	54	54
adj. R^2	0.760	0.755	0.810	0.765	0.754	0.802

Fonte: Autores **Notas:** Erros Padrões Robustos entre Parênteses * significativo a 10%

** significativo a 5% e *** significativo a 1%.

Os resultados para bronquite mostraram a umidade relativa e a constante com sinais positivos e significativos, assim como esperado. O material particulado e o ozônio atingiram certo grau de significância, demonstrando influência positiva sobre o percentual de internações. As dummies temporais apresentaram uma oscilação entre aumento e queda de morbidade por bronquite e bronquiolite. Porém o monóxido de carbono expressou um sinal diferente do esperado, segundo a literatura estudada.

Já nas estimativas para as vias aéreas superiores além de encontrarmos poucas variáveis com alguma significância, algumas variáveis exibiram um sinal oposto ao esperado. Todavia, a estimativa demonstrou números positivos de internações, o que nos leva a crer que outros fatores como, por exemplo, o fumo e a poluição intradomiciliar, que não fazem parte do estudo, possam estar relacionados a esse resultado.

4. CONCLUSÕES

Estudos como este são importantes pela dificuldade na obtenção de material, pois conseguem demonstrar a falta de discussão ou ações efetivas sobre o assunto no país. A novidade deste se dá devido à abrangência. Este trabalho teve por objetivo verificar o impacto dos principais poluentes considerados como causadores de doenças respiratórias (O_3 , PM_{10} , SO_2 , CO) no número de internações hospitalares para oito regiões metropolitanas brasileiras no período de 2000 a 2009.

O monitoramento da emissão de poluentes, principalmente próximo aos grandes centros urbanos brasileiros, pode ser uma ferramenta interessante para os formuladores de política pública, já que esses podem influenciar essas variações e também contribuem, mesmo que em margem pequena, para o número de enfermidades do trato respiratório. Pesquisas futuras poderiam buscar, na medida do possível, relacionar os custos para o Sistema Único de Saúde, advindos da poluição atmosférica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGRIST J.; PISCHKE, J. *Mostly Harmless Econometrics: Na Empiricist's Companion*. Princeton: Princeton University Press, 373p., 2009.

ARBEX, M.A.; SANTOS, U.P.; MARTINS, L.C.; SALDIVA, P.H.N.; PEREIRA, L.A.A.; BRAGA, A.L.F. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, vol. 38, n. 5, PP. 643-655, 2012.

CHAN, E.Y.Y.; GOGGINS W.B.; YUE S.K.; LEE P.Y. Hospital admissions as a function of temperature, other weather phenomena and pollution levels in an urban setting in China. **Bulletin of World Health Organization**, vol. 91, n. 8, PP. 576–584, 2013.

KELLY F.J, FUSSELL J.C. Air pollution and airway disease. **Clinical and experimental allergy: Journal of the British society for Allergy and Clinical immunology**, vol. 41, n. 8, PP. 1059-71, 2011.

MARCOLINO, J.M. **Economia da saúde ambiental: análise do impacto da poluição atmosférica sobre a saúde humana**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós Graduação em Economia da UFRGS, Rio Grande do Sul, 2009.

RODRIGUES-SILVA F.; SANTOS U.P.; SALDIVA P.H.N.; AMATO-LOURENCO L.F.; MIRAGLIA S.G.E.K. Health risks and economic costs of absenteeism due to air pollution in São Paulo, Brazil. **Aerosol and Air Quality Research**, vol. 12, n. 5, PP. 826-833, 2012.