

Poluição do Ar e Hospitalizações por Doenças Cardiopulmonares na Cidade de Nova Iguaçu - Estudo de Coorte Retrospectiva

Air Pollution and Cardiopulmonary Hospitalizations in the City of Nova Iguaçu - Retrospective Cohort Study

Paulo Henrique Moura¹
Adalgiza Mafra Moreno²
David William Lima Santos³
Paula Guidone Pereira Sobreira⁴
Fabrício Polifke da Silva⁵
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia⁶

RESUMO

Objetivo: Correlacionar hospitalizações por doenças cardíacas e pulmonares com a poluição do ar (PM_{10}) e os fatores meteorológicos na Cidade de Nova Iguaçu, entre os anos de 2005 a 2016. **Metodologia:** Estudo de coorte retrospectivo, observacional, descritivo e analítico que avaliou a poluição do ar e as hospitalizações cardiopulmonares. Os dados de poluição do ar foram fornecidos pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e as hospitalizações por meio das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) do banco de dados do Datasus, num período de 12 anos. A análise estatística foi realizada pelo software SPSS IBM 25. Os dados das médias mensais foram expressos em média, desvio padrão, mediana e intervalo de confiança de 95%, empregando-se o coeficiente de correlação de Spearman. Foi considerada a significância estatística ($p < 0,05$). **Resultados:** Os níveis anuais de PM_{10} apresentaram média de $75,2 \pm 15,3$ mg/m^3 (IC: 65,5 - 84,9) e de hospitalizações $6,635 \pm 2,360$ (IC: 5,003 - 8,267). Ocorreu uma redução de 47% dos níveis de (PM_{10}) e 112% das hospitalizações nos 12 anos. Verificou-se diferença estatística entre as hospitalizações pulmonares e cardíacas nos anos analisados ($p < 0,05$). A correlação mensal entre PM_{10} e hospitalizações foi de ($R = 0,29$), sendo a maior correlação anual encontrada entre temperatura e hospitalizações ($R = 0,70$). **Conclusão:** O número de hospitalizações por doenças pulmonares foi o dobro das cardíacas. Constatou-se uma queda na concentração de PM_{10} e no número de hospitalizações por ambas as causas, apesar da não conformidade dos níveis de PM_{10} . A correlação entre PM_{10} e hospitalizações foi positiva e fraca.

DESCRIPTORIOS

Qualidade do Ar. Poluição do Ar. Material Particulado (PM_{10}). Hospitalização. Doenças Cardíacas. Doenças Pulmonares.

ABSTRACT

Objective: Correlate hospitalizations for heart and lung disease with air pollution (PM_{10}) and meteorological factors in the city of Nova Iguaçu, between the years 2005 to 2016. **Methodology:** Retrospective cohort, observational, descriptive, and analytical study that analyzed air pollution and cardiopulmonary hospitalizations. Air pollution data were provided by the State Environment Institute (INEA), and hospitalizations through the Hospitalization Authorizations (AIH) from the DATASUS database, over a 12-year period. Statistical analysis was performed using the SPSS IBM 25 software; data on monthly averages were expressed as mean, standard deviation, median and 95% confidence interval. Spearman correlation coefficient calculations were used, for statistical significance ($p < 0.05$). **Results:** The annual levels of PM_{10} showed an average of 75.2 ± 15.3 mg/m^3 (CI: 65.5 - 84.9) and hospitalizations 6.635 ± 2.360 (CI: 5,003 - 8,267). There was a reduction of 47% in the levels of (PM_{10}) and 112% of hospitalizations in the 12 years. There was a statistical difference between pulmonary and cardiac hospitalizations in the years analyzed ($p < 0.05$). The monthly correlation between PM_{10} and hospitalizations was ($R = 0.29$), whereas the highest annual correlation found was between temperature and hospitalizations ($R = 0.70$). **Conclusion:** The number of hospitalizations for pulmonary diseases was twice that of cardiac. There was a decrease in the concentration of PM_{10} and in the number of hospitalizations for both causes, despite the non-conformity of PM_{10} levels. The correlation between PM_{10} and hospitalizations was positive and weak.

DESCRIPTORS

Air Quality. Air Pollution. Particulate Matter (PM_{10}). Hospitalization. Heart Disease. Pulmonary Diseases.

¹ Mestrando em Cardiologia pela UFRJ, Fisioterapeuta, Professor da Universidade Iguaçu, Departamento de Pesquisa e Iniciação Científica, Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil.

² Doutora em Ciências Cardiológicas pela UFF, Fisioterapeuta, Professora da Universidade Iguaçu, Departamento de Pesquisa e Iniciação Científica, Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Fisioterapeuta, Departamento de Pesquisa e Iniciação Científica, Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ Psicóloga, Mestre em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz, Professora da Universidade Iguaçu, Departamento de Pesquisa e Iniciação Científica, Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil.

⁵ Engenheiro, Doutor em Engenharia Civil pela UFRJ, Professor da Universidade Iguaçu, Departamento de Pesquisa e Iniciação Científica, Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil.

⁶ Meteorologista, Doutor em Geografia pela UFRJ, Professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Meteorologia e Instituto de Geociências (UFRJ/CCMN/IGEO) - Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil.

A poluição do ar está diretamente relacionada aos agravos à saúde humana, sendo os poluentes atmosféricos oriundos de duas fontes principais de emissões: as indústrias e os veículos automotores, que são considerados hoje a principal fonte de emissão¹. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2012, existia aproximadamente 3,7 milhões de mortes globais associadas à exposição ao material particulado (PM), sendo estimado que a partir de 2015 o número de mortes associadas à poluição do ar poderia alcançar 8,9 milhões de óbitos globais, um número 30% maior do que o previsto pela soma de outras cinco principais causas².

Existe uma forte relação entre o aumento da poluição do ar e as altas taxas de hospitalizações, relacionadas às doenças cardíacas e pulmonares³. Inúmeros estudos demonstram fortes associações do PM e agravos no sistema cardiopulmonar, repercutindo no aumento de mortes prematuras, principalmente, por doença cardíaca isquêmica e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)⁴⁻⁶.

Entre os desfechos respiratórios, a associação tem demonstrado aumento das hospitalizações por asma, exacerbação dos sintomas associados às doenças alérgicas respiratórias e pneumonias. Nas doenças cardiovasculares, a exposição ao PM₁₀ aumenta o número de atendimentos emergenciais, hospitalizações, mortes por acidente vascular encefálico, insuficiência cardíaca, hipertensão arterial, arritmia e infarto agudo do miocárdio⁶.

De acordo com um relatório ambiental da China, o número de veículos no país em 2015 foi de 279 milhões⁷, tornando a qualidade do ar deste país a segunda pior em 180 países. Desde 2013, a poluição do ar só

vem aumentando, existindo oito milhões de pessoas expostas diretamente, ameaçando, assim, a saúde mundial. Estudos na Cidade de São Paulo associaram a mortalidade e as hospitalizações por doenças respiratórias em crianças e idosos, demonstrando que a poluição atmosférica deveria ser considerada um relevante problema de saúde pública⁸⁻¹⁰.

No Rio de Janeiro (RJ), a segunda maior metrópole do país, a poluição atmosférica também tem representado riscos à saúde associando a mortalidade aos agravos pulmonares¹¹⁻¹³. A Cidade de Nova Iguaçu (NI) está localizada no Estado do Rio de Janeiro, Região Sudeste do país. A sua população, estimada em 2019, era de 821.128 habitantes, sendo a quarta cidade mais populosa do estado e a vigésima terceira do país¹³. Possui um clima tropical com temperatura média anual de 30,2 °C, sendo o mês de janeiro o mais quente do ano¹⁴. Nos últimos 15 anos a cidade expandiu suas rodovias, com consequente aumento do número de veículos, de acordo com o Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro (DETRAN), acarretando 133.977 novas fontes móveis e emissoras de poluição atmosférica que afetam diretamente a população iguaçuana¹⁵.

A cidade apresenta altos índices de poluição do ar e elevadas taxas de mortalidade comparada a outras cidades do estado do Rio de Janeiro, tendo níveis anuais de (PM₁₀) duas vezes maiores que os estabelecidos pela OMS, sendo também influenciado pela formação geográfica da cidade, que colabora para a baixa dispersão destas partículas^{16,17}. O estudo foi pioneiro na cidade e contempla uma coorte retrospectiva de 12 anos, esperando-se que seus resultados melhorem a

compreensão da poluição do ar na cidade e avalie uma possível associação com hospitalizações. Desta forma, a pesquisa teve como objetivo correlacionar as hospitalizações por doenças cardíacas e pulmonares com a exposição populacional à poluição do ar por (PM_{10}) e fatores meteorológicos na Cidade de Nova Iguaçu, entre os anos de 2005 a 2016.

METODOLOGIA

Delineamento e monitorização meteorológica

O estudo tem delineamento de coorte observacional, retrospectivo, sendo descritivo sobre as variáveis meteorológicas e analítico sobre as internações cardiopulmonares.

A estação de monitoramento da qualidade do ar escolhida fica localizada no Colégio Municipal Monteiro Lobato, na Rua Professor Paris, esquina com Luís de Lima, N.I., CEP: 26.221-080 s/ n^o, (latitude – 22,762150^o/ longitude – 43,441406^o) e pertence ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA), que monitora a concentração do Material Particulado com diâmetro até 10 μ m (PM_{10}) e variáveis meteorológicas como velocidade do vento, temperatura e umidade do ar, por 24 horas, em períodos de 6 em 6 dias, sendo caracterizada com uma estação semiautomática de monitoramento¹⁸.

O poluente do ar analisado foi o material particulado (PM_{10}), conhecido pelo seu efeito sobre a saúde humana, conforme propõe o Índice de qualidade do ar (IQAr), segundo os padrões da resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n^o 03 28/06/1990^{19,20}.

Coletas e análise dos dados

Os dados relacionados à qualidade do ar foram fornecidos pela base de dados do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), enquanto os dados relacionados às hospitalizações foram obtidos do Sistema de informações hospitalares (SIH), pelos arquivos do Sistema **único de saúde** (SUS), por meio do Datasus, referente aos residentes de Nova Iguaçu, no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2016.

Foram selecionados os agravos referentes aos capítulos de Doenças do aparelho circulatório (Capítulo do CID X – I00 a I99) e de Doenças do aparelho respiratório (Capítulo do CID X – J00 a J99). Foi aplicado um fator de correção dos índices de internação hospitalar, considerando o percentual da população atendida, exclusivamente pelo SUS, sem vínculos com planos de saúde privados, obtidos no site da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS).

A poluição do ar foi relacionada ao número de hospitalizações dos residentes de Nova Iguaçu, mesmo com internações fora da Cidade de Nova Iguaçu, por agravos cardíacos e pulmonares.

Utilizou-se o programa Excel para organização dos bancos de dados e construção gráfica. Para as análises descritivas anuais e mensais foi utilizado o software estatístico SPSS versão 25 IBM. As variáveis meteorológicas e de internações mensais foram expressas em médias, intervalo de confiança de 95%, desvio padrão e mediana. Empregou-se o teste de normalidade dos dados de Kolmogorov-Smirnov e a diferença estatística

foi dada pelo $p < 0,05$, entre as internações pulmonares e cardíacas. Os dados tiveram distribuição não paramétrica, sendo utilizado o coeficiente de correlação de Spearman (R), descritos pelos histogramas de dispersão, compostos por meio do software R studio.

Crítérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos indivíduos de todas as idades, residentes de Nova Iguaçu, hospitalizados em qualquer hospital do Estado do Rio de Janeiro, por motivos cardiopulmonares.

Foram excluídos todos os indivíduos com dados inconsistentes para pesquisa, ou internações por causas não relacionadas a problemas cardiopulmonares e os não residentes na Cidade de Nova Iguaçu, no período estudado.

Esta pesquisa não necessitou de apreciação pelo Comitê de Ética por basear-se em dados secundários, conforme preconiza a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) nº 510, de 7 de abril de 2016.

RESULTADOS

A PM_{10} foi considerada (regular) para os padrões nacionais, com uma média de $75,2 \text{ mg/m}^3$ nos 12 anos, porém com valores elevados, 50% acima dos tolerados pela OMS, que adotam 50 mg/m^3 para as médias anuais deste poluente. Os níveis de PM_{10} anuais variaram de 52 a 99 mg/m^3 , caracterizando em alguns anos o dobro dos padrões internacionais, o que representam níveis aproximados de 100% de ultrapassagem para a média internacional permitida conforme a Tabela 1.

A série temporal demonstrou queda dos níveis de poluição do ar de 84 mg/m^3 para 57 mg/m^3 nos 12 anos, com uma redução percentual de 47%. Essa redução foi significativa, especialmente, a partir de 2011 onde as concentrações do poluente PM_{10} na cidade atingiram seus menores níveis conforme a Figura 1.

Separando as hospitalizações entre pulmonares e cardíacas, verificou-se uma

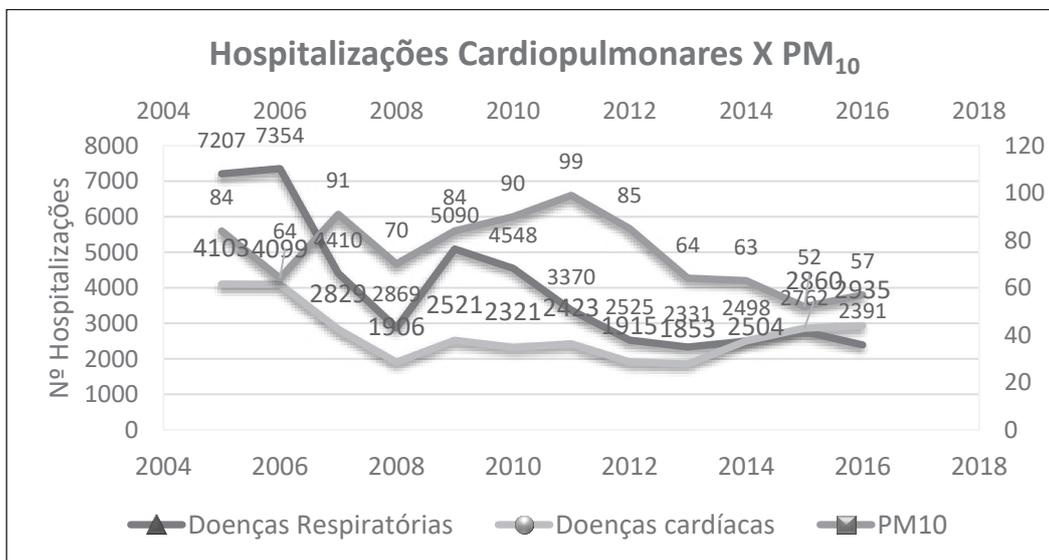
Tabela 1. Estatística descritiva anual de PM_{10} , variáveis meteorológicas e hospitalizações por causas cardiopulmonares. Nova Iguaçu - 2005 a 2016.

Variáveis	Média	IC	Mínimo	Máximo
PM_{10} (mg/m^3)	$75,2 \pm 15,3$	65,5 - 84,9	52	99
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$25,8 \pm 1,1$	25,1 - 26,5	24,0	27,6
Umidade do ar (%)	$72,3 \pm 4,6$	69,3 - 65,4	66,1	79,2
Vento (m/s)	$1,35 \pm 0,6$	0,94 - 1,7	0,7	2,8
Hosp. Pulmonares	3946 ± 1723	2794 - 5098	2331	7354
Hosp. Cardíacas	2689 ± 723	2209 - 3169	1853	4103
Hosp. Totais	6635 ± 2360	5069 - 8201	4184	11453

Dados de médias expressos com desvio padrão (\pm).

Unidades de medidas: (mg/m^3) micrograma por metro cúbico; ($^{\circ}\text{C}$) graus Celcius; (%) percentual; (m/s) metros por segundo. IC: Intervalo de confiança; Hosp= Hospitalizações.

Figura 1. Médias anuais de hospitalizações distintas por causas pulmonares e cardíacas e concentração de PM₁₀ no município de Nova Iguaçu, entre 2005 a 2016.



diferença média percentual de 47%, ocorrendo mais internações por causas pulmonares, alcançando uma média anual de 3.946 e 2.689 internações por causas cardíacas (Tabela 1). Somando-se as causas cardíacas e pulmonares, totalizaram 79.624 hospitalizações, no período de 12 anos, sendo 47.355 internações pulmonares e 32.269 internações cardíacas.

Ao juntarmos as duas causas, as internações hospitalares mantiveram uma média total de 6.635 internações, em 12 anos. As maiores variações ocorreram entre os anos de 2006 (11.453) e 2013 (4.184), demonstrando uma diferença percentual do número de internações cardiopulmonares de 174%, entre estes anos. O número de internações anuais também mostrou uma queda de 2,12 vezes, quando comparado o início do estudo em 2005 e, ao final do estudo, em 2016 (Figura 1).

O número de hospitalizações por doenças respiratórias superou em aproxima-

damente duas vezes as doenças cardíacas. A Figura 1 demonstra que no ano de 2005 as internações respiratórias foram 7.207, em comparação com as internações cardíacas que foram 4.103, perfazendo uma diferença percentual de 76% a mais, de internações por causas respiratórias. O mesmo gráfico demonstra uma queda crescente do número de internações pelas duas causas ao longo dos 12 anos.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva mensal, separando os indivíduos por doenças pulmonares e cardíacas, demonstrando que existiu diferença entre o número de internações pulmonares e cardíacas para os 144 meses avaliados ($p < 0,05$). Os resultados mostraram também uma moderada correlação positiva entre essas doenças ($R = 0,550$), indicado um padrão de acompanhamento cíclico entre elas. Mensalmente, as médias das hospitalizações por causas pulmonares também superam as cardíacas.

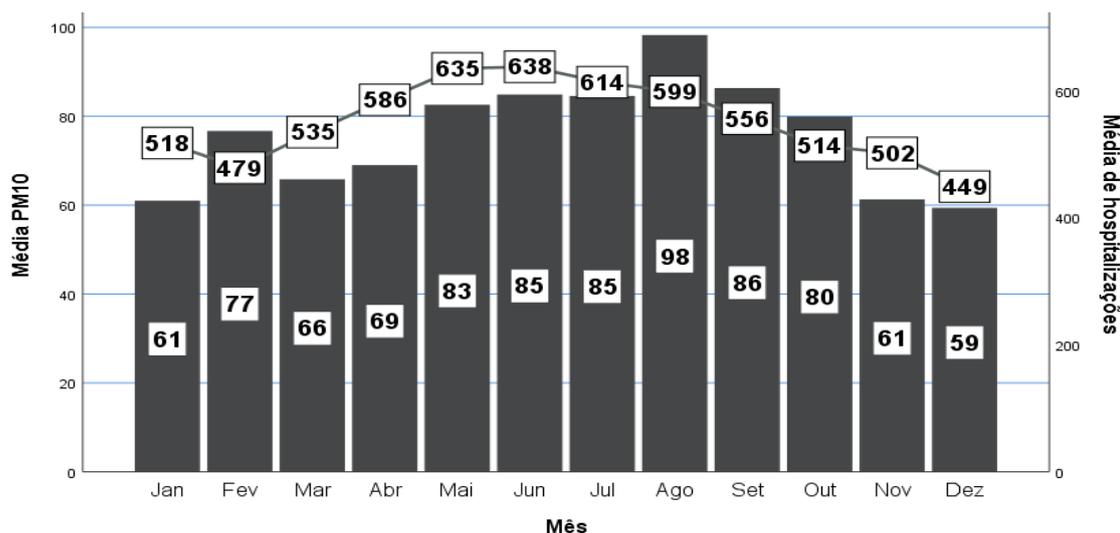
Tabela 2. Estatística descritiva mensal de PM₁₀, variáveis meteorológicas e hospitalizações por causas cardiopulmonares. Nova Iguaçu - 2005 a 2016.

Estatística	PM ₁₀ (mg/m ³)	Temp. (°C)	Umidade (%)	Vento (m/s)	Inter. Pulmonar	Inter. Cardíaca
Nº medidas	114	144	144	144	144	144
Nº Omissos	30	-	-	-	-	-
Média	75,0 ±18,6	24,8 ± 4,1	70,6 ±13,6	1,33 ± 0,23	328,8 ±162,3	224,1 ±70,6
Mediana	72,0	25,5	73,3	1,10	276	211
IC	70,8 - 79,1	24,1 - 26,2	66,9 - 72,9	1,06 - 1,45	302 - 355	212 - 235
Valor p	-	-	-	-	0,000	
C Spearman	-	-	-	-	0,550	
Mínimo	37	11	53	0,2	108	113
Máximo	142	34	88	8,0	804	446
Total	-	-	-	-	7.207	4.103

Dados de médias expressos com desvio padrão (±).

Unidades de medidas: (mg/m³) micrograma por metro cúbico; (°C) graus Celcius; (%) percentual; (m/s) metros por segundo. IC: Intervalo de confiança; Temp: Temperatura; Inter: Internações, C= Correlação.

Figura 2. Relação entre as médias mensais de hospitalizações e PM₁₀ na cidade de Nova Iguaçu – RJ, do ano de 2005 a 2016.



Para as médias mensais de PM_{10} , verificou-se uma proximidade dos valores registrados nas médias anuais, porém, quando analisados os meses isoladamente, algumas variáveis chamaram atenção por seus excessos, como no mês de agosto de 2012, no qual registrou uma média mensal de 142 mg/m^3 em PM_{10} , novembro de 2011, com umidade do ar de 53% e julho de 2006, com 1250 hospitalizações.

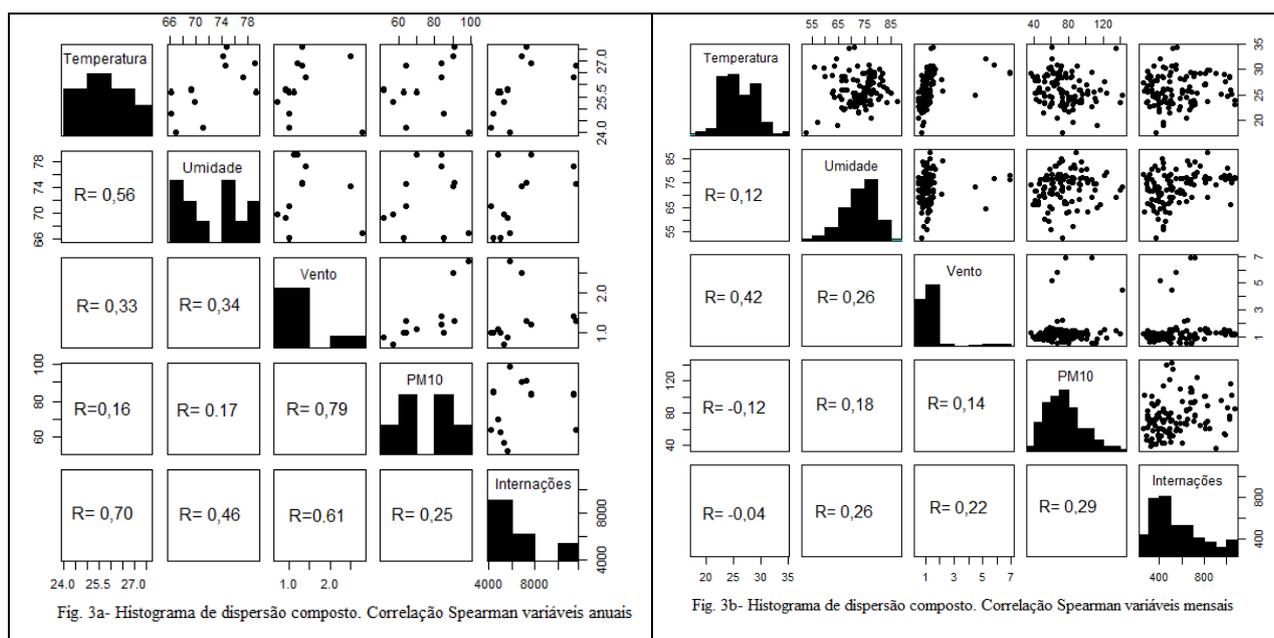
Na Figura 2 foram agrupadas as médias mensais de PM_{10} e as causas cardiopulmonares para os 12 anos estudados. Foi observado um número crescente de interações, iniciado em março, progredindo até junho, sofrendo, em seguida, uma redução até dezembro. O mês com maiores médias de interações foi junho, com um total de 638 interações, (42%) a mais de interações

comparadas a dezembro. O mês com maiores concentrações médias de PM_{10} foi agosto, que alcançou médias de 98 mg/m^3 , com um aumento de (66%), também, comparado a dezembro, que teve os menores de níveis de PM_{10} .

Outras três variáveis meteorológicas relacionaram-se com a poluição do ar. Ocorreu oscilação cíclica de aumento de temperatura nos anos de 2007, 2010 e 2014, sendo a média de temperatura para todos os anos de $24,8 \text{ C}^\circ$, o que não reflete a média normal de temperatura na cidade, que tem características geográficas favoráveis ao calor, em decorrência do afastamento do litoral e da localização na baixada fluminense, cercado de montes em seu entorno.

A umidade relativa do ar na cidade alcançou seus maiores níveis entre anos de

Figuras 3a e 3b. Diagrama de dispersão composto e coeficiente de correlação de Spearman.



R= Correlação de Spearman; PM10= Material Particulado (10 mg/m^3)

2008 a 2009. Existiu uma redução da umidade do ar acentuada de 20 %, entre 2009 a 2012, de 79,1% para 66,2%. As duas maiores diferenças encontradas entre os níveis de umidade do ar, foram no ano de 2008, onde se registrou a maior média de 79,2% e no ano de 2014, obteve-se o menor valor (66,1%), mesmo assim, não se descumpriram os índices inferiores a 60% de umidade do ar, inadequados à saúde humana.

Nos anos de 2009 a 2011, a velocidade do vento elevou-se 2,3 vezes, comparada à média geral de todos os anos, chegando a 2,8 m/s. As maiores diferenças encontradas entre os níveis de velocidade do vento, deram-se no ano de 2011, com a maior média (2,8m/s) e em 2016, com a menor média de (0,7m/s).

O coeficiente de correlação de Spearman mede o grau da correlação e a direção dessa correlação (positiva ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica. A correlação anual mostrou-se positiva e forte quando relacionadas temperatura e hospitalizações ($R=0,70$) e velocidade do vento e hospitalizações ($R=0,61$). No entanto, a correlação positiva mais forte foi entre o vento e a PM_{10} ($R=0,79$). A correlação entre a temperatura e a PM_{10} foi a de menor destaque ($R=0,16$).

Dentre as correlações mensais das variáveis meteorológicas, a de maior correlação positiva foi entre a temperatura e o vento ($R=0,42$) e entre a PM_{10} e as hospitalizações ($R=0,29$). As variáveis que apresentaram correlações negativas envolveram a temperatura e a PM_{10} , e entre a temperatura e as internações, respectivamente, ($R=-0,12$) e ($R=-0,04$), conforme os histogramas nas Figuras 3a e 3b.

DISCUSSÃO

É importante salientar que esta pesquisa foi inédita na Cidade de Nova Iguaçu, tendo a série temporal totalizado 12 anos, de análise da poluição do ar, de fatores meteorológicos, como o vento, a temperatura, a umidade do ar e as hospitalizações por causas cardíacas e pulmonares, investigando-as juntas e isoladamente, entre os anos de 2005 a 2016. Evidenciamos que as médias de PM_{10} em Nova Iguaçu estiveram em desacordo em todos os anos, comparado aos padrões ambientais internacionais como a OMS.

Os níveis médios anuais de PM_{10} em Nova Iguaçu mantiveram-se em 75,2 mg/m³, o que corresponde a 50% acima dos padrões internacionais (50 mg/m³), não existindo diferença entre as médias mensais e anuais de PM_{10} .

Os padrões de qualidade do ar (PQAR) brasileiros foram estabelecidos, inicialmente, pela Resolução do (CONAMA) nº 03/90, para os parâmetros de (PM_{10}) com valores médios anuais permitidos de até 150 mg/m³. A Resolução CONAMA Nº 491, publicada no Diário Oficial da União de 20/11/18, revogou a Resolução CONAMA nº 03/90, estabelecendo novos (PQAR)²⁰, com concentrações de PM_{10} de 50 mg/m³, podendo reduzir até 20 mg/m³. Esta nova resolução tomou como referência os valores de qualidade do ar recomendados pela OMS em 2005, que publicou novas diretrizes para a qualidade do ar (AQG – Air Quality Guidelines) baseadas em evidências acumuladas sobre os efeitos causados pela poluição do ar à saúde^{19,20}.

Totalizou-se 144 medidas mensais, representando cada mês, num período de doze anos, sendo incluídas as medidas com valores iguais a zero para todas as variáveis meteorológicas, exceto a de PM_{10} . Em meses específicos, observou-se altas concentrações, chegando a valores máximos de 142 mg/m^3 mês, o que corresponde, aproximadamente, a três vezes os padrões da OMS.

Nas últimas duas décadas, a urbanização no Brasil levou cerca de 90% da população a viver em áreas urbanas, expostas à níveis de poluição do ar que excedem os limites da OMS. De acordo com um estudo sobre qualidade do ar urbano, 98% das cidades, em países de baixa e média renda, com mais de 100 mil habitantes, não atendem as diretrizes de qualidade do ar da OMS^{21,22}. Metrôpoles como São Paulo, têm altos níveis de PM devido as grandes fontes de emissões que produzem efeitos importantes sobre a morbidade cardiopulmonar³.

Papadogeorgou et al.²³ pesquisando cidades do Canadá e dos Estados Unidos observou que a exposição, mesmo em níveis baixos de PM, esteve associada ao aumento das hospitalizações e da mortalidade cardiopulmonar, sugerindo uma revisão dos níveis ideais de poluentes no ar. Nayebare et al.²⁴ ao estudar a relação entre a exposição ao PM e as hospitalizações cardiopulmonares, verificou a predominância de internações por causas pulmonares entre a faixa etária de 0 a 14 anos, diferente da faixa etária acima de 30 anos, onde o predomínio foi de internações por causas cardíacas.

Observando o início da série histórica

no ano de 2005, evidenciou-se uma queda no número de hospitalizações pelas duas causas, ao longo de 12 anos até 2016. Exceto nos anos entre 2014 a 2016, o número de internações cardíacas esteve sempre abaixo do número de internações respiratórias em até 79%. A série histórica mostrou um padrão cíclico para as duas causas de hospitalizações, demonstrando que, quando as doenças respiratórias aumentavam as doenças cardíacas também e vice-versa.

Dezembro ficou caracterizado como o mês com menores taxas de hospitalizações e menores concentrações de PM_{10} . Quando correlacionados os 12 anos por meio das médias dos 12 meses percebemos que aumentos da PM_{10} também estavam relacionados com acréscimos de hospitalizações para ambas as causas, assim como, decréscimos de poluição do ar relacionaram-se à reduções do número de hospitalizações (Figura 2). Além dos poluentes, outras variáveis meteorológicas contribuíram diretamente para o número de hospitalizações, como a temperatura, a umidade relativa e o vento. De acordo com Bakonyia et al.²⁵, a incidência de doenças respiratórias aumenta a partir da queda da temperatura e do aumento de poluentes. Em Nova Iguaçu, as concentrações de PM_{10} e hospitalizações relacionaram-se em períodos sazonais com elevações, tendo sua máxima entre os meses de março a junho (Figura 2).

Em estudo com modelos lineares de estimativa da concentração de PM_{10} , realizado na Cidade do Rio de Janeiro, os elementos meteorológicos tiveram correlação negativa com a PM_{10} , com exceção da velocidade do

vento que corroborou com esse estudo e mostrou correlação positiva e forte ($R=0,79$) entre a PM_{10} e o vento. No estudo de Liu *et al.*²⁶, o aumento da temperatura teve correlação entre a PM_{10} e a mortalidade. Em nosso estudo a correlação entre a temperatura e a PM_{10} foi positiva e fraca ($R=0,16$) e forte entre a temperatura e as hospitalizações ($R=0,70$). Num estudo realizado por Freitas foi observado que os níveis de PM_{10} estiveram inversamente associados à temperatura e à umidade do ar²⁶, respectivamente, ($R=0,16$) e ($R=0,17$), o que difere de nossos achados.

Ao longo da série, a temperatura em Nova Iguaçu apresentou uma diminuição de até $2,3^{\circ}C$, a umidade demonstrou uma queda de $7,4\%$ e o vento uma diminuição de $0,7$ m/s, no período de 12 anos.

Assim, como em diversos trabalhos de poluição do ar, a escassez de dados como os de PM_{10} se deram em períodos diversificados nos 12 anos, totalizando uma perda de 30 medidas, ocasionadas por falha no sistema ou de manutenção do equipamento de medição²⁷.

A monitorização da poluição do ar da Cidade de Nova Iguaçu¹⁶, utilizando um único poluente, pode ser insuficiente para atribuir um dentre vários efeitos deletérios na saúde²⁸. Desta forma, é necessário conhecimento mais preciso que relacione não só outros poluentes como também outras variáveis que impactam na saúde humana.

Estudos de coortes retrospectivos

fortalecem achados epidemiológicos, especialmente, quando observam variáveis correlacionáveis, como a poluição do ar e de doenças cardiopulmonares, este modelo, também, pode ser aplicado em outras cidades para o acompanhamento da qualidade do ar e de desfechos sobre a saúde.

CONCLUSÃO

A qualidade do ar em Nova Iguaçu esteve em desconformidade, excedendo valores em até três vezes os padrões permitidos pelos órgãos ambientais internacionais, porém, a cidade apresentou uma importante redução na concentração de PM_{10} e no número de hospitalizações por ambas as causas, ao longo de 12 anos. As hospitalizações por doenças pulmonares foram duas vezes maiores que as doenças cardíacas, existindo uma correlação positiva entre o aumento da PM_{10} e as hospitalizações por causas cardiopulmonares, nas médias mensais.

Dentre as políticas de saúde pública que ajudariam na redução dos impactos da poluição do ar nas cidades, destacam-se o desenvolvimento ambiental urbano sustentável e uma ampla rede de monitoramento ambiental, em áreas e horários reconhecidamente críticos de moradia e lazer. Estas simples medidas podem minimizar as taxas de hospitalizações e os gastos com tratamento.

REFERÊNCIAS

- Gonçalves CMC, Souza GPL. Direito, saúde e meio ambiente. 22ª ed. Curitiba: Editora Juruá, 2014; p. 1-260.
- Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *PNAS*. 2018; 115 (38):9592-7.
- Barcellos C, Monteiro AM, Corvalán C, Gurgel HC, Carvalho MS, Artaxo P, et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde*. 2009;18(3):285-304.
- Pothirat C, Chaiwong W, Liwsrisakun C, Bumroongkit C, Deesomchok A, Theerakittikul T, et al. Acute effects of air pollutants on daily mortality and hospitalizations due to cardiovascular and respiratory diseases. *Journal of Thoracic Disease*. 2019;11(7):3070-3083.
- Gouveia N, Corrallo FP, Leon ACP, Junger W, Freitas CU. Air pollution and hospitalizations in the largest Brazilian metropolis. *Rev. Saúde Pública*. 2017;51(117):1-10.
- Negrete BR, Rosa CC, Ikeuti DH, Delena PJ, Borba TM, Braga ALF. Poluição atmosférica e internações por insuficiência cardíaca congestiva em adultos e idosos em Santo André (SP). *Arq. Bras. Ciências Saúde*. 2010; 35(3):208-812.
- Minister of Ministry of Environmental Protection, the People's Republic of China. The 2016 Report on the State of the Environment in China is hereby announced in accordance with the Environmental Protection Law of the People's Republic of China. 2017.
- Huang RJ, Zhang Y, Bozzetti C, Ho KF, Cao JJ, Han Y, et al. High secondary aerosol contribution to particulate pollution during haze events in China. *Nature*. 2014; 514(7521):218-22.
- Ren L, Yang W, Bai Z. Characteristics of Major Air Pollutants in China. *Adv Exp Med Biol*. 2017; 1017:7-26.
- Coelho MSZS, Gonçalves FLT, Latorre MRDO. Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo. Tese (Doutorado) – São Paulo: Universidade de São Paulo. 2007. 195p.
- Gavinier S, Nascimento CFL. Poluentes atmosféricos e internações por acidente vascular encefálico. *Rev. Ambiente Água*. 2014; 9(3):390-401.
- Jasinski R, Pereira LAA, Braga ALF. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. *Cad. Saúde Pública*. 2011; 27(11):2242-2252.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). População no último censo. Nova Iguaçu. 2018.
- Beck H, Zimmermann N, McVicar T, Vergopolan N, Berg A, Wood EF. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* 5, 2018; 180214.
- Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN/RJ). Governo do Estado do Rio de Janeiro. Estatística da frota por tipo de veículo. 2019.
- Moura PH.; Santos, DWL; Moreno, AM.; Sobreira, PGP; Silva, FP.; Maia, LFPG. Análise da qualidade do ar e fatores meteorológicos na cidade de Nova Iguaçu (Rio de Janeiro - Brasil) entre os anos de 2000 a 2016. *Rev Bras Meio Ambiente*. 2020; 8(1):87-99.
- Martins EM, Fortes JDN, Ribeiro GP, Pereira MFM. Utilização de Sistema de Informação Geográfica como ferramenta para gestão do monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Eng. Sanit. Ambient*. 2014;19(spe):43-50.
- Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Gerencia de qualidade do ar (GEAR). Relatório da qualidade do ar do estado do Rio de Janeiro: ano base 2015. Rio de Janeiro. 2016.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo: 2016. São Paulo. 2017.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 491/18 de 20 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. 2018.
- De Souza, FT. Morbidity Forecast in Cities: A Study of Urban Air Pollution and Respiratory Diseases in the Metropolitan Region of Curitiba, Brazil. *J Urban Health*. 2019; 96:591-604.
- Martins LC, Latorre MRDO, Saldiva PPHN, Braga ALF. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. *Rev. Bras. Epidemiol*. 2001;4(3):220-299.

23. Papadogeorgou G, Kioumourtzoglou MA, Braun D, Zanobetti A. Low Levels of Air Pollution and Health: Effect Estimates, Methodological Challenges, and Future Directions. *Curr Environ Health Rep.* 2019; 6(3):105–115.
24. Nayebare SR, Aburizaiza OS, Siddique A, Carpenter DO, Zeb J, Aburizaiza AJ, et al. Association of fine particulate air pollution with cardiopulmonary morbidity in Western Coast of Saudi Arabia. *Saudi Med Journal.* 2017; 38(9):905-912.
- 25- Bakonyia SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Rev Saúde Pública.* 2014; 38(5):696-700.
26. Liu Y, Chen X, Huang S, Tian L, Lu Y, Mei Y, et al. Association between Air Pollutants and Cardiovascular Disease Mortality in Wuhan, China. *Int J Environ Res Public Health.* 2015;12 (4):3506-16.
27. Gouveia N, Mendonça GAS, Leon AP, Correia JEM, Junger WL, Freitas CU, et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiol. Serv. Saúde.* 2003;12(1):29-40.
28. Freitas CU, Junger W, Leon ACP, Gouveia N. Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. *Epidemiol. Serv. Saúde.* 2013;22(3):445-54.

CORRESPONDÊNCIA

Paulo Henrique de Moura

Rua Pontal do Sul, nº 75 - Jardim da Viga

CEP: 26013-350 - Nova Iguaçu (RJ), Brasil

E-mail: phenriqmoura@ig.com.br