

MORTALIDADE CARDIOVASCULAR RELACIONADA À POLUIÇÃO DO AR E FATORES SOCIOECONÔMICOS NO RIO DE JANEIRO, 2001 A 2015

CARDIOVASCULAR MORTALITY RELATED TO AIR POLLUTION AND SOCIOECONOMIC FACTORS IN RIO DE JANEIRO, 2001 TO 2015

Paulo Henrique de Moura

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação em Cardiologia, RJ, Brasil
paulohdemoura@gmail.com

Daniel Wurzler Barreto

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em pós graduação em Estatística e Matemática, RJ, Brasil
daniwbarreto@gmail.com

Paulo Henrique Godoy

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Escola de Medicina e Cirurgia, RJ, Brasil
paulo.godoy@unirio.br

Lúcia Helena Alvares Salis

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação em Cardiologia, RJ, Brasil
lusalis3@gmail.com

Marina Silva Paez

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em pós graduação em Estatística e Matemática, RJ, Brasil
marina@im.ufrj.br

Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Meteorologia do Instituto de Geociências, RJ, Brasil
luizmaia@lepa.ufrj.br

Nelson Albuquerque de Souza e Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação em Cardiologia, RJ, Brasil
nsouzaesilva@gmail.com

RESUMO

O objetivo é correlacionar a qualidade do ar nos 23 Bairros do Município do Rio de Janeiro (BMRJ) com a mortalidade por Doenças do Aparelho Circulatório (DAC) e fatores socioeconômicos, a partir de um estudo de série temporal, utilizando dados do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) de Material Particulado (MP_{2,5}), e de óbitos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) entre 2001 e 2015. Utilizou-se o modelo de regressão linear múltipla para análise entre o MP_{2,5}, mortalidade por DAC e as variáveis socioeconômicas (sexo, idade, escolaridade e Índice de Desenvolvimento Humano). As concentrações de MP_{2,5} excederam os padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução nº 506/2024, de 05 de julho de 2024. Em 82,6% das unidades dos BMRJ analisadas, os valores excederam o Padrão Intermediário-4 (PI-4). Destas, 43,5% superaram o limite do Padrão Intermediário-2 (PI-2) com valores até 388% acima do definido pelo Padrão Final (PF). Em 69,5% dos bairros a taxa de mortalidade por DAC foi $\geq 4,0$ por 1.000/hab. A análise de regressão para o efeito do MP_{2,5} na mortalidade por DAC foi ($R^2= 0,402$ com $p<0,001$), para as variáveis de escolaridade ($R^2= 0,388$, $p< 0,001$) e IDH ($R^2= 0,260$, $p< 0,007$). A relação entre o IDH e MP_{2,5} foi inversa ($R_2= -0,259$ com $p=0,007$). Os bairros com maiores concentrações de MP_{2,5} são os de menores IDHs. As concentrações de MP_{2,5} nos BMRJ, alcançaram percentuais de 144% superiores as normas vigentes no período do estudo, demonstrando relação positiva do MP_{2,5} com a mortalidade por DAC e relação inversa com os fatores socioeconômicos.

Palavras-chave: Poluição do ar. Mortalidade. Doenças do aparelho circulatório. Desigualdade social. Injustiça social.

ABSTRACT

The objective of this study is to correlate air quality across 23 neighborhoods in the Municipality of Rio de Janeiro (NMRJ) with mortality from Diseases of the Circulatory System (DCS) and socioeconomic factors. Conducted as a time-series study, it utilizes Particulate Matter (PM_{2.5}) data from the State Environmental Institute (INEA) and mortality records from the Department of Informatics of the Unified Health System (DATASUS) between 2001 and 2015. A multiple linear regression model was employed to analyze the relationship between PM_{2.5}, DCS mortality, and socioeconomic variables (sex, age, education, and Human Development Index). PM_{2.5} concentrations exceeded the air quality standards established by the National Environmental Council (CONAMA) in Resolution No. 506/2024. In 82.6% of the NMRJ units analyzed, levels exceeded the Intermediate Standard-4 (PI-4). Of these, 43.5% surpassed the Intermediate Standard-2 (PI-2) limit, with values reaching up to 388% above the Final Standard (PF). In 69.5% of the neighborhoods, the DCS mortality rate was ≥ 4.0 per 1,000 inhabitants. Regression analysis for the effect of PM_{2.5} on DCS mortality yielded $R^2 = 0.402$ ($p < 0.001$), while education and HDI showed $R^2 = 0.388$ ($p < 0.001$) and $R^2 = 0.260$ ($p < 0.007$), respectively. An inverse relationship was observed between HDI and PM_{2.5} ($R^2 = -0.259$, $p = 0.007$), indicating that neighborhoods with higher PM_{2.5} concentrations correspond to those with lower HDIs. PM_{2.5} concentrations in the BMRJ reached levels 144% higher than the regulations in force during the study period, demonstrating a positive correlation between PM_{2.5} and DCS mortality and an inverse relationship with socioeconomic factors.

Keywords: Air pollution. Mortality. Diseases of the circulatory system. Social inequality. Social injustice.

INTRODUÇÃO

O número total de mortes no mundo, no ano de 2023 foi de 60 milhões de indivíduos. Destas, 18,5 milhões foram classificadas como mortes por Doenças do Aparelho Circulatório (DAC) sendo 3/4 delas ocorrendo em países de baixa e média renda (GBD, 2023; Ritchie; Roser, 2021).

A taxa de mortalidade por DAC no mundo, em 2021, foi de 239,8 por 100 mil/hab., e no Brasil 175,6 por 100 mil/hab. (Ritchie; Roser, 2021; Roser; Ritchie, 2020). No município do Rio de Janeiro (MRJ), em 2019, a taxa de óbitos das DAC foi de 253,2 para 100 mil/hab., representando a maior causa de morte, seguida pelas neoplasias e doenças pulmonares (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

A maioria desses óbitos são mortes precoces, que poderiam ser evitadas com intervenções para controlar fatores de risco, como: alterações fisiológicas (hipertensão arterial, hiperglicemia, dislipidemias), comportamentos sociais (tabagismo, excesso de bebidas alcoólicas) e alterações ambientais como a poluição do ar (Luiz; Struchiner, 2002; Santos; Arbigaus, 2019). Esses fatores estão ligados à expansão econômica concentradora de riquezas, que aumenta a desigualdade social (OPAS, 2023; Gonçalves; Rodrigues, Ribeiro, 2023).

Em 2021, o Brasil ocupou a nona posição entre os países com maior taxa de mortalidade associada à poluição do ar (28,1/100 mil hab.) na América do Sul (Ritchie; Roser, 2021; IHME, 2024). Em 2019 a Organização Mundial da Saúde (OMS) atribuiu à poluição do ar mais de 6,6 milhões de mortes (11,6% do total global), colocando-a como o 3º maior fator de risco, com impacto três vezes maior que o número de mortes por AIDS e oito vezes maior que homicídios (Roser; Ritchie, 2020; GBD 2017; Ritchie; Roser, 2020). A OMS alerta que a alta exposição a poluentes do ar reduz a expectativa de vida, especialmente em países de baixa renda, destacando a forte relação entre poluição e fatores socioeconômicos (US EPA, 2009; WHO, 2021).

Os estudos ambientais que associam a poluição do ar com fatores socioeconômicos e mortes por DAC em municípios e estados brasileiros são escassos, e merecem uma abordagem multifatorial devido a sua complexidade. Além do MP_{2.5}, o ozônio (O₃), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Dióxido de Enxofre (SO₂) e o Monóxido de Carbono (CO), também impactam nos óbitos e internações hospitalares.

O material particulado fino (MP_{2.5}) destaca-se como o poluente de maior impacto cardiovascular devido ao seu reduzido diâmetro aerodinâmico (2,5µm), o qual viabiliza a transposição da barreira alveolar e o

acesso direto à circulação sistêmica. Esse processo desencadeia estresse oxidativo, inflamação e disfunção endotelial, mecanismos centrais na patogênese de arritmias, eventos trombóticos e aterosclerose. O potencial lesivo é intensificado pela adsorção de metais pesados e hidrocarbonetos à superfície das partículas. Conseqüentemente, evidências epidemiológicas correlacionam aumentos moderados na concentração de MP_{2,5}, mesmo em níveis inferiores aos de outros poluentes incrementando a morbimortalidade cardiovascular aguda e crônica.

O objetivo do estudo é descrever a qualidade do ar por meio das concentrações de Material Particulado (MP_{2,5}) nos Bairros do Município do Rio de Janeiro (BMRJ) e estimar sua correlação com a mortalidade por DAC em indivíduos com idade ≥ 20 anos, estratificada por sexo, idade e escolaridade e IDH, no período de 2001 a 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo retrospectivo, de análise de dados espaço-temporal, a partir de bases de dados públicos. O poluente analisado foi o Material Particulado (MP) com diâmetro menor ou igual a 2,5 µm (MP_{2,5}).

Coleta dados

As informações referentes à qualidade do ar foram extraídas das bases do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), de estações fixas semiautomáticas instaladas pelo INEA em 23 localizações estratégicas de BMRJ, no período de 2001 a 2015.

Os bairros com registros de MP_{2,5} disponíveis para análise foram: Bangu, Caju, Centro, Cidade de Deus, Copacabana, Engenho de Dentro, Lagoa, Maracanã, Ramos, Recreio dos Bandeirantes e Urca. Outros bairros como Benfica, Bonsucesso, Botafogo, Campo dos Afonsos, Deodoro, Gamboa, Leblon, Realengo, Santa Tereza, São Cristóvão, Sumaré e Tijuca registram concentrações de MP₁₀ e PTS, sendo necessário estimar os valores de MP_{2,5} para estas estações. Foi assumida uma relação de proporcionalidade entre o nível médio dos três tipos de poluentes para uma mesma estação, optando-se pelo modelo de regressão linear simples sem intercepto para obtenção das estimativas do nível médio de MP_{2,5} para os bairros sem observação deste particulado. Nas estações com registros das concentrações de MP₁₀ ou de PTS, realizou-se um ajuste descrito para cada um destes dois poluentes, tendo como modelo da equação:

$$M_0: Y_i = \beta x_i + \varepsilon_i \text{ e } \varepsilon_i \sim \text{Normal}(0, \sigma^2) \quad (1)$$

onde Y_i representa o nível médio de MP_{2,5}, x_i o nível médio de MP₁₀ ou PTS (a depender do ajuste), β o fator de conversão entre os dois poluentes e ε_i são erros de observação assumidos independentes.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), atualizou suas recomendações em 2024 adotando Padrão Final (PF) anual da OMS com concentrações médias anuais de MP_{2,5} < 5 µg/m³ (CONAMA, 2024; OMS, 2021).

Os dados de mortalidade foram obtidos do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), por meio do código CID-10 (I00-I99), para DAC (Capítulo IX), considerando a causa básica e as linhas A, B, C, D e linha II, nas Declarações de óbitos (DO), no período de 2001 a 2015, para indivíduos com idade ≥ 20 anos, residentes nos 23 BMRJ.

Foram excluídos os óbitos sem registros do local de residência ou ocorridos no MRJ, mas com local de residência fora do MRJ.

As variáveis analisadas foram: número de óbitos por DAC, sexo (masculino e feminino) e faixa etária (20 a 59 anos, 60 a 69 anos e ≥ 70 anos).

Os indicadores socioeconômicos utilizados foram: Estado civil, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e escolaridade, referentes ao Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2019).

O estado civil foi classificado em: solteiro, união estável ou viúvo.

A escolaridade foi classificada, de acordo com os anos de estudo, em: sem instrução, 1 a 7 anos, 8 a 11 anos e 12 anos ou mais de estudo.

O IDH classifica os bairros em muito baixo ($\leq 0,499$), baixo (0,500 a 0,599), médio (0,600 a 0,699), alto (0,700 a 0,799) e muito alto ($\geq 0,800$). No entanto, agrupamos os BMRJ em apenas três faixas de acordo com o IDH, dividindo a categoria muito alto em dois subgrupos, dividindo o primeiro grupo formado por 08 bairros com IDH $\geq 0,900$: Sumaré, Tijuca, Maracanã, Botafogo, Urca, Copacabana, Lagoa e Leblon. O segundo grupo, com IDH entre 0,800 e 0,899, formado por 11 bairros: Benfica, São Cristóvão, Realengo, Tijuca, Campo dos Afonsos, Deodoro, Engenho de Dentro, Ramos, Bonsucesso, Santa Teresa, Centro e Recreio. O terceiro grupo formado por 04 bairros com IDH $\leq 0,799$: Cidade de Deus, Caju, Gamboa e Bangu.

A estimação da população por bairro ≥ 20 anos de idade, tomou como referência os anos censitários de 2000 e 2010, sendo utilizada uma interpolação polinomial de 1º grau para a obtenção dos habitantes (hab.) nos anos intercensitários de 2001 até 2015. A contagem populacional utilizou a data de referência de zero hora do dia 1º de agosto de 2010 (IBGE, 2013).

Os dados de qualidade do ar para concentração de $MP_{2,5}$ expressa em $\mu g/m^3$, DAC ≥ 20 anos de idade e IDH foram georreferenciados por BMRJ.

Análise estatística

A variável $MP_{2,5}$ foi expressa pela média estimada das concentrações desse poluente (em $\mu g/m^3$) em todos os anos estudados por BMRJ.

Os dados demográficos dos óbitos por DAC ≥ 20 anos de idade nos 23 BMRJ de 2001 a 2015 foram expressos em números absolutos, incluindo a média de idade dos óbitos por DAC ≥ 20 anos, e a mortalidade proporcional ≥ 20 anos calculada pelo número de óbitos por DAC ≥ 20 anos de 2001 a 2015, dividido pelo número total de óbitos por todas as causas em 15 anos.

Para cada bairro, foram calculadas as médias das médias anuais das concentrações de $MP_{2,5}$ em 15 anos. Para as variáveis numéricas contínuas de mortalidade por DAC, foram estimadas as taxas de mortalidade anuais por 1.000 hab. e calculadas as médias das taxas anuais por bairro, no período. A taxa de mortalidade anual por DAC por bairro foi calculada pelo número de óbitos por DAC/ano em indivíduos ≥ 20 anos de idade dividido pela população do bairro/ano, estratificada por faixa etária, a partir de uma média ponderada das taxas de mortalidade por DAC para uma distribuição etária fixada e multiplicada por 1.000 (taxa ajustada), e para obtenção das taxas de mortalidade por DAC em 15 anos por bairro, obteve-se as médias dos óbitos por DAC ≥ 20 anos de idade dividido pelas médias de habitantes por bairro ≥ 20 anos de idade. Optou-se por utilizar como distribuição etária padrão a média das distribuições etárias de cada bairro.

Para analisar as relações entre concentrações de $MP_{2,5}$, mortalidade por DAC ≥ 20 anos, sexo, faixa etária, escolaridade e IDH, utilizou-se o modelo de regressão linear múltipla com significância de 5%, excluindo o bairro de Campo dos Afonsos devido ao baixo número de óbitos.

A mortalidade por DAC avaliada por escolaridade e faixa etária, considerou a exposição dos indivíduos com base nos óbitos, como proxy para dados populacionais análoga à taxa de mortalidade. A análise enfrentou limitações devido ao número reduzido de observações no espaço, dificultando a atribuição do efeito de $MP_{2,5}$ à mortalidade em relação às variáveis socioeconômicas. Para contornar isso, empregou-se regressão múltipla, incluindo variáveis socioeconômicas individualmente, com $MP_{2,5}$ como variável preditora e mortalidade como resposta.

Para relação entre $MP_{2,5}$ e mortalidade por DAC usou-se o modelo 1, dado por

$$M_1 Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i, \quad (1)$$

onde Y_i representa a taxa de mortalidade por DAC com padronização por idade do bairro i , x_i representa o nível médio de $MP_{2,5}$ estimado entre os anos de 2001 e 2015 para o bairro i .

Para relação entre $MP_{2,5}$, mortalidade por DAC e sexo utilizou-se o modelo 2, dado por

$$M_2 Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{1ij} + \beta_2 X_{2ij} + \beta_3 X_{3ij} + \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

onde Y_{ij} representa o logaritmo da taxa de mortalidade por DAC padronizada por idade do bairro i para o grupo j , x_{1ij} representa o nível médio de $MP_{2,5}$ estimado entre os anos de 2001 e 2015 para o bairro i , x_{2ij} representa a variável indicadora que vale 1 se j for masculino e 0 caso contrário, x_{3ij} representa o produto entre x_{1ij} e x_{2ij} , e ε_{ij} representa um ruído aleatório normal independente com média 0 e variância σ^2 desconhecidos associado ao bairro i e ao grupo j .

Para relação entre $MP_{2,5}$ e mortalidade por DAC e níveis de escolaridade utilizou-se o modelo 3, dado por

$$M_3: Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_{1ij} + \beta_2 x_{2ij} + \beta_3 x_{3ij} + \beta_4 x_{4ij} + \beta_5 x_{5ij} + \beta_6 x_{6ij} + \beta_7 x_{7ij} + \varepsilon_{ij}, \quad (3)$$

onde Y_{ij} representa o índice de mortalidade por DAC padronizado por idade do bairro i para o grupo j , x_{1ij} representa o nível médio de $MP_{2,5}$ estimado entre os anos de 2001 e 2015 para o bairro i , x_{2ij} representa a variável indicadora que vale 1 se j for 1 a 7 anos e 0 caso contrário, x_{3ij} representa a variável indicadora que vale 1 se j for 8 a 11 anos e 0 caso contrário, x_{4ij} representa a variável indicadora que vale 1 se j for 12 anos ou mais e 0 caso contrário, x_{5ij} representa o produto entre x_{1ij} e x_{2ij} , x_{6ij} representa o produto entre x_{1ij} e x_{3ij} , x_{7ij} representa o produto entre x_{1ij} e x_{4ij} , e ε_{ij} representa um ruído aleatório normal independente com média 0 e variância σ^2 desconhecida associado ao bairro i e ao grupo j .

Para relação entre $MP_{2,5}$ e mortalidade por DAC e faixa etária utilizou-se o modelo 4, dado por

$$M_4: Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_{1ij} + \beta_2 x_{2ij} + \beta_3 x_{3ij} + \beta_4 x_{4ij} + \beta_5 x_{5ij} + \varepsilon_{ij}, \quad (4)$$

onde Y_{ij} representa o logaritmo da taxa de mortalidade por DAC padronizada por idade do bairro i para o grupo j , x_{1ij} representa o nível médio de $MP_{2,5}$ estimado entre os anos de 2001 e 2015 para o bairro i , x_{2ij} representa a variável indicadora que vale 1 se j for 50 a 69 anos e 0 caso contrário, x_{3ij} representa a variável indicadora que vale 1 se j for 70 anos ou mais e 0 caso contrário, x_{4ij} representa o produto entre x_{1ij} e x_{2ij} , x_{5ij} representa o produto entre x_{1ij} e x_{3ij} , ε_{ij} representa um ruído aleatório normal independente com média 0 e variância σ^2 desconhecida associado ao bairro i e ao grupo j .

O modelo 5, utilizado para relação entre $MP_{2,5}$ e IDH, foi

$$M_5: Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad (5)$$

onde Y_i representa o IDH do bairro i , β_0 é o intercepto e β_1 o coeficiente das variáveis a serem estimados, x_i representa o nível médio de $MP_{2,5}$ estimado entre os anos de 2000 e 2015 para o bairro i e ε_i representa um ruído aleatório normal independente com média 0 e variância σ^2 , desconhecido associado ao bairro i .

As análises estatísticas e representações gráficas foram feitas utilizando o software R Studio®.

Aspectos Éticos

Todos os dados do estudo foram extraídos de banco de dados secundários e de domínio público, não envolvendo identificação dos seres humanos na pesquisa, entretanto houve aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), nº 86518218.4.0000.5257.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a distribuição por BMRJ dos dados demográficos da população ≥ 20 anos de idade: média de habitantes, total de óbitos por DAC, média da idade e a mortalidade proporcional desses óbitos.

O número total de óbitos por DAC em indivíduos com idade ≥ 20 anos nos 23 bairros, em 15 anos, foi de 81.599, representando 45% de todas as causas de óbitos, com mediana de 2.037 óbitos por bairro. Bangu, Tijuca, Realengo e Copacabana foram os bairros com maior número de habitantes, e Campo dos Afonsos o menor. A mortalidade proporcional por DAC com idade ≥ 20 anos variou de 0,385 em Campo dos Afonsos, a 0,492 no Maracanã. Essa variação da amplitude de mortalidade proporcional por DAC em Campo dos Afonsos e Maracanã demonstra uma heterogeneidade intraurbana que supera inclusive médias de grandes capitais brasileiras, tradicionalmente situadas entre 28% e 35% em cenários de transição epidemiológica, como em Curitiba e Porto Alegre (Oliveira et al., 2024). O indicador extremo do Maracanã (0,492) não apenas destoia do padrão nacional, mas sugere um perfil demográfico envelhecido onde as doenças crônicas assumem protagonismo quase absoluto, em detrimento de causas externas ou

infecciosas. Essa magnitude torna-se ainda mais relevante quando contrastada com municípios periféricos de regiões metropolitanas, onde a mortalidade proporcional por DAC tende a ser estatisticamente diluída pela competição com óbitos precoces por violência e agravos infectocontagiosos (Malta et al., 2025). Assim, a discrepância entre os bairros cariocas reflete menos uma variação biológica e mais as desigualdades socioespaciais, onde áreas como o Maracanã apresentam padrões de morbimortalidade de "primeiro mundo" coexistindo com territórios que, embora geograficamente próximos, ainda enfrentam uma tripla carga de doenças.

A média da idade dos óbitos por DAC, nos indivíduos ≥ 20 anos de idade, nos 23 BMRJ foi de 73,4 anos. Lagoa e Leblon apresentaram médias de idade dos óbitos de 80,3 e 80,1 anos respectivamente. Cidade de Deus teve a menor média de idade dos óbitos, 67,7 anos, ou seja, 13 anos mais precoce que Lagoa e Leblon. Ressalte-se que cinco bairros (Cidade de Deus, Gamboa, Benfica, Bangu e Bonsucesso) tiveram médias de idade de óbitos 10 anos ou mais precoces que a média de idade dos óbitos dos habitantes de Lagoa e Leblon (tabela 1).

Tabela 1 – Dados demográficos e dos óbitos por DAC em indivíduos com idade ≥ 20 anos, por BMRJ de 2001 a 2015

Demografia dos bairros		Óbitos por DAC		
Bairro	Média hab. ≥ 20 anos	Nº Total de óbitos ≥ 20 anos	Média de idade	Mort. Prop. ≥ 20 anos
Benfica	18.112	1.446	68,5	0,420
Bonsucesso	14.581	2.907	69,8	0,415
Botafogo	68.967	4.723	77,8	0,470
Caju	13.732	951	72,2	0,426
C. dos Afonsos	860	30	70,2	0,385
Centro	34.815	3.146	72,8	0,427
Cidade de Deus	24.025	1.999	67,7	0,436
Copacabana	126.512	12.753	79,2	0,487
Bangu	170.855	10.946	69,1	0,409
Eng. Dentro	35.008	2.952	73,3	0,471
Gamboa	8.985	276	67,9	0,409
Deodoro	17.603	1.461	70,8	0,443
Recreio	61.368	2.037	73,1	0,428
Lagoa	17.422	705	80,3	0,454
Leblon	38.884	2.888	80,1	0,479
Ramos	30.949	3.330	71,5	0,442
Realengo	128.265	8.911	70,0	0,421
Santa Teresa	31.163	1.823	73,0	0,437
São Cristóvão	20.483	2.743	72,2	0,453
Sumaré	6.946	609	72,8	0,452
Tijuca	132.931	13.929	77,9	0,485
Maracanã	21.119	721	78,1	0,492
Urca	5.520	313	79,4	0,450
Total	1.009.794	81.599	-	-
Mediana	24.025	2.037	-	-
Média	44.744	3.548	73,4	-

Média de habitantes ≥ 20 anos= média estimada dos moradores por bairro ≥ 20 anos tomando como referência o censo 2000 e 2010. *Nº óbitos ≥ 20 anos= número de óbitos por DAC entre os anos de 2001 a 2015. Mort. prop. ≥ 20 anos = Mortalidade proporcional (nº de óbitos por DAC ≥ 20 anos, entre 2001 a 2015, dividido pelo nº total de óbitos por todas as causas em 15 anos).

Fonte: IBGE 2000 e 2010 - Censo demográfico dos bairros.

A Tabela 2 mostra o número de óbitos por faixa etária ≥ 20 anos, por sexo e estado civil e escolaridade.

Do total de 80.545 óbitos com registro de estado civil, 54,2% eram mulheres. Entre elas, 52,3% eram viúvas e apenas 19,1% estavam em união estável. Já entre os homens, 55,6% estavam em união estável e apenas 16,7% eram viúvos. Na faixa etária ≥ 70 anos, 86% das mulheres eram viúvas ou solteiras, enquanto 59% dos homens estavam em união estável e 41% eram viúvos ou solteiros.

Do total de 71.279 óbitos com registro de escolaridade, observa-se que 53,9 % eram do sexo feminino. Entre as mulheres, 62% dos óbitos apresentavam nenhuma escolaridade ou até 7 anos de escolaridade e apenas 15% tinham escolaridade ≥ 12 anos. Entre os homens 48,5% dos óbitos tinham nenhuma ou até 7 anos de escolaridade e 28% com escolaridade ≥ 12 anos.

Entre os óbitos de mulheres ≥ 70 anos (40% do total), 61,6% tinham nenhuma ou até 7 anos de escolaridade, e apenas 14,9% possuíam 12 anos ou mais de estudo. Já entre os homens ≥ 70 anos (27,6% do total), 45,5% tinham nenhuma ou até 7 anos de escolaridade, enquanto 31,9% possuíam 12 anos ou mais de estudo.

Na faixa etária ≥ 20 a 49 anos, não há diferenças significativas entre os sexos em relação ao estado civil ou escolaridade dos falecidos. Já entre os óbitos com idade ≥ 70 anos, as mulheres tendem a falecer sem companheiro e com menor escolaridade em comparação aos homens.

Até 7 anos de escolaridade tem-se 60% de mulheres e 40% de homens. Entre 8 anos e 11 anos de escolaridade tem-se 46,4 % de homens e 53,6 % de mulheres e ≥ 12 anos de escolaridade tem-se 61,6 % de homens e 38,4% de mulheres.

Os homens falecem em idade menor que a de mulheres deixando as mulheres viúvas ou solteiras, e falecem, em geral, ainda em união estável e as mulheres, em geral, sem companheiros. Embora o total de óbitos seja maior entre mulheres, essa predominância ocorre na faixa etária ≥ 70 anos. Já na faixa de 50 a 69 anos, os óbitos são mais frequentes entre homens, deixando as mulheres viúvas, que tendem a falecer em idades mais avançadas.

A tabela 3 mostra os valores de três variáveis principais estudadas durante 15 anos em cada um dos 23 BMRJ: a média de 15 anos das médias anuais da concentração de $MP_{2,5}$, a média das taxas de mortalidade por DAC anuais expressa pelo número de óbitos por 1.000 hab. com idade ≥ 20 anos e o IDH.

Na tabela 3, cada bairro está identificado pelo nome e cada variável está ordenada do maior para o menor valor. Nas duas primeiras colunas as cores identificam faixas ou intervalos desses valores: cor vermelha faixa de valores mais altos (maiores concentrações de $MP_{2,5}$ e maiores taxas de mortalidade por DAC com idade ≥ 20 anos), faixa amarela de valores médios e faixa verde de valores mais baixos. Na última coluna (IDH) a cor verde identifica os valores mais altos (melhores condições de vida) e a vermelha identifica os valores mais baixos (piores condições de vida).

Na coluna que indica a concentração de $MP_{2,5}$, identificamos diferenças importantes entre os bairros variando entre 3% e 140% acima dos padrões de qualidade do ar anuais definidos pelo CONAMA (CONAMA, 2024), considerando o PI-4 anual de $10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, assim como nenhum bairro apresentou média de concentração anual de $MP_{2,5} \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme padrão atual da OMS. Valores acima $10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foram encontrados em 82,6% dos bairros. Em 8 bairros (34,8% do total), destacados na cor vermelha, a média da concentração anual de $MP_{2,5}$ esteve acima de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nos 11 bairros (47,8% do total) de cor amarela, o valor de $MP_{2,5}$ esteve entre 10 e $14,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Somente em 4 bairros (17,4% do total), na cor verde, a concentração média das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ nos 15 anos estudados foi $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na coluna que indica as taxas de mortalidade por DAC com idade ≥ 20 anos, se nota também grande variação entre os bairros: de 1,8 até 9,2 óbitos / 1.000 hab. As maiores taxas de mortalidade por DAC ($\geq 5,0$) foram observadas em 13 bairros (56,6%) representados na cor vermelha. Nos 3 bairros de cor amarela (13,0%) a mortalidade por DAC foi entre 4,0 e 4,9 óbitos por 1.000 hab ≥ 20 anos). As taxas de mortalidade por DAC mais baixas, entre 1,8 e 3,9 óbitos por 1.000 hab ≥ 20 anos, foram observadas em 07 bairros (30,4%) na cor verde. Portanto a variação de mortalidade entre os bairros com maior mortalidade (São Cristóvão e Bonsucesso) e de menor mortalidade (Campos dos Afonsos e Maracanã) é de 4 vezes.

Tabela 2 – Óbitos por DAC em indivíduos ≥ 20 anos, segundo sexo, faixa etária, estado civil e escolaridade, nos BMRJ, de 2001 a 2015

FAIXAS DE IDADE									
Sexo	20 a 49 anos		50 a 69 anos		≥70 anos		TOTAL Masc nº (%)	TOTAL Fem nº (%)	TOTAL geral nº (%)
	Masc nº (%)	Fem nº (%)	Masc nº (%)	Fem nº (%)	Masc nº (%)	Fem nº (%)			
Estado Civil									
Solteiro	1.796	1.392	4.691	3.803	3.726	7.303	10.213	12.498	22.711
% linha	(7,9)	(6,1)	(20,7)	(16,8)	(16,4)	(32,2)	(45,0)	(55,0)	(100)
% coluna	(67,0)	(65,0)	(38,5)	(42,0)	(16,9)	(22,5)	(27,7)	(28,6)	(28,2)
União Estável	847	650	6.666	3.154	12.986	4.540	20.499	8.344	28.843
% linha	(2,9)	(2,3)	(23,1)	(10,9)	(45,0)	(15,7)	(71,1)	(28,9)	(100)
% coluna	(31,6)	(30,4)	(54,7)	(34,9)	(59,0)	(14,0)	(55,6)	(19,1)	(35,8)
Viúvo	36	98	836	2.089	5.310	20.622	6.182	22.809	28.991
% linha	(0,1)	(0,3)	(2,9)	(7,2)	(18,3)	(71,1)	(21,3)	(78,7)	(100)
% coluna	(1,3)	(4,6)	(6,8)	(23,1)	(24,1)	(63,5)	(16,7)	(52,3)	(36,0)
Total declarado	2.679	2.140	12.193	9.046 (11,2)	22.022	32.465	36.894	43.651	80.545
% linha	(3,3)	(2,7)	(15,1)	(100)	(27,3)	(40,3)	(45,8)	(54,2)	(100)
% coluna	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
Não declarado	35	29	159	118	288	425	482	572	1.054
% linha	(3,3)	(2,8)	(15,1)	(11,2)	(27,3)	(40,3)	(45,7)	(54,3)	(100)
% da coluna	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Geral	2.714	2.169	12.352	9.164	22.310	32.890	37.376	44.223	81.599
% da linha	(3,3)	(2,7)	(15,1)	(11,2)	(27,3)	(40,3)	(45,8)	(54,2)	(100)
% da coluna	(1,3)	(1,3)	(1,3)	(1,3)	(1,3)	(1,3)	(1,3)	(1,3)	(1,3)
Escolaridade									
Nenhuma	60	69	367	609	764	2.721	1.191	3.399	4.590
% linha	(1,3)	(1,5)	(8,0)	(13,3)	(16,6)	(59,3)	(25,9)	(74,1)	(100)
% coluna	(2,5)	(3,5)	(3,4)	(7,6)	(93,9)	(9,5)	(3,6)	(8,8)	(6,4)
1 a 7 anos	1.286	1.034	5.294	4.576	8.173	14.843	14.753	20.453	35.206
% linha	(3,7)	(2,9)	(15,0)	(13,0)	(23,2)	(42,2)	(41,9)	(58,1)	(100)
% coluna	(54,7)	(54,3)	(48,9)	(57,1)	(41,6)	(52,1)	(44,9)	(53,2)	(49,4)
8 a 11 anos	593	479	2.602	1.637	4.445	6.702	7.640	8.818	16.458
% linha	(3,6)	(2,9)	(15,8)	(9,9)	(27,0)	(40,7)	(46,4)	(53,6)	(100)
% coluna	(25,2)	(25,2)	(24,0)	(20,5)	(22,6)	(23,5)	(23,3)	(23,0)	(23,1)
≥12 anos	414	322	2.573	1.187	6.273	4.256	9.260	5.765	15.025
% linha	(2,8)	(2,1)	(17,1)	(7,9)	(41,8)	(28,3)	(61,6)	(38,4)	(100)
% coluna	(17,6)	(17,0)	(23,7)	(14,8)	(31,9)	(14,9)	(28,2)	(15,0)	(21,1)
Total declarado	2.353	1.904	10.836	8.009	19.655	28.522	32.844	38.435	71.279
% linha	(3,3)	(2,7)	(15,2)	(11,2)	(27,6)	(40,0)	(46,1)	(53,9)	(100)
% coluna	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
Não declarado	341	279	1.568	1.156	2.848	4.128	4.757	5.563	10.320
TOTAL Geral	2.694	2.183	12.404	9.165	22.503	32.650	37.601	43.998	81.599

Fonte: Declaração de óbitos do DATASUS-SIM (dados de 2001 a 2015).

Os três bairros com maior poluição: Bonsucesso, Cidade de Deus e São Cristóvão são também os três bairros com maior taxa de mortalidade por DAC.

O IDH nos BMRJ também evidencia a grande variabilidade entre eles: entre 0,751 e 0,967.

Oito bairros (cor verde) incluindo: Leblon, Lagoa, Copacabana, Botafogo, Urca, Maracanã, Sumaré e Tijuca apresentaram valores de IDH ≥ 0,90. Onze bairros (cor amarela) mostram IDH entre 0,80 e 0,89. Quatro bairros (cor vermelha) apresentavam IDH < 0,80.

Ressalte-se que dos oito bairros com concentrações de $MP_{2,5} > 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bonsucesso, Cidade de Deus, São Cristóvão, Centro, Realengo, Engenho de Dentro, Benfica e Cajú), seis deles (75%) (Bonsucesso, São Cristóvão, Cidade de Deus, Benfica, Cajú e Engenho de Dentro) apresentam também altas taxas de mortalidade por DAC ($\geq 5,0$) e seis (63%) (Realengo, São Cristóvão, Benfica, Bangu, Cajú e Cidade de Deus) também apresentam níveis de IDH inferior a 0,85 (Tabela 3).

Tabela 3 – Distribuição dos BMRJ ordenados pelas médias das concentrações médias anuais estimadas de $MP_{2,5}$, taxa média da mortalidade/1.000 hab. por DAC, com idade ≥ 20 anos e IDH nos anos de 2001 a 2015

Concentrações de $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos BMRJ, (\pm) DP e IC		Taxa de Mortalidade por DAC por 1.000 hab ≥ 20 anos nos BMRJ (2001 a 2015)		IDH dos BMRJ		
		Ajustada por idade	Bruta			
Bonsucesso	24,4 \pm 3,2 (21,3-27,9)	São Cristóvão	9,2 \pm 0,3	8,4 \pm 1,2	Leblon	0,967
Cidade de Deus	20,0 \pm 8,4 (17,7-21,9)	Bonsucesso	8,8 \pm 0,3	13,3 \pm 3,9	Lagoa	0,959
São Cristóvão	19,7 \pm 3,0 (16,7-22,6)	Cidade de Deus	8,0 \pm 0,3	5,5 \pm 0,6	Copacabana	0,956
Centro	17,0 \pm 4,6 (15,7-18,0)	Benfica	7,3 \pm 0,3	5,6 \pm 0,8	Botafogo	0,952
Realengo	16,6 \pm 2,9 (13,7-19,4)	Ramos	7,2 \pm 0,2	7,3 \pm 1,3	Urca	0,952
Eng. de Dentro	15,3 \pm 5,1 (12,7-18,0)	Deodoro	7,1 \pm 0,3	5,5 \pm 0,9	Maracanã	0,944
Benfica	15,1 \pm 2,8 (12,3-17,9)	Caju	6,8 \pm 0,4	4,8 \pm 1,0	Sumaré	0,926
Cajú	15,0 \pm 3,3 (12,2-17,0)	Bangu	6,0 \pm 0,1	4,3 \pm 0,6	Tijuca	0,926
Maracanã	14,7 \pm 2,4 (11,5-17,8)	Realengo	5,9 \pm 0,1	4,7 \pm 0,4	Centro	0,894
Ramos	14,4 \pm 3,6 (12,8-16,0)	Sumaré	5,6 \pm 0,3	6,0 \pm 0,9	Recreio	0,894
Gamboa	14,1 \pm 5,8 (8,3-19,8)	Eng. de Dentro	5,2 \pm 0,1	5,6 \pm 0,5	Santa Teresa	0,878
Bangu	13,3 \pm 0,5 (10,4-16,3)	Santa Teresa	5,1 \pm 0,2	3,9 \pm 0,3	Bonsucesso	0,861
Tijuca	12,3 \pm 2,7(9,6-15,0)	Centro	5,0 \pm 0,1	6,1 \pm 0,8	Eng. Dentro	0,857
Botafogo	12,0 \pm 5,6 (6,4-17,6)	Tijuca	4,2 \pm 0,1	7,0 \pm 0,7	Ramos	0,857
Recreio	11,4 \pm 1,1 (10,2-12,7)	Recreio	4,1 \pm 0,1	2,5 \pm 0,1	C. dos Afonsos	0,856
Deodoro	11,3 \pm 5,6 (5,7-16,8)	Gamboa	4,0 \pm 0,3	2,0 \pm 0,9	Deodoro	0,856
Copacabana	11,0 \pm 4,2 (9,8-12,1)	Botafogo	3,5 \pm 0,1	4,6 \pm 0,3	Realengo	0,845
Urca	10,5 \pm 1,8 (8,9-12,1)	Copacabana	3,5 \pm 0,1	6,7 \pm 0,5	São Cristóvão	0,833
Lagoa	10,3 \pm 0,9 (9,0-11,5)	Urca	2,9 \pm 0,3	3,8 \pm 0,8	Benfica	0,825
Campo Afonsos	9,3 \pm 5,5 (3,8-14,7)	Leblon	2,8 \pm 0,1	4,9 \pm 0,4	Bangu	0,794
Leblon	8,6 \pm 5,4 (3,2-14,1)	Lagoa	2,5 \pm 0,1	2,7 \pm 0,3	Gamboa	0,792
Santa Teresa	7,8 \pm 2,5 (5,3-10,4)	Campo Afonsos	2,2 \pm 0,8	2,2 \pm 1,2	Caju	0,753
Sumaré	6,0 \pm 2,6 (5,4-6,5)	Maracanã	1,8 \pm 0,1	2,2 \pm 0,5	Cidade de Deus	0,751

As diferentes cores das concentrações anuais de $MP_{2,5}$ separam as faixas do Padrão de qualidade do ar recomendado pelo CONAMA (valores guias anuais - CONAMA 2024) PI-4: $MP_{2,5} < 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

$MP_{2,5}$ = concentração de Material Particulado 2,5 μm ; ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); (\pm) DP= Desvio Padrão e (IC)= Intervalo de Confiança; Mortalidade por DAC= Taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório por 1.000 habitantes ≥ 20 anos de idade (taxa bruta e ajustada por idade para cada bairro).

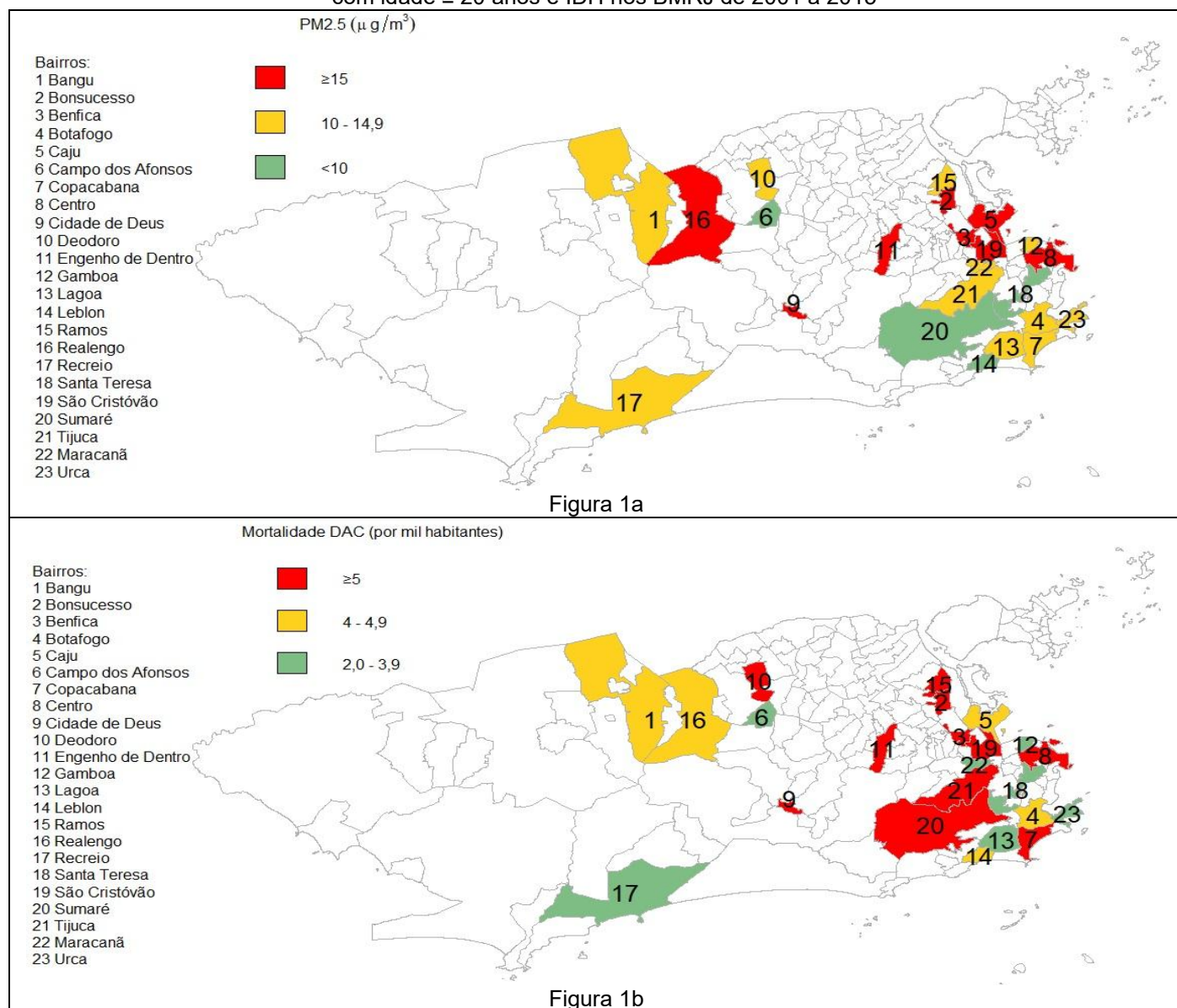
Fonte de $MP_{2,5}$: Instituto Estadual do Ambiente (INEA), estações fixas semiautomáticas (23 localizações estratégicas de BMRJ), no período de 2001 a 2015. Fonte dados de óbitos: Declaração de óbitos do DATASUS-SIM (dados de 2001 a 2015); Fonte: IBGE 2000 e 2010 - Censo demográfico dos bairros.

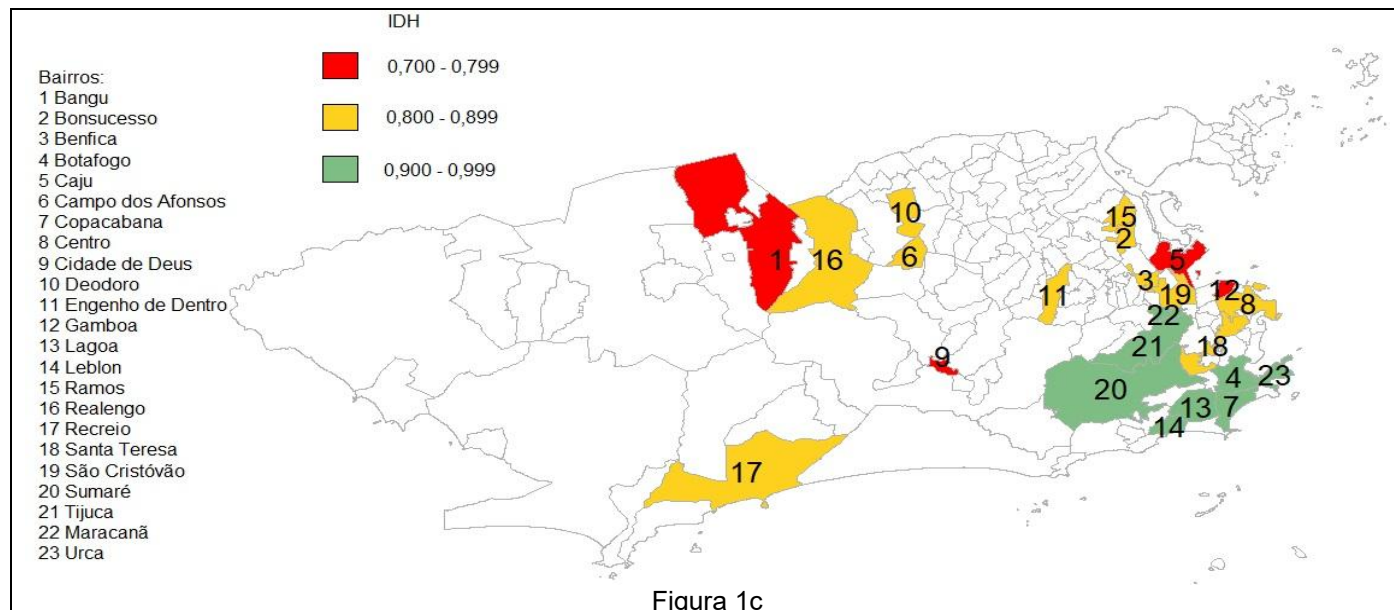
As Figuras 1a, 1b e 1c mostram a distribuição geográfica dos BMRJ identificados pelas cores de acordo com as faixas de valores das mesmas variáveis observadas na Tabela 3. Na figura 1a para a variável $MP_{2,5}$, na Figura 1b para a taxa de mortalidade por DAC com idade ≥ 20 anos e na figura 1c para a variável IDH.

Se observa na figura 1a que os bairros menos poluídos estão na Zona Sul do RJ (Lagoa, Leblon e Urca) e na Floresta da Tijuca (Santa Tereza e Sumaré), já os bairros mais poluídos se localizam na zona Central (Caju, Benfica e São Cristóvão), parte da zona norte (Bonsucesso, Ramos, Engenho de Dentro).

Na Figura 1b os bairros de maior mortalidade estão na zona oeste da cidade, na zona central e em Engenho de Dentro e Cidade de Deus. Na Figura 1c as áreas de maior IDH estão na Zona Sul e zona norte da cidade.

Figuras 1a, 1b e 1c – Distribuição geográfica das concentrações de $PM_{2.5}$, mortalidade por DAC com idade ≥ 20 anos e IDH nos BMRJ de 2001 a 2015





Fonte: Instituto Estadual do Ambiente (INEA 2001 a 2015); Fonte DATASUS-SIM (2001 a 2015); Fonte: IBGE 2000 e 2010 - Censo demográfico dos bairros.

As Figuras 2a a 2e mostram a análise de regressão linear múltipla entre as concentrações de $MP_{2,5}$ com a mortalidade por DAC com idade ≥ 20 anos e variáveis socioeconômicas, nos BMRJ, de 2001 a 2015.

Na análise do efeito do $MP_{2,5}$ na mortalidade por DAC com idade ≥ 20 anos o modelo utilizou a taxa de mortalidade por DAC de 2010 a 2015 por 1.000 hab. para cada bairro como variável resposta e o $MP_{2,5}$ como variável regressora, para esta relação obteve-se $R^2 = 0,402$ com significância do ajuste um valor $p < 0,001$ (Figura 2a).

O efeito das variáveis sexo, idade e escolaridade na relação entre mortalidade por DAC e poluição do ar considerou como variáveis resposta o logaritmo da taxa de mortalidade por DAC de 2010 a 2015 padronizada por idade por 1.000 hab. para cada bairro e grupo de interesse, tomando como variável explicativa a concentração estimada de $MP_{2,5}$ e especificando a matriz de desenho para a obtenção de uma reta de regressão ajustada para cada grupo.

A significância do ajuste e do efeito avaliou se a associação entre mortalidade por DAC e $MP_{2,5}$ variou entre os sexos, demonstrando significância da regressão ($p < 0,001$), porém sem diferença entre homens e mulheres ($p = 0,983$) e ($R^2 = 0,288$), conforme Figura 2b.

Para o ajuste considerando a divisão por idade, o modelo de regressão se mostrou significativo ($p < 0,001$), sem diferença entre as faixas etárias ($p = 0,177$) e ($R^2 = 0,919$), conforme Figura 2c.

Para o ajuste considerando a escolaridade (Figura 2d) foi observada significância da regressão ($p < 0,001$) e as retas de regressão para cada um dos grupos se mostraram significativamente distintas ($p < 0,001$) e ($R^2 = 0,388$).

Para o ajuste considerando o $MP_{2,5}$ e o IDH a significância da regressão ($p = 0,007$) e ($R^2 = -0,260$) sendo inversamente proporcional, demonstrando que em bairros com altas concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ os IDH são menores (Figura 2e).

Figura 2ª – Análise do efeito do MP_{2,5} na mortalidade por DAC

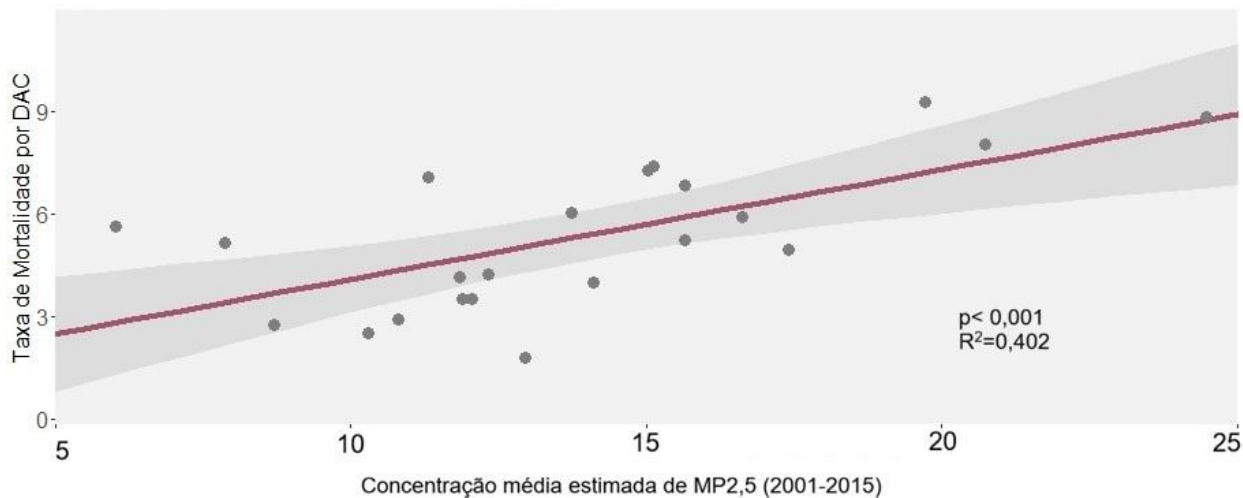


Figura 2b – Análise do efeito do MP_{2,5} na mortalidade por DAC por sexo

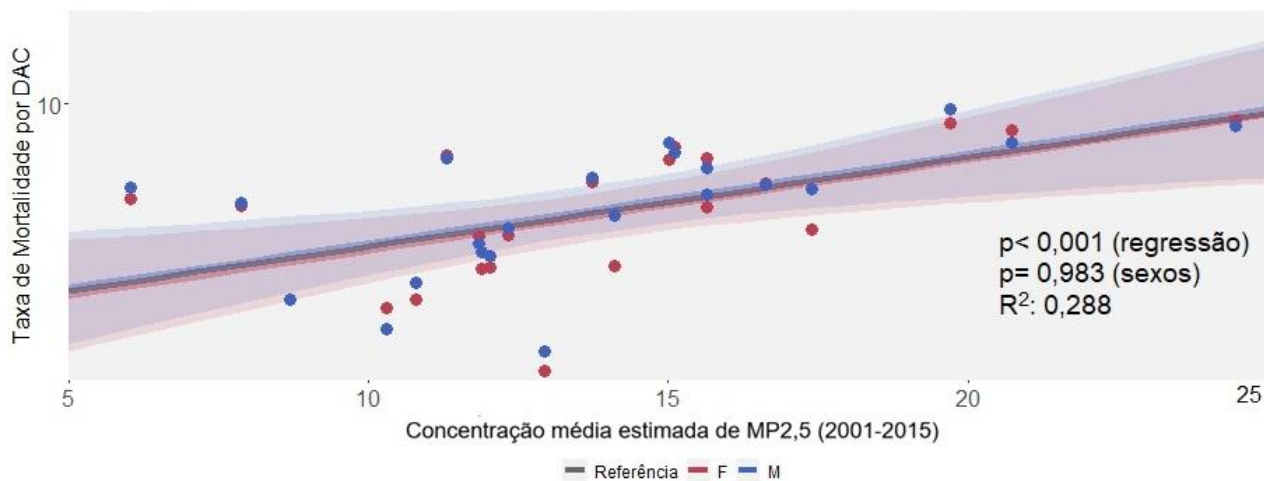


Figura 2c – Análise do efeito do MP_{2,5} na mortalidade por DAC por faixa etária

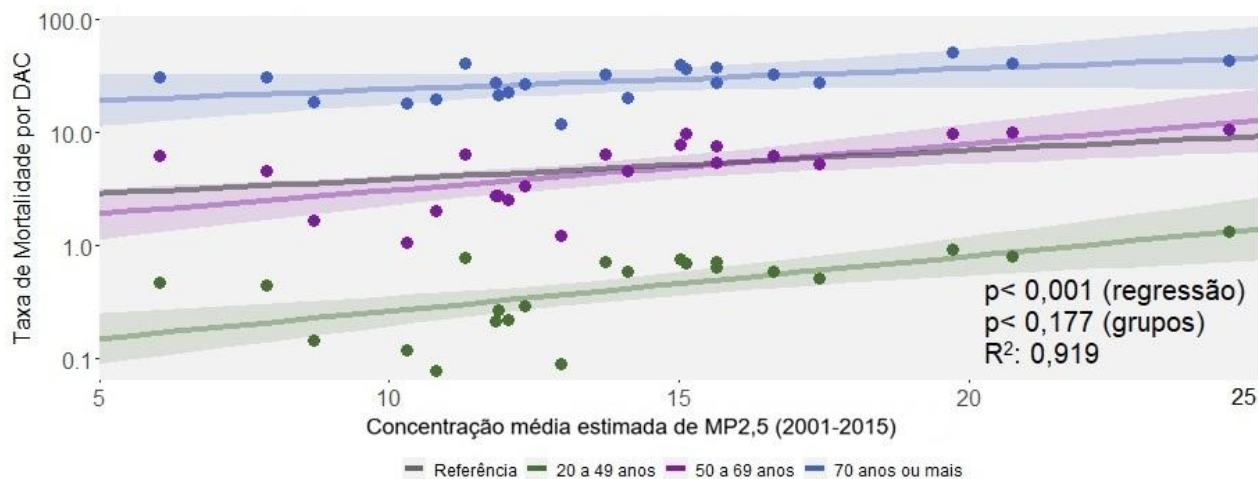


Figura 2d – Análise do efeito do MP_{2,5} na mortalidade por DAC por escolaridade

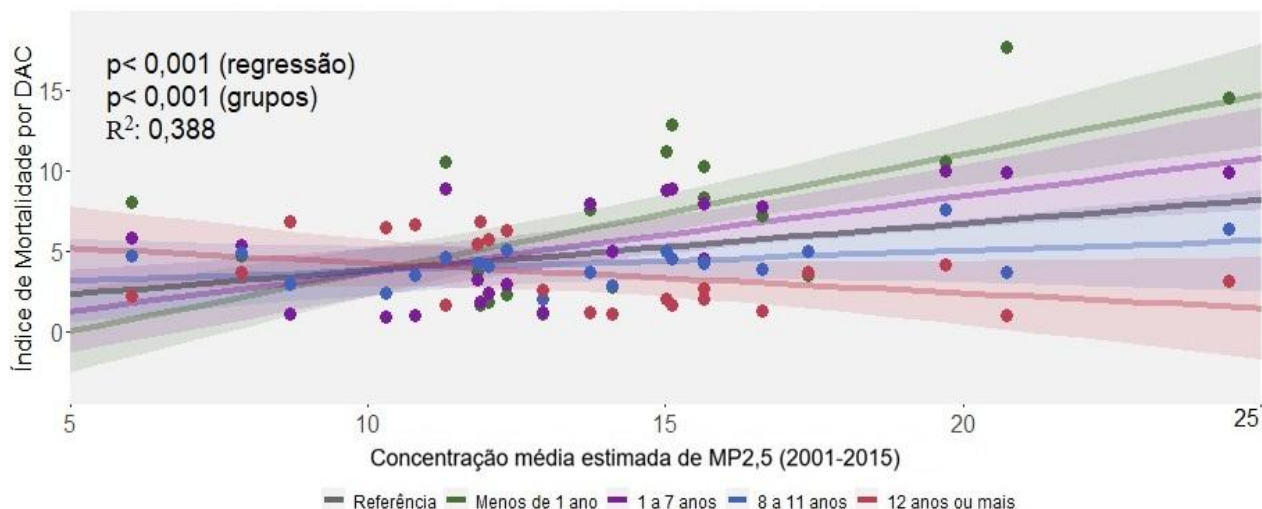
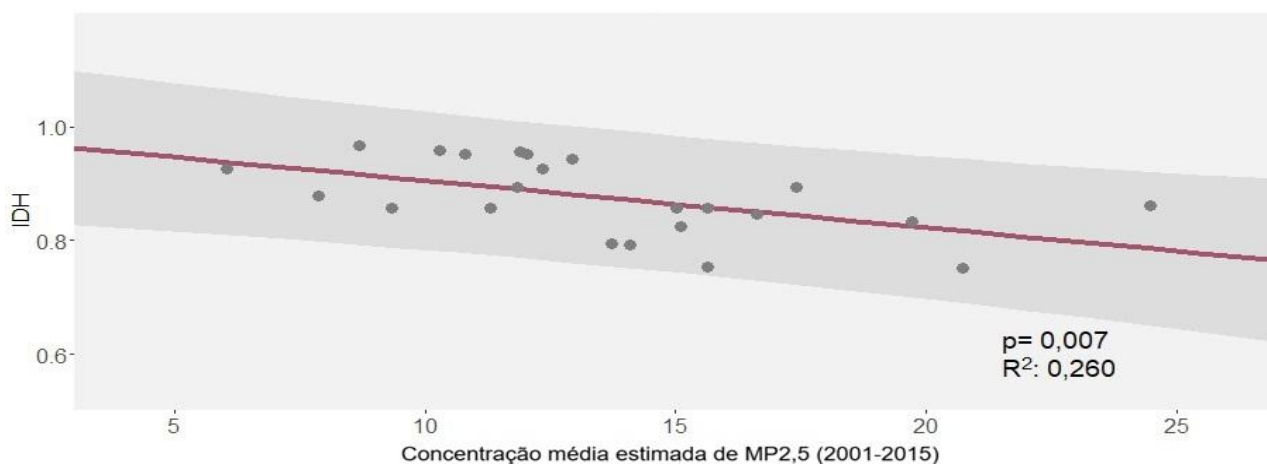


Figura 2e – Análise da relação entre o IDH e as concentrações de MP_{2,5} nos bairros



Fonte: Elaborado pelos autores.

DISCUSSÃO

A análise de 15 anos nos 23 BMRJ, demonstrou diferenças significativas das variáveis selecionadas, que são heterogêneas exigindo métodos que compreendam as interações e as interpretem quantitativa e qualitativamente. Essas variáveis incluíram aspectos demográficos e de mortalidade, ambientais e socioeconômicos.

As taxas de óbitos por DAC são influenciadas pelas variações das concentrações de MP_{2,5} nessas microrregiões de um mesmo município e por variáveis socioeconômicas, como o IDH, o estado civil e a escolaridade desses bairros (WHO, 2022).

A análise dos resultados baseou-se na teoria de sistemas complexos dinâmicos e adaptativos, que considera as interações entre sistemas biológicos e o ambiente ao longo da vida, caracterizando estados evolutivos que podem levar a doenças (Carvalho; Santos, 2005; Rodrigues; Ignotti, Hacon, 2020).

Os 23 BMRJ demonstraram variabilidade quanto ao número de habitantes, quanto à mortalidade proporcional por DAC e à faixa de idade dos óbitos. A população dos bairros variou entre 860 e 170.855 hab., destes, quatro bairros têm populações de pequenas “cidades”, com mais de 100.000 hab., localizados em diferentes zonas geográficas da cidade do RJ: na Zona Oeste (Bangu, com 170.855 hab., e Realengo, com 128.265 hab.); na Zona Sul (Copacabana, com 126.512 hab.); na Zona Norte (Tijuca, com 132.931 hab.).

Outros quatro bairros têm população com menos de 10.000 hab. e estão distribuídos na Zona Norte (Sumaré, com 6.946 hab.); na Zona Central (Gamboa, com 8.985 hab.); na Zona Oeste (Campos dos Afonsos, com 860 hab.); na Zona Sul (Urca, com 5.520 hab.).

Portanto, tanto os bairros mais populosos quanto os de menor população não estão concentrados, e sim distribuídos entre as zonas geográficas do RJ.

A mortalidade proporcional por DAC em indivíduos ≥ 20 anos variou de 39% (Campo dos Afonsos) a 49% (Maracanã). A média de idade dos óbitos por DAC foi de 73,4 anos nos 23 BMRJ, com as maiores médias registradas na Zona Sul da cidade, Lagoa e Leblon (80,3 e 80,1 anos, respectivamente). Em contraste, Cidade de Deus (Zona Oeste) teve a menor média (67,7 anos), 13 anos mais precoce que a Lagoa e Leblon. Bairros como Cidade de Deus, Gamboa, Benfica, Bangu e Bonsucesso tiveram médias de óbitos mais precoces (68,6 anos), 11,6 anos mais precoces que indivíduos de bairros da zona Sul (Copacabana, Urca, Lagoa e Leblon), onde as mortes ocorreram mais tardiamente (79,7 anos).

As taxas de óbito por DAC calculadas por 1.000 hab. ≥ 20 anos de idade variaram entre $1,8 \pm 0,1$ (Maracanã) até $9,2 \pm 0,3$ (São Cristóvão), essa grande diferença na precocidade dos óbitos dos habitantes de alguns bairros em relação a outros, indica que fatores, sejam ambientais ($MP_{2,5}$), sejam socioeconômicos (IDH, escolaridade, estado civil), podem influenciar na redução do tempo de vida em mais de 10 anos, assim como no número de óbitos/1.000 hab. em mais de 5 vezes.

A análise mostrou que 54,3% dos óbitos por DAC foram de mulheres, com maior diferença entre os sexos na faixa etária ≥ 70 anos, onde predominaram mulheres viúvas ou solteiras.

A maioria dos homens faleceu na faixa etária ≥ 50 e 69 anos, estando em união estável. Já as mulheres ≥ 50 a 69 anos morreram predominantemente sem união estável (viúvas ou solteiras). O percentual de óbitos de homens em união estável aumentou com a faixa de idade (31,6%, 54,7% e 59%), como esperado, enquanto o das mulheres em união estável foi menor (31%, 34,9% e apenas 14% na faixa ≥ 70 anos), corroborando com o estudo realizado por Gomes et al., 2013, no estado de São Paulo.

Como no percentual de óbitos ≤ 70 anos predomina o sexo masculino (18,4% contra 13,9% do sexo feminino) e esta predominância se inverte nos óbitos ≥ 70 anos (27,3% x 40,3%) tendo assim menos viúvos e solteiros do sexo masculino entre os óbitos ≥ 70 anos de idade, infere-se que as mortes mais precoces dos homens explicariam, em parte, o maior percentual de óbitos de mulheres sem companheiros ≥ 70 anos.

A união estável não parece conferir aos homens maior tempo de vida. As mulheres toleraram a viuvez por mais tempo, pois há predominância de mulheres sem companheiros entre os óbitos nas faixas de ≥ 50 a 69 anos e principalmente ≥ 70 anos. Esses dados, não suportam a conclusão de que a união estável poderia aumentar a longevidade entre os homens, e indicam que as mulheres atingem idades mais avançadas que os homens, mesmo sem companheiros.

Há de se esclarecer a maior longevidade das mulheres comparada aos homens e os impactos das relações conjugais, já que a união estável nem sempre garante boas condições de vida, especialmente com recursos financeiros limitados como ocorrem em idosos aposentados e viúvas pensionistas. Marques & Batich (2003) relatam que, embora o número de aposentados e pensionistas de ambos os sexos tenha aumentado, o valor das aposentadorias em salários-mínimos manteve-se estável (Marques; Batich, Mendes, 2003).

Embora a feminização da velhice seja uma realidade demográfica, a configuração conjugal não atua, como um fator de proteção absoluto; em contextos de restrição orçamentária, a união estável pode não garantir bem-estar e, muitas vezes, oculta sobrecargas de cuidado e insuficiência de renda domiciliar. Essa precarização é particularmente crítica para o contingente de viúvas pensionistas e aposentados, cuja segurança financeira é frágil. Tal cenário confirma os achados de Marques e Batich (2003), evidenciando um descompasso estrutural no sistema de seguridade, que apesar da expansão quantitativa no número

de beneficiários, manteve o valor real das aposentadorias em salários-mínimos estagnado. Consequentemente, o ganho em anos de vida para essa população pode representar, paradoxalmente, o prolongamento de uma condição de vulnerabilidade econômica e social, desafiando a premissa de que a longevidade reflete, necessariamente, melhores condições de vida.

Gomes et al. (2013) destacam que o estado civil influencia a mortalidade, com indivíduos em união estável apresentando maior renda e benefícios psicossociais, o que contribui para uma maior longevidade em comparação a solteiros e viúvos.

Entre os óbitos de pessoas ≥ 70 anos, 31,9% dos homens tinham escolaridade ≥ 12 anos, contra apenas 14,9% das mulheres. Já na faixa etária ≥ 20 a 49 anos, não houve diferença na escolaridade entre homens (17,6%) e mulheres (17%), indicando que as novas gerações não apresentam mais disparidades educacionais entre os sexos.

Portanto, o percentual de óbitos por sexo e escolaridade aumenta com a idade em todas as faixas de escolaridade, como esperado. No entanto, na faixa de óbitos ≥ 70 anos e baixa escolaridade, a predominância de mulheres é evidente (45,6% sexo feminino e 27,2% sexo masculino). Portanto, a influência da escolaridade e da faixa de idade entre os gêneros não parece se dar do mesmo modo.

Grossman (2008) observou maior mortalidade em grupos menos escolarizados e aumento da expectativa de vida entre os mais escolarizados. Um ano adicional de escolaridade reduz em 5% o risco de morte em países em desenvolvimento (Ribeiro 2016; Perez, 2010). Grossman (2008) & Silva et al. (2016) destacam que homens com baixa escolaridade têm 2,5 vezes mais chances de morrer precocemente em comparação aos que possuem ensino superior, que desfrutam de melhores condições socioeconômicas e vivem em áreas menos poluídas.

As variações na concentração de $MP_{2,5}$ são atribuídas a fatores meteorológicos e climáticos, alternância entre as estações do ano e influências ambientais de cada bairro. Bairros como Cidade de Deus e Bonsucesso apresentam intenso tráfego veicular e ruas sem pavimentação. O bairro Sumaré, localizado na floresta da Tijuca a 700 metros de altitude apresenta baixo tráfego veicular e ampla área verde, fatores que certamente influenciam as variações observadas (Silveira, Junger, 2018; IBGE, 2021). É evidente as violações dos padrões de qualidade do ar "aceitáveis" de $MP_{2,5}$ durante os 15 anos segundo o CONAMA em 83% dos bairros estudados.

O CONAMA alerta que níveis de $MP_{2,5}$ acima de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ são prejudiciais à saúde, especialmente para idosos, crianças e pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas (CONAMA, 2024).

A poluição do ar é danosa não apenas em picos, mas também por exposição constante denominada de "carga". A "carga de poluição acumulada" deveria ser expressa como variável, semelhante a carga tabágica, multiplicando a média de poluição medida pelo número de anos de exposição, denominado "carga de poluição acumulada" para a qual não deveria ter "limite aceitável", e quanto maior, pior. O limite inferior para considerar um ambiente saudável é a ausência de poluição do ar (Rodrigues; Ignotti, Hacon, 2020, Moura et. al, 2023).

Ressaltamos que, dos seis bairros com médias de $MP_{2,5}$ inferiores a $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cinco estão localizados na zona sul do RJ próximo ao mar ou da Floresta da Tijuca, já os bairros mais poluídos estão em áreas de intenso tráfego veicular ou com indústrias instaladas. Bairros como Bonsucesso, Cidade de Deus e São Cristóvão registraram concentrações de $MP_{2,5}$ até 100% acima do padrão anual, expondo os moradores a níveis 2 a 3 vezes maiores de poluição do ar em comparação com bairros como Sumaré, Leblon e Santa Teresa.

Isto viola a constituição brasileira de 1988, que estabelece a saúde como "bem público" e acesso universal. Portanto, todos os cidadãos têm o direito de viver em áreas não poluídas (BRASIL, 1988).

Os padrões de qualidade do ar da OMS, adotados globalmente desde 2005, só foram implementados no Brasil pelo CONAMA em 2018, e mais recentemente atualizado pela resolução CONAMA de 2024, o que permitiu concentrações de $MP_{2,5}$ prejudiciais a saúde dos moradores dos BMRJ.

Desde 1989, a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) alertava sobre a má qualidade do ar no RJ, com violações em 71% dos bairros. Apesar da redução do $MP_{2,5}$ ao longo dos anos, os níveis permanecem altos, mesmo adotando planos urbanísticos no MRJ (Moura et al., 2021, Russo, 2010). A OMS recomenda que, embora as diretrizes de saúde sejam universais, a definição dos

padrões legais nacionais deve considerar a viabilidade tecnológica, econômica e o contexto sociopolítico de cada país, adotando-se, se necessário, metas intermediárias que avancem conforme sua capacidade de progressão, até chegar ao nível final recomendado (WHO, 2021). Esse posicionamento político nos parece inaceitável, pois indica prioridade socioeconômica acima da saúde das pessoas.

Os bairros estudados apresentam IDH entre 0,751 e 0,967, com apenas 34% acima de 0,900. Bairros como Lagoa, Urca e Copacabana (zona Sul) apresentam maior IDH, baixa poluição por MP_{2,5} e menor tráfego de veículos pesados (Rodrigues; Ignotti, Hacon, 2020). Em contraste, Bonsucesso, Cidade de Deus, São Cristóvão, Benfica, Realengo, Engenho de Dentro e Caju têm alta poluição do ar e IDH abaixo de 0,861, estando próximos a grandes rodovias, confirmando a associação entre baixo status socioeconômico e exposição a áreas com alto tráfego veicular e pior qualidade do ar (Deguen, Zirou-Navier, 2010).

Rodrigues; Ignotti, Hacon, 2020, apontam aumento do risco de mortalidade por DAC de 4,6% em indivíduos residindo até 150 m de proximidade do tráfego veicular e risco de 3,9% em áreas residenciais com baixo status socioeconômico. Em bairros onde a estrutura socioeconômica é desfavorável e a qualidade do ar é inadequada, há sobreposição de fatores de risco e aparecimento de doenças (Gomes et al., 2013; Stromberg, Holmen, Engdahl, 2019).

A Figura 2e mostra uma relação inversa entre IDH e concentração de MP_{2,5} ($R^2 = 0,260$), evidenciando que a injustiça social influencia a exposição a ambientes poluídos. Em bairros com IDH alto e menor poluição do ar, a média de idade dos óbitos foi mais avançada, comparada a bairros com IDH abaixo de 0,800 e maior poluição, apontando tempo de vida menor em regiões de baixo nível socioeconômico (Ribeiro et al., 2016).

As taxas de óbitos apresentam relação linear direta com as concentrações de MP_{2,5} ($R^2 = 0,402$, Figura 2a), sendo maiores em São Cristóvão, Bonsucesso e Cidade de Deus. Nestes bairros observam-se intenso comércio e alta mobilidade urbana de tráfego de veículos pesados, que contribuem para a alta carga de partículas em suspensão (Russo, 2010).

Bairros como Santa Teresa, Sumaré (Floresta da Tijuca), Campo dos Afonsos e os da zona sul (Leblon, Urca e Lagoa) têm menor tráfego de veículos, frota mais moderna e mais áreas verdes, resultando em menores concentrações de MP_{2,5} e taxas de mortalidade por DAC $\leq 4,9$ por 1.000 hab. Essas taxas são significativamente inferiores às dos bairros mais poluídos, localizados próximos a rodovias como Avenida Brasil e Linha Vermelha (Silveira, Junger, 2018; Russo, 2010).

O intenso tráfego de veículos em áreas urbanas constitui um fator de risco de morte para DAC, sendo duas vezes maior em residentes próximos ao alto tráfego, comparado aos que residem mais distante (WHO, 2022; OPAS, 2011).

Apesar da melhora social no RJ, 20% da população ainda vive em extrema pobreza e condições precárias, com segregação residencial e exposição desigual à poluição do ar, reforçando a condição socioeconômica como fator de risco (Silveira, Junger, 2018). A influência da poluição do ar sobre a mortalidade por DAC foi similar entre sexos (Figura 2b) e faixas etárias (Figura 2c). Para a escolaridade, o modelo linear evidenciou que os indivíduos de menor escolaridade apresentam maiores taxas de mortalidade (Figura 2d).

As estações de monitoramento do INEA apesar de estrategicamente localizadas para mensuração da poluição do ar urbana e quantificação da exposição média da população residente no entorno, sofrem ações de diversas fontes como indústrias ou tráfego, que geram picos isolados conforme dia da semana, hora do dia ou fatores climáticos e ambientais. Desta maneira, o estudo focou na exposição crônica do bairro, conforme padrão adotado em estudos de série temporal para desfechos de mortalidade por DAC (Rajagopalan, Al-kind, Brook, 2018).

A análise dos óbitos depende da completude dos registros de óbitos. O IDH, embora útil para comparações regionais entre os bairros, não avalia diretamente a qualidade de vida ou mortalidade por DAC. Fatores como doenças preexistentes, tabagismo e acesso à saúde não foram medidos, sugerindo a necessidade de estudos futuros que incluam variáveis ambientais e outras causas de doenças, utilizando diferentes delineamentos de pesquisa para benefício da população.

O georreferenciamento proposto relaciona localidade e desenvolvimento econômico com óbitos por DAC, sendo uma ferramenta valiosa para políticas públicas, compreensão de riscos e alerta ambiental e social sobre padrões de mortalidade no espaço e no tempo (Kunzli et al., 2010).

CONCLUSÃO

A qualidade do ar por MP_{2,5} nos BMRJ violou os padrões do CONAMA em 82,6% dos bairros considerando PI-4 e 17,4% considerando o padrão atual (PI-2), com bairros menos poluídos localizados na zona sul do Rio de Janeiro apresentando maior IDH e menor mortalidade por DAC, enquanto áreas mais poluídas tiveram IDHs mais baixos, evidenciando a relação inversa entre poluição e desenvolvimento socioeconômico. A OMS alerta que a pobreza está diretamente ligada à mortalidade precoce por doenças crônicas, e no Brasil, a desigualdade social persiste. Para reduzir a mortalidade por DAC, são necessárias políticas públicas que integrem redução da poluição do ar, aumento da renda, criação de áreas verdes e melhoria habitacional. Medidas urgentes são essenciais para melhorar a qualidade do ar e combater a injustiça social, fatores que contribuem para mortes prematuras.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Presidência da República, 1988.

CARVALHO, M. S.; SANTOS, R. S. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, p. 361-378, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2005000200003>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 506, de 05 de julho de 2024**. Diário Oficial da União, Brasília, 2024.

DEGUEN, S.; ZIROU-NAVIER, D. Social inequalities resulting from health risks related to ambient air quality: A European review. **European Journal of Public Health**, v. 20, n. 1, p. 27-35, 2010. <https://doi:10.1093/eurpub/ckp220>

GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY (GBD) 2017. Global, Regional, and National Comparative Risk Assessment of 84 Behavioural, Environmental and Occupational, and Metabolic Risks or Clusters of Risks for 195 Countries and Territories, 1990-2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **The Lancet**, v. 392, n. 10159, p. 1923-1994, 2018.

GOMES, M. F. G. et al. Associação entre mortalidade e estado marital: uma análise para idosos residentes no Município de São Paulo, Brasil, Estudo SABE, 2000 e 2006. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 3, p. 566-578, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2013000300014>

GONÇALVES, B. R. S.; RODRIGUES, N.B.F.; RIBEIRO, C.R. Poluição atmosférica e saúde humana no estado de São Paulo: uma revisão sistemática de teses e dissertações. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 19, p. e1911, 2023. <https://doi:10.14393/Hygeia1964677>

GROSSMAN, M. The Relationship between Health and Schooling. **Eastern Economic Journal**, v. 34, n. 3, p. 281-292, 2008. <http://www.jstor.org/stable/20642426>. Acesso em 13 Jun. 2025.

INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION (IHME). **Global Burden of Disease: Air pollution** [Internet]. 2024. Disponível em: <https://www.healthdata.org/research-analysis/health-risks-issues/air-pollution>. Acesso em 28 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2000: População residente, por grupos de idade e sexo, segundo as Áreas de Planejamento, Regiões Administrativas (RA) e Bairros - Município do Rio de Janeiro** [Internet]. 2021. Disponível em: <https://www.data.rio/documents/e68e54eaa6bb484dbb40828acf2b3e7e/about>. Acesso em 29 dez. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010: População residente, por grupos de idade e sexo, segundo as Áreas de Planejamento, Regiões Administrativas (RA) e Bairros - Município do Rio de Janeiro** [Internet]. 2021. Disponível em: <https://www.data.rio/documents/a7270eda4cf240d7acb181aa54746787/about>. Acesso em 15 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Metodologia do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 712 p. (Relatórios metodológicos, v. 41).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeções da população do Brasil** [Internet]. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>. Acesso em 28 mar 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Relatório da qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro: ano base 2018**. Rio de Janeiro: INEA, 2020.

KUNZLI, N. et al. Ambient Air Pollution and the Progression of Atherosclerosis in Adults. **PLoS One**, v. 5, n. 2, p. e9096, 2010. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009096>

LUIZ, R. R.; STRUCHINER, C. J. **Inferência causal em epidemiologia: o modelo de respostas potenciais**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002. 112 p.

MALTA, D. C. et al. Doenças Crônicas Não Transmissíveis na Revista Ciência & Saúde Coletiva: um estudo bibliométrico. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 30, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202512.16882020>

MARQUES, R. M.; BATICH, M.; MENDES, A. **Previdência social brasileira: um balanço da reforma**. São Paulo em Perspectiva, v. 17, n. 1, p. 111-121, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM): Indicadores de Mortalidade - Taxas Brutas de Mortalidade e Taxas de Mortalidade Específica - Rio de Janeiro** [Internet]. 2019. Disponível em: https://sistemas.saude.rj.gov.br/tabnetbd/webtabx.exe?taxas/sim_taxas_mortalidade.def. Acesso em 2 ago. 2024.

MOURA P.H. et al. Fatores ambientais associados a hospitalizações e óbitos por doenças cerebrovasculares no município de Nova Iguaçu. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 19, p. e1906, 2023. <https://doi.org/10.14393/Hygeia1963797>.

MOURA, P. H. et al. Qualidade do ar e índice de progresso social em bairros do Rio de Janeiro: um alerta à saúde. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 6, p. 199-211, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.006.0017>

OLIVEIRA, G. M. M. et al. Estatística Cardiovascular – Brasil 2023. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 121, n. 1, 2024. <https://doi.org/10.36660/abc.20240079>

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Determinantes ambientais e sociais da saúde**. Rio de Janeiro: OPAS, 2011. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51687>. Acesso em 26 jan. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Doenças cardiovasculares** [Internet]. OMS Brasil. 2024. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/doencas-cardiovasculares>. Acesso em 15 set. de 2024.

PEREZ, E. R. **Estimativas de mortalidade adulta feminina por nível de escolaridade no Brasil** [Tese]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

RAJAGOPALAN, S.; AL-KINDI, S.; BROOK, R. Air Pollution and Cardiovascular Disease: State-of-the-Art Review. **Journal Of The American College Of Cardiology**. v.72, n.17, p. 2054–2070, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.07.099>

RIBEIRO, A. I. et al. Where do people live longer and shorter lives? An ecological study of old-age survival across 4404 small areas from 18 European countries. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 70, n. 6, p. 561-568, 2016. <https://doi.org/10.1136/jech-2015-206827>

RIBEIRO, M. M. **Mortalidade adulta por níveis de escolaridade no estado e no município de São Paulo: uma proposta de estimação a partir do Censo Demográfico de 2010** [Tese]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

RITCHIE, H.; ROSER, M. **Air Pollution** [Internet]. Our World in Data. 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/air-pollution>. Acesso em 28 mar. 2024.

RITCHIE, H.; ROSER, M. **Causes of Death** [Internet]. Our World in Data. 2021. Disponível em: <https://ourworldindata.org/causes-of-death>. Acesso em 28 mar.2024.

RODRIGUES, P. C. O.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S. Fatores socioeconômicos aumentam os efeitos nocivos da poluição atmosférica e da temperatura na mortalidade. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, p. 1-11, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-549720190011>.

ROSER, M.; RITCHIE, H. **Burden of Disease** [Internet]. Our World in Data. 2020 Disponível em: <https://ourworldindata.org/burden-of-disease>. Acesso em 28 mar. 2024.

RUSSO, P. R. A qualidade do ar no município do Rio de Janeiro: análise espaço-temporal de partículas em suspensão na atmosfera. **Revista de Ciências Humanas**, v. 10, n. 1, p. 78-93, 2010.

SANTOS, D. A. D.; ARBIGAUS, L. P. **Fisiopatologia Geral: base da fisiologia e patologia**. Indaial: Editora, 2019. 233 p.

SILVA, L. E. D.; FREIRE, F. H. M. A.; PEREIRA, R. H. M. Diferenciais de mortalidade por escolaridade da população adulta brasileira, em 2010. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, n. 4, p. 1-12, 2016. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00019815>

SILVEIRA, I. H.; JUNGER, W. L. Green spaces and mortality due to cardiovascular diseases in the city of Rio de Janeiro. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, n. 49, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000290>

STROMBERG, U.; HOLMEN, A.; ENGD AHL, J. Comprehensive analyses of geographical inequalities in cardiovascular disease incidence and survival: A possible aid to rationalize prevention strategies. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 26, n. 17, p. 1824–1827, 2019. <https://doi:10.1177/2047487319856940>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter**. Washington, DC: US EPA, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. Geneva: World Health Organization, 2021. 290 p. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY 2023 (GBD 2023). Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **World health statistics 2022: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals**. Geneva: WHO, 2022.