



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

HENRIQUE OCHOA SCUSSIATTO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO
DE ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO
AÉREA (QPOL)**

Londrina
2020

HENRIQUE OCHOA SCUSSIATTO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO
DE ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO
AÉREA (QPOL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Fornazieri

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S437 Scussiatto, Henrique Ochoa.
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO AÉREA (QPOL) / Henrique Ochoa Scussiatto. - Londrina, 2020.
65 f. : il.

Orientador: Marco Aurélio Fornazieri.
Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Exposição a poluição aérea - Tese. I. Fornazieri, Marco Aurélio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. III. Título.

CDU 61

HENRIQUE OCHOA SCUSSIATTO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DE
ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO AÉREA
(QPOL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Fornazieri
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. André Armani
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Carlos Eduardo Coral de Oliveira
Pontifícia Universidade Católica do Paraná -
PUCPR

Londrina
2020

SCUSSIATTO, Henrique Ochoa. **Desenvolvimento e validação de questionário de análise da exposição individual à poluição aérea (QPOL)**. 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Estadual de Londrina, 2020.

RESUMO

Introdução: Observa-se que a exposição aos poluentes atmosféricos está relacionada ao aumento na incidência e gravidade de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas. Para aferir o grau a que uma pessoa está exposta à poluição, descreveu-se o uso de dados isolados, como o da distância da residência à rua mais movimentada ou do tempo gasto no trânsito. São métodos práticos, mas com baixa precisão. Os procedimentos de exposição à poluição mais eficazes, são complexos, de alto custo e difícil execução. Por esse motivo, criamos e validamos o questionário do nível de exposição individual à poluição aérea (QPOL), que coleta características demográficas individuais e fatores potencialmente relacionados à poluição aérea, com pontuação associada às concentrações de poluentes interpolados de estações meteorológicas. **Métodos:** Foi elaborado um questionário contendo questões sobre fatores potencialmente relacionados à exposição individual à poluição do ar, e aplicado em 191 indivíduos na cidade de São Paulo. Foi utilizado o método de Kriging, dados de estações meteorológicas próximas as suas residências, obteve-se as médias das concentrações anuais de MP2,5, MP10, PTS, fumaça e NO₂, as quais estavam expostas. Regressões logísticas multinominais foram utilizadas para verificar a correlação das perguntas do QPOL com as concentrações de poluentes. As perguntas que tiveram correlação estatística foram incluídas na versão final do QPOL. Com o objetivo de verificar a confiabilidade da pontuação final do QPOL, observou-se sua correlação com os níveis atmosféricos dos poluentes. **Resultados:** Todas as perguntas se relacionaram com a concentração de pelo menos um poluente, exceto a pergunta sobre a frequência de veículos no local da residência, por isso foi excluída do escore final. Em relação ao escore do QPOL, dos 7 poluentes analisados, 3 tiveram correlação positiva com os valores de QPOL, dentre eles: o MP2,5 [coeficiente de correlação (CC) = 0,143; p = 0,049], a fumaça (CC = 0,177; p = 0,014) e o PTS (CC = 0,169; p = 0,019)]. Por outro lado, os níveis de ozônio tiveram uma correlação negativa com a pontuação de QPOL (CC = -0,173; p = 0,017). **Conclusão:** O QPOL mostrou-se como um melhor preditor dos níveis de alguns poluentes atmosféricos comparado à medida isolada de proximidade de avenidas mais movimentadas. Esse instrumento pode ser usado em pesquisas da área da saúde que envolvem a avaliação da exposição individual à poluição aérea.

Palavras-chave: Doenças respiratórias. poluição aérea. Ambiente. saúde humana. toxicologia.

SCUSSIATTO, Henrique Ochoa. **Development and validation of a questionnaire to analyze individual exposure to air pollution (QPOL)**. 2020. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Estadual de Londrina, 2020.

ABSTRACT

Introduction: Exposure to air pollutants is known to be related to increased incidence and severity of respiratory, cardiovascular and neurological diseases. This fact makes it important for individuals to know the degree of pollution to which they are subjected daily. To infer the degree to which a person is exposed to pollution, it has been described the use of isolated data such as distance from the busiest street to residence or time spent in traffic. These are very practical methods, but with low accuracy. The most accurate pollution exposure measurements are complex, expensive and difficult to perform. For this reason, we created and validated the Individual Air Pollution Exposure Level (QPOL) questionnaire that collects individual demographic characteristics and factors potentially related to air pollution, with scores associated with interpolated pollutant concentrations from weather stations. **Methods:** An initial questionnaire containing questions about factors potentially related to individual exposure to air pollution was prepared and applied to 191 individuals in the city of São Paulo. By Kriging method interpolation of data from meteorological stations near their homes, the average annual concentrations of MP2.5, MP10, PTS, smoke and NO₂ were exposed. Multinomial logistic regressions were used to verify the correlation of QPOL questions with pollutant concentrations. Questions that had statistical correlation were included in the final version of QPOL. In order to verify the reliability of the final QPOL score, its correlation with the pollutants atmospheric levels was verified. **Results:** All questions related to the concentration of at least one pollutant, except the question about vehicle frequency at the place of residence, so it was excluded from the final score. Regarding the QPOL score, of the 7 pollutants analyzed, 3 had a positive correlation with the QPOL values, among them: the MP2.5 [correlation coefficient (CC) = 0.143; p = 0.049], smoke (CC = 0.177; p = 0.014) and PTS (CC = 0.169; p = 0.019)]. On the other hand, ozone levels had a negative correlation with the QPOL score (CC = -0.173; p = 0.017). **Conclusion:** QPOL was a better predictor of the levels of some air pollutants compared to the isolated measure of proximity to busier avenues. This instrument can be used in health research involving the assessment of individual exposure to air pollution.

Key words: Respiratory diseases. air pollution. Environment. human health. toxicology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Céu de São Paulo	10
Figura 2 – Tamanho de partículas.....	14
Figura 3 – Classificação binária dentro de um esquema de buffer para modelos de proximidade	16
Figura 4 – Método de regressão	20
Figura 5 – Local geográfico (de acordo com a latitude e longitude) das residências dos participantes do estudo em São Paulo e municípios limítrofes.....	32
Figura 6 – Mensuração direta da concentração dos poluentes (MP10, Ozônio, Dióxido de carbono, Smoke, PM2,5, TSP, Nitrogen dioxide) em São Paulo e municípios limítrofes interpolados pelo método de Kriging no período do estudo	34

ARTIGO

Figure 1 – Geographic location (according to latitude and longitude) of the study participants' homes in São Paulo and neighboring municipalities.....	51
Figure 2 – Direct measurement of the concentration of specific pollutants in São Paulo and the metropolitan area interpolated by the kriging method during the study period. (a) PM10. (b) Ozone. (c) Carbon monoxide. (d) Smoke. (e) PM2.5. (f) TSP. (g) Nitrogen dioxide	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, áreas de absorção sistêmica pelo sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana	10
Quadro 2 – Principais pesquisas no estado de São Paulo sobre o efeito da poluição do ar na saúde	26
Quadro 3 – Principais doenças e poluentes estudados no estado de São Paulo (2010- 2015).....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tabela descritiva da em relação a idade dos participantes.....	30
TABELA 2 – Tabela descritiva em relação ao sexo dos participantes	30
TABELA 3 – Tabela descritiva em relação a escolaridade dos participantes	31
TABELA 4 – Tabela descritiva em relação a raça dos participantes.....	31
TABELA 5 – Questionário inicial de avaliação da exposição individual à poluição (QPOL)	35
TABELA 6 – Questionário final de avaliação da exposição individual à poluição (QPOL)	36

ARTIGO

TABLE 1 – Descriptive chart of the participants' age.....	53
TABLE 2 – Descriptive table in relation to the participants' gender	53
TABLE 3 – Descriptive table regarding the participants' education level.....	54
TABLE 4 – Descriptive table regarding the race of the participants.....	54
TABLE 5 – Initial questionnaire to assess individual exposure to pollution (QPOL).....	55
TABLE 6 – Final questionnaire to assess individual exposure to pollution (QPOL).....	56
TABLE 7 – Multinomial logistic regressions for the QPOL questions, showing the Odds-Ratio, the 95% confidence interval and the p-value of each correlation with the respective pollutant	57
TABLE 8 – Classification of individual exposure to air pollution according to the QPOL score	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO	Monóxido de carbono;
CO ₂	Dióxido de carbono;
MP _{2,5}	Material particulado de 2,5 micrômetros;
MP ₁₀	Material particulado de 10 micrômetros;
NO ₂	Dióxido de nitrogênio;
O ₃	Ozônio;
PTS	Partículas totais em suspensão;
SO ₂	Dióxido de enxofre;
PPM	Partículas por milhão;
SIG	Sistema de informação geográfica;
AVC	Acidente Vascular Cerebral;
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo;
QPOL	Questionário de avaliação da exposição individual à poluição aérea;
CC	Coefficiente de correlação;
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente;
OR	Odds-ratio.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	JUSTIFICATIVA	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	GERAL	9
2.2	ESPECÍFICOS.....	9
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1	DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂)	12
3.2	DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO ₂).....	13
3.3	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	13
3.4	SUBSTÂNCIAS SUSPENSAS	13
3.5	OZÔNIO (O ₃)	14
3.6	MODELOS DE AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO DO AR.....	15
3.6.1	Visão Global	16
3.6.2	Descrição De Estudos De Proximidade.....	16
3.6.2.1	Limitações do método de proximidade.....	17
3.6.3	Modelos De Interpolação.....	17
3.6.3.1	Visão global.....	17
3.6.3.2	Aplicação do modelo de interpolação.....	18
3.6.3.3	Limitações do modelo de interpolação	18
3.6.4	Modelos De Regressão Do Uso Da Terra	19
3.6.4.1	Visão global.....	19
3.6.4.2	Aplicação do modelo de regressão do uso da terra	20
3.6.4.3	Limitações do modelo de regressão do uso da terra.....	20
3.7	FATORES METEOROLÓGICOS, SUAS RELAÇÕES COM POLUENTES ATMOSFÉRICOS E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	21
3.8	ESTUDOS DOS EFEITOS DE POLUIÇÃO DO AR	21
3.9	CAUSAS DE POLUIÇÃO NAS GRANDES CIDADES.....	22
3.10	OUTRO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR E CONCEITOS ADICIONAIS	24

3.10.1	Sistema De Informações Geográficas (SIG)	24
3.10.2	Bioindicador Da Poluição Atmosférica	24
3.10.3	Estações De Monitoramento	25
3.11	REVISÃO DE ESTUDOS RELACIONADOS A POLUIÇÃO DO AR EM SÃO PAULO	25
4	METODOLOGIA	29
4.1	POPULAÇÃO DE ESTUDO E INTRODUÇÃO DA METODOLOGIA	29
4.2	MENSURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO PELO MÉTODO DE KRIGAGEM	33
4.3	QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO	35
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6	CONCLUSÃO	59
7	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO	64
	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	64

261 1. INTRODUÇÃO

262

263 A poluição do ar nas cidades não é uma exclusividade da modernidade pós-
264 industrial. Observa-se que os processos industriais primitivos, bem como a matriz energética
265 adotada, que promovia a queima de combustíveis fósseis, gerou ambientes urbanos
266 altamente comprometidos quanto à qualidade do ar respirado por seus moradores [1].

267 Com o passar dos anos, a concentração de substâncias na atmosfera variou no
268 tempo e espaço devido as reações químicas ou fotoquímicas ocasionadas por fatores
269 meteorológicos como vento, inversões térmicas, turbulências, gases e vapores ou
270 simplesmente pela topografia da região [1].

271 As fontes de poluição do ar podem ser tanto naturais quanto antrópicas, divididas
272 em móveis, como veículos em geral, ou fixas, como indústrias e vulcões. Os poluentes
273 classificam-se em primários, aqueles gerados de fontes emissoras (como o dióxido de
274 enxofre, óxido e dióxido de nitrogênio, hidrocarbonetos e partículas em suspensão), e os
275 secundários, são os gerados a partir de reações dos poluentes primários na atmosfera,
276 como o ozônio, peroxiacetil nitrato, peróxido de hidrogênio e aldeídos [2].

277 Evidências recentes indicam que a poluição aérea está presente em todo o mundo,
278 com uma leitura que revela ser suficiente para causar danos à saúde, segurança e bem-
279 estar dos seres vivos [3]. Considerando a saúde humana, observamos inúmeras
280 consequências, as mais conhecidas são as doenças respiratórias, cardiovasculares e do
281 sistema nervoso [3].

282 De fato, estimativas sobre a variedade e a carga global de doenças demonstram
283 que a poluição do ar por partículas promova no mundo cerca de 4,2 milhões de mortes por
284 ano [4].

285 Além disso, evidências revelam que a exposição prolongada à poluição do ar e à
286 proximidade do tráfego nas cidades associam-se a iniciação ou aceleração da aterosclerose
287 [5–7].

288

289 1.1. JUSTIFICATIVA

290

291 Existem vários métodos de avaliação da exposição individual à poluição aérea. Os
292 mais utilizados são modelos de proximidade, de interpolação, de regressão com base em
293 uso do território, de dispersão e integrados meteorológico-emissores [6,8,9].

294 Os métodos mais simples são os de proximidade (com mensuração da distância da
295 residência do participante da pesquisa à rua mais movimentada). São práticos, mas
296 possuem uma baixa precisão [10]. Já os modelos de interpolação utilizam dados de

297 estações meteorológicas para predizer as concentrações de poluentes em pontos não
298 monitorizados do estudo. São mais precisos, mas de difícil execução [11].

299 Tendo em vista a complexidade e o custo dos métodos de interpolação, o interesse
300 dos níveis de exposição individual à poluição para adoção de medidas de saúde pública e a
301 escassez de recursos em vários países, faz-se relevante o desenvolvimento de um
302 questionário de fácil aplicação e alta correlação com as medições dos níveis de poluentes
303 atmosféricos das estações meteorológicas.

304

305 **2. OBJETIVOS**

306 **2.1. GERAL**

307

308 Validar o questionário de exposição individual à poluição (QPOL) por meio da
309 comparação com o método de interpolação de *krigagem*.

310

311 **2.2. ESPECÍFICOS**

312

313 Relacionar cada pergunta do questionário com a média anual e/ou médias das
314 máximas diárias de poluentes específicos (MP_{2,5}, MP₁₀, PTS, fumaça, NO₂, CO e O₃);

315 Incluir no questionário final somente as perguntas com relação estatística com pelo
316 menos 1 poluente;

317 Relacionar o escore final do questionário de exposição individual à poluição (QPOL)
318 com a média anual e/ou médias das máximas diárias de poluentes específicos (MP_{2,5}, MP₁₀,
319 PTS, fumaça, NO₂, CO e O₃).

320

321 **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

322

323 A poluição do ar está relacionada à materiais dispersos no ar, produzidos por
324 diversas fontes de contaminantes. Essas formas de poluentes podem ser classificadas
325 como: estacionária (dejetos de indústria, combustão e eliminação de resíduos sólidos),
326 móvel (veículos, trens, barcos, locomotiva e demais formas de transporte), naturais
327 (tempestade de poeira, fragmentos vulcânicos e queimadas de florestas) e secundárias
328 (reações que formam o O₃ na atmosfera) [12].

329



330
331 Figura 1 - Céu de São Paulo.

332 Ar da cidade de São Paulo com poluição.
333 Fonte: céu de São Paulo (foto: Gabriel de Andrade Fernandes/Flickr, 2018).
334

335 Um fator bastante visível, de dispersão dos poluentes na atmosfera, é o vento, que
336 tem a capacidade de distribuir as concentrações dos mesmos em diferentes velocidades,
337 espalhando-as no ambiente [13].

338 O ar poluído é uma mistura com material particulado (MP) e gases que são emitidos
339 para a atmosfera, principalmente por indústrias, termoelétricas, queimas de biomassa e de
340 combustíveis fósseis [13].

341 Esses poluentes podem ser classificados como primários e secundários. Os
342 poluentes primários são emitidos diretamente para a atmosfera, e os secundários são
343 resultantes de reações químicas entre os poluentes primários [13].

344 Pode-se ver abaixo o quadro dos principais poluentes e sua origem:

345
346 Quadro 1. Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, áreas de absorção sistêmica pelo
347 sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana.

Poluentes	Fontes	Penetração no sistema respiratório	Fisiopatologia
PTS	Fontes antropogênicas: poeira da rua e de estradas, atividades agrícolas e de construções. Fontes naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas.	Nariz, garganta	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Podem causar estresse oxidativo. Exposição
MP ₁₀		Traqueia, brônquios, bronquíolos.	
MP _{2,5}	Queima de combustíveis	Alvéolos	

MP _{0,1}	fósseis e de biomassa, usinas termoeletricas.	Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea.	crônica que produz remodelamento brônquico e DPOC. Pode ser cancerígeno.
O ₃	Não é emitido diretamente na atmosfera. Sua formação ocorre através de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO _x) na presença de luz solar. A luz solar e a temperatura estimulam tais reações, de tal forma que em dias ensolarados e quentes, ocorrem picos de concentração de ozônio. As fontes de emissões de COVs e NO _x são veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usam solventes.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos.	É um agente oxidante fotoquímico e muito irritante. Provoca inflamação da mucosa do trato respiratório. Em altas concentrações, irrita os olhos, as mucosas nasais e orofaríngea. Provoca tosse e desconforto torácico. Exposição por várias horas leva a lesão no tecido epitelial de revestimento das vias aéreas. Provoca maior sensibilidade a inflamação e a obstrução das vias aéreas a estímulos como o frio e exercícios.
NO ₂	Fontes antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão (principal fonte), queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Fontes naturais: descargas elétricas	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos.	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior, aumenta a reatividade brônquica e a suscetibilidade às infecções e aos alérgicos. É

	na atmosfera.		considerado um bom marcador da poluição veicular.
SO ₂	Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo, veículos a diesel, fornos, metalurgia e fabricação de papel. Fontes naturais: atividade vulcânica.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos.	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório. Causa tosse e aumenta a reatividade brônquica, facilitando a broncoconstrição.
CO ₂	Fontes antropogênicas: queimadas florestais, combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos e transportes rodoviários. O setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso. Fontes naturais: erupções vulcânicas e decomposição da clorofila.	Alvéolos.	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca cefaleia, náuseas e tontura. Tem efeitos teratogênicos fetais. Está associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal.

348

349 PTS: partículas totais em suspensão; MP: material particulado; MP10: MP com menos de 10
350 µm de diâmetro; MP2,5: MP com menos de 2,5 µm de diâmetro; e MP0,1: MP com menos
351 de 0,1 µm de diâmetro. Adaptado de Kunzli et al [14].

352 Sabe-se que, nos grandes centros urbanos, a qualidade do ar é deteriorada pelo
353 grande número de veículos movidos a diesel, álcool ou gasolina, produzindo poluentes
354 como CO₂, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e óxido ou dióxido de enxofre [13].

355

356 3.1 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂)

357

358 É encontrado no ambiente, na forma de um gás incolor, com características ácidas,
359 irritativas e é considerado um dos mais frequentes poluentes atmosféricos hoje. Possui odor
360 forte, semelhante à produção da queima de palitos de fósforo e tem facilidade de solubilizar
361 em água. Pode sofrer alteração química para SO₃ e tornar-se Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) [13].

362 Seus efeitos estão diretamente ligados à irritação nas mucosas oculares e
363 respiratórias, além de agravar problemas cardiovasculares. Seu risco se dá a partir da
364 concentração de 800 µg/m³ e torna-se crítico ao atingir 2620 µg/m³ [15].

365

366 3.2 DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂)

367

368 Encontra-se no ambiente na forma de um gás marrom avermelhado com forte odor
369 irritativo. É considerado bastante tóxico, sendo pouco solúvel em água. Surge por meio de
370 descargas elétricas na atmosférica, por indústrias de ácido nítrico e ácido sulfúrico e
371 motores de combustão. Em condições de alta temperatura, como ocorre durante a queima
372 de combustíveis ou de usinas térmicas, o NO₂ é produzido em grande quantidade [15].

373 Seus efeitos estão diretamente ligados a lesões nos brônquios e alvéolos
374 pulmonares, além de poder aumentar a reatividade a alergênicos. Quando em doses
375 elevadas pode provocar edema pulmonar, e em menores concentrações, provoca bronquite
376 crônica e enfisema. É considerado inadequado quando atinge 1130 µg/m³ e crítico quando
377 atinge 3750 µg/m³ [15].

378

379 3.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

380

381 Apresenta-se na natureza como um gás incolor, inodoro e insípido, extremamente
382 tóxico, constituído pela combustão incompleta do carbono presente nos combustíveis,
383 queimadas florestais, materiais orgânicos e na oxidação do metano.¹⁰

384 Seus efeitos estão diretamente ligados às dificuldades respiratórias e asfixia. Pode
385 provocar a diminuição da percepção visual, da capacidade de trabalho, destreza manual,
386 capacidade de aprendizagem e do desempenho de tarefas complexas. É inadequado
387 quando atinge 15 ppm e crítico ao atingir 50 ppm em 8 horas [13].

388

389 3.4 SUBSTÂNCIAS SUSPENSAS

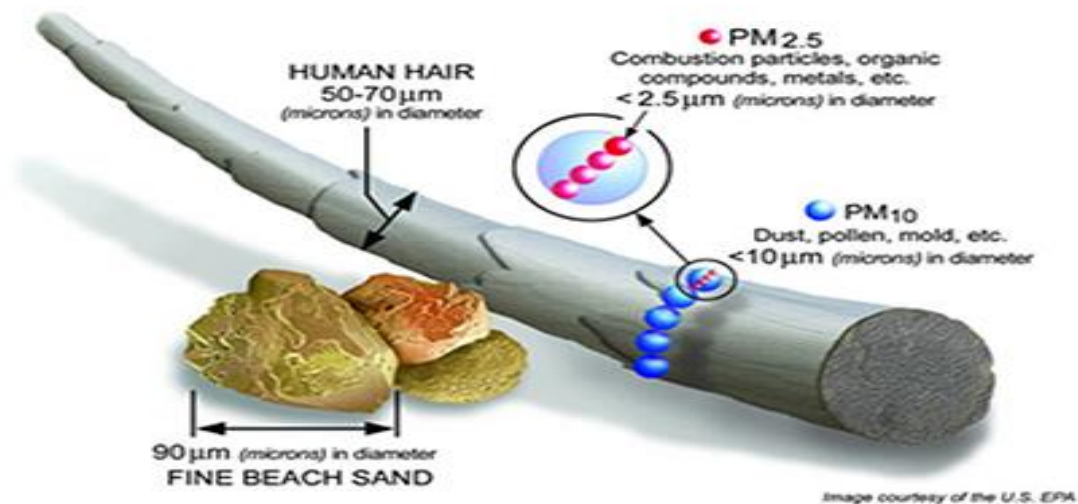
390

391 Estão presentes no ar em forma de partículas sólidas ou líquidas, de diversos
392 tamanhos, conhecidas como material particulado. Podem ser formadas por vulcões,
393 aerossóis marinhos, ação do vento sobre o solo, extração de brita, tráfego rodoviário e
394 combustão de combustíveis fósseis [12].

395

396

397



398

399 Figura 2 - Tamanhos de partículas

400 Fonte: EPA dos EUA. Avaliação Integrada de Ciências para Matérias Particulares (Relatório Final).

401 Agência de Proteção Ambiental do EUA, Washington, DC, EPA / 600 / R-08 / 139F, 2009.

402

403 Essas partículas foram classificadas de acordo com cada tamanho, agrupando-as
 404 como grosseiras, finas e ultrafinas. As partículas grossas (mostradas como pontos azuis na
 405 ilustração) caem entre 2,5 e 10 micrômetros de diâmetro e são chamadas de PM_{10-2,5} [11].
 406 Já as partículas finas (mostradas como pontos cor de rosa na ilustração) têm 2,5
 407 micrômetros de diâmetro ou menos e são chamadas de PM_{2,5} [11].

408 As partículas ultrafinas (não mostradas) são menores que 0,1 micrômetro de
 409 diâmetro e são pequenas o suficiente para passar através do tecido pulmonar para a
 410 corrente sanguínea, circulando como as moléculas de oxigênio [11].

411 Seus efeitos estão diretamente ligados à irritação ocular, nasal, do trato respiratório,
 412 bronquite, asma e mesmo à morte. São parâmetros inadequados quando atinge 250 µg/m³ e
 413 crítico ao atingir 600 µg/m³ [12].

414

415 3.5 OZÔNIO (O₃)

416

417 É encontrado na natureza como um gás incolor, inodoro e bastante insolúvel em
 418 água. É o principal componente da névoa fotoquímica, sendo extremamente irritante para
 419 quem tem contato com ela. Sua produção ocorre por meio de reações químicas complexas
 420 entre Compostos Orgânicos Voláteis e os óxidos de Nitrogênio na presença de luz solar
 421 [12].

422 É formado por componentes eliminados por indústrias químicas, lavanderias e
 423 solventes orgânicos. O ozônio pode ser agressivo para as plantas, pois inibe a fotossíntese,

424 prejudicando as colheitas em geral. Pode provocar danos como: irritação dos olhos, nariz e
425 garganta, tosse e dor de cabeça, acometendo os brônquios e os alvéolos pulmonares [12].

426

427 3.6 MODELOS DE AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO DO AR

428

429 Existem modelos que podem ser utilizados para prever a concentração de
430 poluentes aéreos em regiões não monitorizadas por estações meteorológicas (ou outros
431 métodos). Esses modelos de avaliação possuem características de avaliação diferentes e
432 podem ser classificados de acordo com essas características (o que será feito mais a frente)
433 [13].

434 Nas estradas, é liberada uma grande quantidade de produtos que promovem
435 contaminação do ar devido à circulação de veículos. Com isso, propôs-se alternativas
436 pontuais para auxiliar na criação de novos métodos de exposição geográfica e de dispersão
437 que venham identificar todos os possíveis elementos dispersos no ar [15].

438 Esses sistemas têm a função de coletar as informações geográficas (SIG) e com
439 isso combinar dados geográficos disponíveis do monitoramento de curto prazo para
440 desenvolver modelos de exposição capazes de identificar variações de poluição em
441 pequenas áreas das cidades [15].

442 Devido ao aumento da necessidade de locomoção, houve aumento da demanda
443 por transportes e aumento do tráfego de veículos automotivos. Isso fez com que houvesse
444 um aumento de pesquisas com interesse em avaliar a exposição à poluição do ar em escala
445 intra urbana ou dentro da cidade [15–17].

446 Sabe-se que, para alguns poluentes, como dióxido de nitrogênio (NO_2) e partículas
447 ultrafinas, a variação de transporte ou veículos nas cidades pode influenciar a concentração
448 dessas substâncias em microambientes urbanos (como em regiões próximas a estradas)
449 [17]. Com isso, pode-se observar um aumento na incidência de crises asmáticas em
450 crianças que moram em regiões próximas a avenidas movimentadas [18]. Além disso, sabe-
451 se que a poluição urbana, interpolada nos locais de monitoramento, também exerceu um
452 efeito autônomo sobre a mortalidade [15].

453 Nos últimos 10 anos, os avanços do sistema SIG e as técnicas estatísticas
454 associadas, se expandiram no campo das análises de exposição de poluentes. Essas
455 inovações tecnológicas e metodológicas impulsionaram os estudos sobre exposição intra
456 urbana, pois o que antes seria impossível ou levaria muitos anos para ser realizado, agora
457 pode ser feito em semanas ou meses, com uma grande facilidade [10,18,19].

458 As pesquisas na área de exposição individual à poluição feitas nos últimos 20 anos
459 podem ser agrupadas em seis classes de modelos de exposição intra urbana:

460 (1) avaliações baseadas em proximidade [10];

- 461 (2) interpolação estatística [19];
- 462 (3) modelos de regressão do uso da terra [20];
- 463 (4) modelos de dispersão de linha [21];
- 464 (5) modelos meteorológicos de emissão integrados [22];
- 465 (6) duas classes de modelos híbridos, o primeiro combinando o monitoramento da
- 466 exposição pessoal ou doméstica com um dos métodos anteriores [23], e o segundo
- 467 combinando dois ou mais dos métodos anteriores com monitoramento regional [21].

468

469 3.6.1 Modelos de Proximidade

470

471 3.6.1.1 Visão global

472

473 Esse método procura medir a proximidade da trajetória do paciente exposto à

474 poluição e pode ser considerado uma forma de representar a abordagem mais básica para

475 diferenciar as exposições intra urbanas à poluição do ar. Esses resultados ajudam a

476 entender as fontes de emissão na exposição da população [10].

477 Observamos na figura 3 ilustra uma típica estrada movimentada que promove a

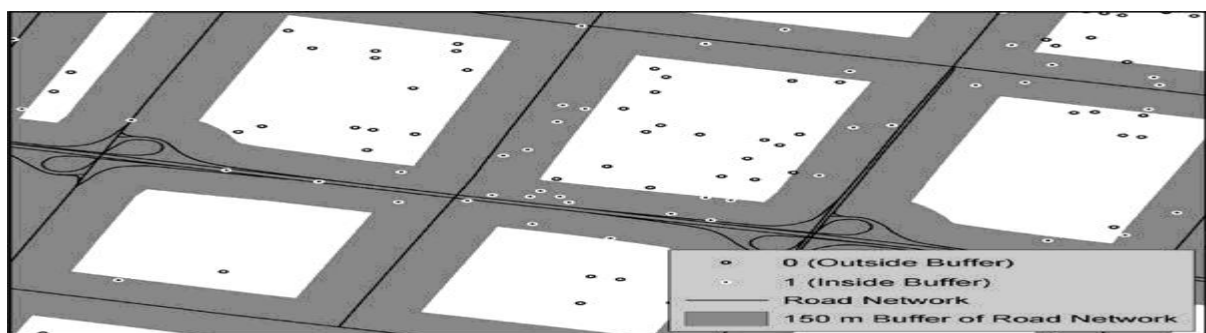
478 exposição de pessoas a possíveis contaminantes que levam a problemas respiratórios. Um

479 determinado público, com certa proximidade de distância receberia um "1", enquanto os fora

480 da distância pré-especificada receberiam um "0". As estimativas de proximidade têm sido

481 amplamente utilizadas para avaliar a exacerbação dos sintomas de asma em crianças [10].

482



483

484 Figura 3 - Classificação binária dentro de um esquema de buffer para modelos de

485 proximidade

486 Exemplo de classificação binária dentro de um esquema de buffer para modelos de proximidade.

487 Fonte: GIOVIS, C. et al. A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models. In: *Journal*

488 *of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15, 185-204. USA, 2005.

489

490 3.6.2 Descrição de estudos de proximidade

491

492 Nesses estudos, os pesquisadores combinam medidas de proximidade com as

493 medidas de densidade de tráfego para classificar, diferencialmente, a exposição com base

494 nas emissões potenciais e na distância de sua origem, sendo medidos o material particulado
495 inferior a $2,5 \mu m$ (MP_{2,5}), NO₂ e benzeno [11,20].

496 Por esse método, foi possível verificar um aumento de prevalência de doenças,
497 como o câncer de pulmão e mortalidade por Acidente Vascular Cerebral (AVC), dentro de
498 regiões com maior densidade de tráfego ou maior proximidade a estradas movimentadas
499 [11,24].

500

501 3.6.2.1 Limitações do método de proximidade.

502

503 Apesar do método de proximidade promover uma excelente aplicação direta para a
504 análise de exposição a longo prazo, possui limitações consideráveis, como:

505 1. Usar um número restrito de covariáveis pode confundir a relação entre poluição do ar
506 e saúde. Com isso, pode-se ignorar a exposição da população aos gases de escape em
507 locais que não sejam locais de residência, como escola ou trabalho, levando a erros de
508 classificação e estimativas de risco eminentes [18].

509 2. Os veículos podem influenciar as emissões e alguns estudos não levaram isso em
510 consideração [10,18,25].

511 3. Os padrões e direção do vento e topografia podem violar a suposição implícita de
512 dispersão isotrópica subjacente a este método. A poluição do ar, nesse método, é
513 considerada um processo espacial contínuo que decairia com a distância da estrada [25].

514 4. Segundo Rijnders et al. (2001) [26], as medidas relacionadas à poluição, como a
515 distância da via expressa, estão correlacionadas com marcadores de poluição no trânsito,
516 mas em ambientes complexos, esse método básico pode promover valores incorretos da
517 exposição quanto ao terreno e as condições meteorológicas.

518

519 3.6.3 Modelos de interpolação

520

521 3.6.3.1 Visão global

522

523 Os modelos de interpolação dependem de técnicas geoestatísticas determinísticas
524 e estocásticas. Essas medições do poluente alvo são obtidas em um conjunto de estações
525 de monitoramento distribuídas por toda a área de estudo [27], e tem como objetivo gerar
526 estimativas da concentração de poluentes em locais diferentes da localização das estações
527 de monitoramento. Podem ser obtidas no centro de uma grande área de estudo, de modo
528 que uma superfície com concentração de poluição possa ser classificada [27].

529 Os métodos produzidos por *krigagem* são conhecidos como interpoladores ideais,
530 porque fornecem a melhor estimativa imparcial linear com valores das variáveis em qualquer

531 ponto da área de estudo [28]. Promovem uma grande vantagem construída por meio dos
532 valores previstos e de seus erros padrões em locais não amostrados. Esses erros
533 quantificam o grau de incerteza nas previsões espaciais em locais não amostrados,
534 ilustrando onde a interpolação é menos confiável [29].

535 Esse estudo é feito de primeira ordem, também é conhecido como tendências
536 globais, que medem amplas tendências de dados em toda a área de estudo. Em contraste
537 de segunda ordem, medem variações locais que são uma função da distância entre os
538 pontos observados [28].

539 Outros métodos, como splines, que pode gerar uma leitura da distância inversa e
540 de triangulação de Theissen, dependem de algoritmos determinantes ou geométricos que
541 podem produzir estimativas razoáveis do poluente em locais não amostrados, mas não
542 oferecem meios de avaliar esses erros estatisticamente, representados nas estimativas [29].

543

544 3.6.3.2 Aplicação do modelo de interpolação

545

546 Os estudos, na sua maioria, foram feitos na América do Norte e Europa [28–30].
547 Foram utilizadas modelagem geoestatística para estimar os níveis de SO₂ e PTS em
548 pequenas áreas [30].

549 Outras variáveis, como densidade populacional, emissões de tráfego ou condições
550 meteorológicas, podem ser vinculadas à concentração de poluentes. Uma técnica conhecida
551 como *cokrigagem*, integra o comportamento espacial do poluente e da variável auxiliar,
552 incorporando a correlação cruzada entre eles [31].

553

554 3.6.3.3 Limitações do modelo de interpolação

555

556 As principais vantagens das técnicas de interpolação sobre os modelos de
557 proximidade é o uso de medidas reais de poluição no cálculo das estimativas de
558 exposição. Com isso, fornece credibilidade à análise, quantificando o nível de diferença de
559 exposição entre as pessoas estudadas e calculando as relações dose-resposta [30].

560 Todas as técnicas de interpolação como Interpolação pela Ponderação do Inverso
561 da Distância (IDW), spline, polinômios globais ou locais e técnicas multiquadráticas,
562 rotineiramente promovem artefatos de estimativa. Esses artefatos se assemelham a fontes
563 de buscas ou dados escondidos da poluição, podendo ser atribuídos a distância ponderada
564 envolvida nesses cálculos de interpolação [30].

565 Nas avaliações, tem se três questões principais que promovem observações sobre
566 suas qualidades de uso no dia a dia, são elas [11]:

567 (1) Os algoritmos de interpolação são mecanicistas, não levam em consideração outros
568 fatores, como terreno ou padrões localizados em outros possíveis pacientes.

569 (2) A variabilidade pode ser exagerada com muitos picos e depressões com um gradiente
570 muito alto;

571 (3) Algoritmos podem produzir erros nas bordas, devido à falta de dados. Outros dados
572 podem ser adicionados entre os pontos de dados que se deseja medir, para eliminar a
573 ponderação da distância ou os efeitos de borda (normalmente produzidos com
574 algoritmos de interpolação regulares). O método de *krigagem* pode ser a melhor opção,
575 já que grande parte da variabilidade local errônea é produzida com outras interpolações,
576 sendo mais bem tratada pela estrutura intrínseca do modelo de *krigagem*.

577 Dessa forma, a variação da poluição na área de estudo depende da distância entre
578 os locais e a direção da linha reta que liga os locais. A violação dessa suposição pode levar
579 a erros de estimativa, embora a técnica seja desenvolvida suficientemente bem para permitir
580 a detecção de tais erros [30].

581 Outra desvantagem está relacionada à disponibilidade dos dados de monitoramento
582 e à quantidade de locais de monitoramento para uma área urbana. Quando limitados,
583 podem levar a erros indesejados nas estimativas, topografia da área de estudo e condições
584 meteorológicas predominantes [30].

585 Outro fator a ser analisado é o alto custo da coleta de dados primários. Isso pode
586 levar os pesquisadores a fazer as coletas de dados por curtos períodos de tempo, o que
587 pode ou não representar a demanda das pesquisas e distribuição do poluente a longo prazo
588 [30,32].

589

590 3.6.4 Modelos de regressão do uso da terra

591

592 3.6.4.1 Visão global

593

594 É uma metodologia conhecida como de regressão do uso da terra, que procura
595 prever concentrações de poluição em um determinado local, com base nas características
596 de uso e tráfego local [17].

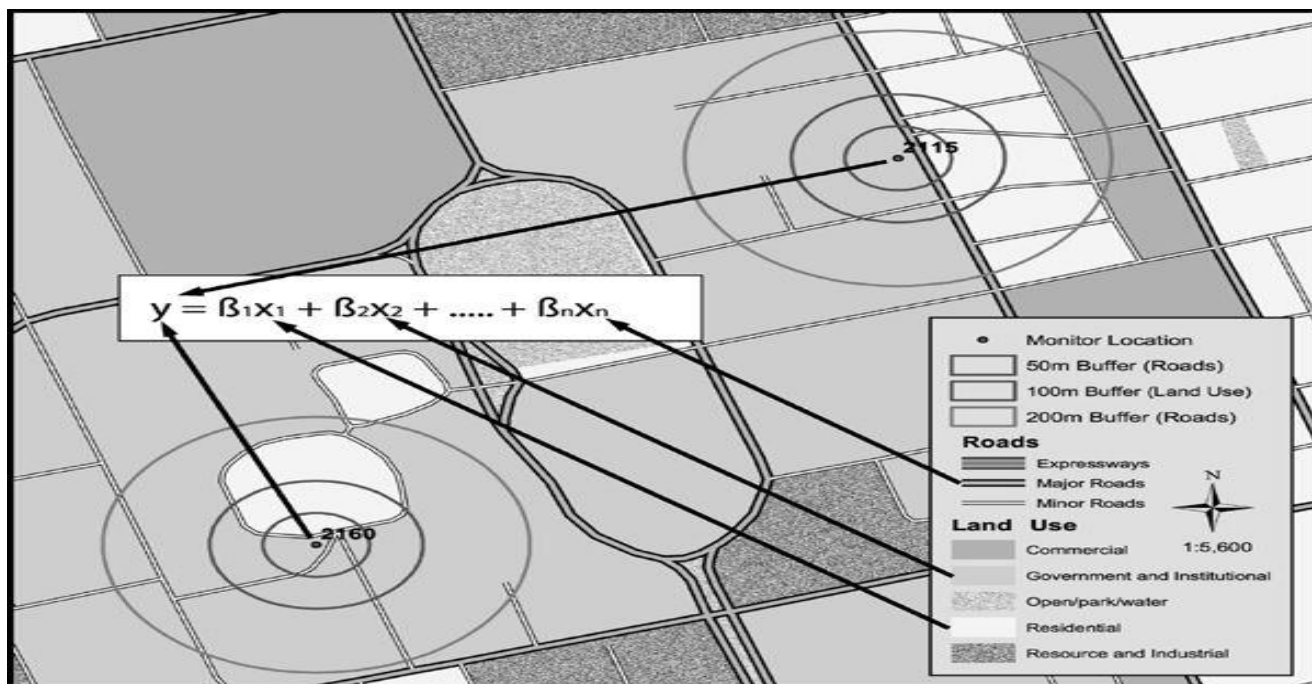
597 Esse método usa as concentrações de poluição medidas por escala (y) nos
598 locais (s) como variável de resposta aos vários tipos de uso da terra (x) nas áreas próximas
599 aos locais (s) chamados de amortecedores [17].

600

601

602

603



604
605
606
607
608
609

Figura 4 - Método de regressão

Fonte: GIOVIS, C. et al. A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models. In: *Jornal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15, 185-204. USA, 2005.

610 Na figura 4, é possível a visualização de todos os elementos de um modelo de regressão
611 com o uso da terra, mostrando os locais de monitoramento do NO₂ (como variável de
612 resposta) e outras elementos do uso da terra dentro da área de leitura, possuindo variáveis
613 de informações [17].

614

3.6.4.2. Aplicação do modelo de regressão do uso da terra

615
616

617 Todos os estudos foram feitos em escala intra urbana, através de tráfego rodoviário
618 e distância das estradas. Foram feitas estimativas de exposição à poluição, utilizadas para a
619 predição da média de NO₂ no estudo SAVIAH, mostradas na figura 4 [33].

620 A regressão com base no uso da terra também foi utilizada para determinar as
621 concentrações de MP_{2.5}. Foram feitas análises de regressão múltipla para características do
622 MP_{2.5} (incluindo as variáveis de absorvância e concentração de filtro) que foram regredidas
623 em relação a várias variáveis de tráfego. O primeiro conjunto de regressões utilizou
624 variáveis que foram compiladas do sistema GIS [13].

625

3.6.4.3 Limitações do modelo de regressão do uso da terra

626
627

628 A avaliação dos modelos de regressão com base no uso da terra é feita por meio
629 do LUR, que é uma estrutura empírica de mapeamento de regressão, que permite a

630 adaptação a áreas sem monitoramento adicional e também auxilia no monitoramento mais
631 intensivo, por meio da instalação de estações adicionais que permitem ter uma melhor
632 precisão de dados [11].

633 Os limites desse método para extrapolação tornam-se aparentes quando se utilizam
634 áreas de estudo com uso e topografia da terra muito diferentes. A extrapolação pode ser
635 possível em ambientes geográficos semelhantes, a partir de áreas urbanas com
636 características semelhantes [17].

637 O método pode ser aplicado a outros poluentes presentes no ar com uma rede de
638 monitoramento específico. Com isso, há maior chance de coletar informações sobre todos
639 os possíveis poluentes que estão presentes nas áreas rurais e urbanas [17].

640

641 3.7 FATORES METEOROLÓGICOS, SUAS RELAÇÕES COM POLUENTES 642 ATMOSFÉRICOS E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

643

644 Existem vários parâmetros meteorológicos como temperatura, umidade, direção e
645 velocidade do vento e fatores topográficos que podem nos direcionar quanto à dispersão e a
646 forma de transporte que os poluentes utilizam para se dissipar no meio ambiente [34].

647 De todos esses fatores, o que tem mais relevância é o vento, pois promove o
648 processo de mistura na atmosfera, que causa a dispersão dos poluentes, e a turbulência
649 que faz os poluentes frequentarem várias direções e dissiparem-se, modificando assim seus
650 níveis de concentração [34].

651 Para qualquer pesquisa, os fatores meteorológicos são importantes no estudo da
652 dispersão de poluentes no ar. Assim, por meio de fórmulas e equações empíricas, obtêm-se
653 resultados que promovam a identificação de concentração e possíveis causas de danos à
654 saúde das pessoas [34].

655 Em todo o mundo, tem-se uma grande preocupação com o aumento da poluição do
656 ar, pois pode prejudicar a saúde de crianças, jovens e adultos e provocar doenças muitas
657 vezes silenciosas que podem levar a óbito [35].

658 Há um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que reúne informações geográficas
659 e dados meteorológicos de várias áreas. É uma boa ferramenta para mapear informações
660 de uma região e coletar dados de lugares, pessoas e doenças [35].

661 Quando usado, esse sistema pode ajudar a mapear a exposição ambiental a
662 poluentes aéreos, por meio de dados de poluição do ar (incluindo concentrações de
663 poluentes e dispersão em forma de emissões de produtos) [35].

664

665 3.8 ESTUDOS DOS EFEITOS DE POLUIÇÃO DO AR

666

667 Os efeitos dos poluentes sobre a saúde podem ser agudos ou crônicos. Os efeitos
668 agudos se manifestam após um curto espaço de tempo entre a exposição e consequências,
669 podendo ocorrer em horas ou dias. Já os efeitos crônicos são avaliados geralmente em
670 estudos longitudinais com duração de anos ou décadas [36].

671 Pesquisas recentes mostram que, no mundo, a poluição do ar atinge grandes
672 proporções e pode provocar ou piorar doenças cardiovasculares. Outros estudos relataram
673 que a exposição a longo prazo está associada a um aumento de mortalidade geral
674 [32,37,38].

675 A poluição do ar pode causar inflamação no aparelho respiratório, induzindo ações
676 oxidantes que provocam aumento da acidez, da viscosidade e da consistência do muco ou
677 fluido produzido pelas vias aéreas, levando, conseqüentemente, à diminuição da resposta
678 e/ou eficácia do sistema muco ciliar do indivíduo que teve contato [7].

679 A poluição aérea tem sido associada a redução da função pulmonar, promovendo
680 faltas à escola, decréscimo nas taxas de pico de fluxo expiratório em crianças normais e
681 aumento no uso de medicamentos por crianças ou adultos com asma [20,33].

682 Os sintomas crônicos da doença pulmonar podem ser observados pela dispneia,
683 tosse, produção de muco e intolerância ao exercício, associados à ansiedade e depressão.
684 São os principais responsáveis pela alteração da relação entre saúde e qualidade de vida
685 nesses indivíduos [39].

686 Tem se observado que o aumento nas internações por doenças respiratórias
687 crônicas de 18% e 14%, respectivamente para doença pulmonar obstrutiva crônica e asma,
688 em idosos, foram associados a exposições diárias nas concentrações de dióxido de enxofre
689 (11,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e ozônio (35,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [40].

690 Além disso, há evidências consistentes sobre os efeitos da poluição do ar,
691 especialmente do material disperso particulado fino que provoca doenças cardiovasculares
692 [41].

693

694 3.9 CAUSAS DE POLUIÇÃO NAS GRANDES CIDADES

695

696 Tem se observado que no século XX, houve um aumento progressivo de emissão
697 de poluentes, reduzindo a qualidade de vida dos residentes de cidades mais expostas à
698 poluição [30].

699 Devido ao grande número de veículos e a presença de indústrias, como refinarias,
700 polos petroquímicos, centrais de geração de energia e siderúrgicas, que são as principais
701 emissoras contaminantes do ar, ocorre uma redução na qualidade do ar nas metrópoles
702 brasileiras, e em muitas cidades médias. Como resultado, seus habitantes estão sujeitos a
703 contínuas exposições nesse ambiente [42].

704 No Brasil, foi instituído o Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, criado
705 em 1981, vinculado ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
706 Renováveis – Ibama, que é o órgão federal que dispõe sobre as normas de monitoramento
707 e controle da poluição do ar [39].

708 Segundo o Conama, as substâncias vinculadas aos parâmetros indicadores da
709 qualidade do ar correspondem às partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas
710 inaláveis (PI), dióxido de enxofre – SO₂, monóxido de carbono – CO, ozônio – O₃ e dióxido
711 de nitrogênio – NO₂ [43].

712 Uma visão geral do impacto da poluição, no Brasil, foi feita inicialmente pela
713 comparação de parâmetros que a qualidade do ar e seus impactos sobre o sistema
714 respiratório e sobre outros sistemas. Grande parte dos trabalhos foram realizados na cidade
715 de São Paulo, por ser considerada a maior metrópole brasileira e possuir uma extensa frota
716 de veículos [44,45]. Um dos principais problemas são as doenças respiratórias de crianças e
717 idosos, expostos à contaminação do ar por dióxido de enxofre [46].

718 Apesar dos cuidados empreendidos na melhoria das emissões, tem-se observado
719 um agravamento na relação dos contaminantes em relação à saúde em geral.
720 Principalmente nos municípios de São Paulo e do Rio de Janeiro [3].

721 Segundo, Gouveia et al. (2000) verificou-se que:

722

723 No município de São Paulo foi encontrado que aumentos de 10µg/m³ nos
724 níveis dos poluentes atmosféricos estão associados a aumentos nas
725 internações infantis por doenças respiratórias da ordem de 7% para o MP10
726 e SO₂, e de 1,7% para CO. Hospitalizações por pneumonia nessa faixa
727 etária também se encontraram associadas a estes poluentes, porém com
728 menor magnitude. Em idosos, associações com internações por doenças
729 respiratórias também foram encontradas: cerca de 2% de aumento nas
730 internações associadas com aumentos no MP10, 10% para o SO₂, 3% para
731 o CO [3].

732

733

734 Além disso, na cidade de São Paulo, ocorreu um aumento de mortalidade entre 1996
735 e 2005 associados a má qualidade do ar. Foram considerados dados de mortalidade por
736 doenças cardiovasculares, pulmonar obstrutiva crônica e por câncer do pulmão. Esses são
737 números estimados de mortes em adultos com idade superior a 25 anos [47].

738 Já na cidade do Rio de Janeiro, o levantamento de Gouveia et al. (2000) teve outros
739 dados que refletem a saúde do estado.

740

741 No Município do Rio de Janeiro, as internações por doenças respiratórias
742 em crianças mostraram um aumento de 1,8% com aumentos de 10µg/m³
743 nos níveis de MP10. Nos idosos, as medidas de concentrações de MP10 e
744 NO₂ associaram-se positivamente com as internações hospitalares por
745 doenças respiratórias. O aumento dos níveis de PTS mostrou tendência de

746 aumento – não significativa estatisticamente – da mortalidade por doenças
747 cardiovasculares e respiratórias em idosos no Rio de Janeiro [3].
748
749

750 3.10 OUTRO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR E CONCEITOS 751 ADICIONAIS 752

753 A medicina a todo momento busca evoluir para obter melhores respostas para os
754 processos patogênicos na população em geral. Cada vez mais a poluição vem se mostrando
755 uma precursora de doenças que agridem o sistema nervoso e respiratório [8,48].

756 Abaixo, são explicados outro método de avaliação da poluição do ar, o Sistema de
757 Informações Geográficas e conceitos sobre as estações meteorológicas.
758

759 3.10.1 Sistema de Informações Geográficas (SIG) 760

761 O Sistema de Informações geográficas é um banco de dados online que pode ser
762 acessado por indivíduos cadastrados, contendo informações de outros trabalhos já
763 realizados, dados meteorológicos, mapeamento de regiões, dados climáticos, entre outros.
764 Esse sistema pode ser utilizado como uma ferramenta de mapeamento e análise
765 computacional, permitindo a utilização de dados geográficos para o mapeamento de
766 doenças e de outras dados [49].

767 Esse sistema promove uma certa organização dos dados geográficos, pois localiza
768 as emissões meteorológicas, a topografia da região de interesse, os dados logísticos e
769 concentração de poluentes em cada área, além de fornecer informações sobre a dispersão
770 de poluentes no ar [34].
771

772 3.10.2 Bioindicador da poluição atmosférica 773

774 A qualidade do ar pode ser avaliada por nível local, regional, nacional e
775 internacional através de emissões de modelo matemático e de medidas das concentrações
776 ambientais dos principais poluentes que possam estar nessa região [50].

777 Desde o século passado, iniciou-se o uso de um procedimento que consiste na
778 utilização de organismos vivos como método de auxílio na detecção de alteração na
779 qualidade do ar atmosférico [51].

780 Biomonitoramento é definido como um método experimental indireto que verifica a
781 existência de poluentes numa certa área com o uso de organismos vivos. Esses organismos
782 respondem ao estresse da poluição por modificações nos ciclos vitais ou pela acumulação
783 de poluentes em seu interior ⁴². Quando sofrem alterações morfológicas, fisiológicas,

784 genéticas e etiológicas são consideradas sensíveis à poluição e conhecidos como
785 bioindicadores de reação [50].

786 Esse método apresenta, no geral, baixo custo de instalação e acompanhamento e
787 ausência de aparelhos sofisticados de medição. Além disso, são eficazes no monitoramento
788 de áreas amplas e viáveis para avaliar elementos químicos de baixa concentração [52].

789 Entre os organismos mais utilizados se destacam os líquens, que são organismos
790 simbióticos permanentes entre os fungos e algas (podendo ser algas clorofíceas ou
791 cianofíceas e fotobiontes) ou cianobactérias [52].

792 Já os fungos podem ser das famílias ficomicete, ascomicete e basideomicete
793 (conhecidos como fungos imperfeitos, que possuem grande capacidade de absorver água
794 para sua sobrevivência). Os musgos que são da classe *Musci*, da divisão *Bryophyta*, são
795 muito utilizados devido sua ampla distribuição geográfica e capacidade de sobrevivência em
796 ambientes poluídos [52].

797 Outros organismos que podem ser utilizados são as plantas superiores vasculares,
798 que possuem ramificações da sua espécie: *Cycadophyta*, *Ginkgophyta*, *Coniferophyta*,
799 *Gnetophyta* e *Angiospermas* [52].

800 O uso das plantas visa verificar modificações em atividades fisiológicas e a
801 presença de substâncias nocivas de ocorrência em intoxicações crônicas. Além do mais,
802 permitem a pesquisa de longa duração de concentrações de poluentes em áreas extensas
803 [52].

804

805 3.10.3 Estações de Monitoramento

806

807 Essas estações têm a finalidade de monitoramento da qualidade do ar. Esses
808 equipamentos são capazes de promover a medição de partículas presentes no ar com uma
809 precisão bastante elevada. São de alto valor financeiro e requerem grandes estruturas [53].

810 Na cidade de São Paulo o órgão responsável pelo monitoramento do ar é
811 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Os poluentes monitorados por
812 esse órgão servem como indicadores da qualidade do ar e são escolhidos por sua
813 frequência de ocorrência e os seus efeitos adversos. São eles: material particulado (MP),
814 dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), compostos orgânicos
815 voláteis (COV) e óxidos de nitrogênio (NO_x) [53].

816

817 3.11 REVISÃO DE ESTUDOS RELACIONADOS A POLUIÇÃO DO AR EM SÃO PAULO

818

819 Foi elaborada uma revisão de artigos sobre a influência da poluição do ar na cidade
820 de São Paulo. Foram encontrados um total de 92 trabalhos, utilizando os descritores na

821 base de dados Scielo, Google acadêmico, Pubmed e Bibliotecas on-line de universidades.
 822 Desses artigos, 16 se encaixaram nos critérios para elaboração do trabalho e assim foram
 823 selecionados para a análise.

824

825 Quadro 2. Principais pesquisas no estado de São Paulo sobre o efeito da poluição do ar na
 826 saúde

Autor	Cidade	Ano	Periódico	Título
Ribeiro e Pesqueiro [54]	Espírito Santo do Turvo (SP)	2010	Estudos Avançados	Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças
Jasinski et al. [55]	Cubatão	2011	Cadernos de Saúde Pública Poluição	Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004
Amâncio e Nascimento [56]	São José dos Campos	2012	Revista da Associação Médica Brasileira	Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais
Carneseca et al. [57]	Ribeirão Preto	2012	Cadernos de Saúde Pública	Associação entre a poluição atmosférica por material particulado e contagens mensais de procedimentos de inalação e nebulização em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil
Nascimento et al. [58]	São José dos Campos	2012		Poluentes ambientais e internações devido a acidente vascular encefálico
Yanagi et al. [59]	São Paulo	2012	Cadernos de Saúde Pública	Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no município de São Paulo, Brasil
Cesar et al. [60]	Piracicaba	2013	Revista de Saúde Pública	Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças

Nardocci et al. [61]	Cubatão	2013	Cadernos de Saúde	Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil
Negrisoni e Nascimento [62]	Taubaté	2013	Revista Paulista de Pediatria	Poluentes atmosféricos e interações por pneumonia em crianças
Amâncio e Nascimento [63]	São José dos Campos	2014	Medical Journal	Poluição ambiental e óbitos devido a acidente vascular encefálico em uma cidade com baixos níveis de poluentes: estudo ecológico de séries temporais
Gavinier e Nascimento [64]	Sorocaba	2014	Ambiente & Água	Poluentes atmosféricos e interações por acidente vascular encefálico
Lima et al. [65]	José dos Campos	2014	Ambiente & Água	Associação entre a exposição materna ao material particulado e parto prematuro
Nicolussi et al. [66]	Ribeirão Preto	2014	Revista de Saúde Pública	Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares
Pinheiro et al. [67]	São Paulo	2014	Revista de Saúde Pública	Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias
Santos et al. [68]	São José dos Campos	2014	Revista Paulista de Pediatria	O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista
Barbosa et al. [69]	São Paulo	2015	Cadernos de Saúde Pública	Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme

827 Fontes: Estudos avançados 30 (86), 2016 [45].

828 Nesses estudos, foram investigadas a associação de doenças respiratórias,
829 cardiovasculares, hematológicas e complicações obstétricas com a poluição do ar. Abaixo, é
830 fornecido um resumo das principais associações descritas.

831

832

833

Autor e ano	Variáveis		Idade
	Doenças	Poluentes	
Ribeiro e Pesqueiro, 2010 [54]	Respiratórias	PM10, PTS e NO ₂	10 a 13
Jasinski et al. 2011 [55]	Respiratórias	PM10, NO ₂	00 a 19
Amâncio e Nascimento, 2012 [56]	Asma brônquica	PM10, O ₃ , SO ₂	≤10
Carneseca et al., 2012 [57]	Procedimentos de inalação/nebulização	MP10	Todas
Nascimento et al., 2012 [58]	Acidente vascular cerebral	PM10, SO ₂ , O ₃	≥50
Yanagi et al., 2012 [59]	Incidência e mortalidade por câncer	MP10	Todas
Cesar et al., 2013 [60]	Respiratórias	MP10	0 a 10
Nardocci et al., 2013 [61]	Respiratórias e cardiovasculares	PM10, O ₃ , SO ₂	39
Negrisola e Nascimento, 2013 [62]	Pneumonia	MP10, NO, NO ₂ SO ₂ , O ₃	0 a 10

Amâncio e Nascimento, 2014 [63]	Acidente vascular cerebral	MP10, SO ₂ , O ₃	Todas
Gavinier e Nascimento, 2014 [64]	Acidente vascular cerebral	MP10, O ₃ , NO, NO ₂	≥50
Lima et al., 2014 [65]	Recém-nascidos prematuros	MP10, SO ₂ , O ₃	Recém-nascidos
Nicolussi et al., 2014 [66]	Asma, rinite e eczema tópico	MP10, SO ₂ , O ₃	6 a 7
Pinheiro et al., 2014 [67]	Respiratórias e cardiovasculares	PM1	0 >40 >60
Santos et al., 2014 [68]	Peso ao nascer	MP10, SO ₂ , O ₃	Recém-nascidos
Barbosa et al., 2015 [69]	Anemia falciforme	MP10, NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃	<18

835 Fonte: Estudos avançados 30 (86), 2016 [45].

836 PM10: Partículas Inaláveis

837 PTS: Partículas totais em suspensão

838 NO₂: Dióxido de nitrogênio

839 O₃: Ozônio

840 SO₂: Dióxido de enxofre

841 MP10: Material particulado de 10 micrômetros

842 NO: Nóblio

843 CO: Monóxido de carbono

844

845

846 4. METODOLOGIA

847

848 4.1 POPULAÇÃO DE ESTUDO E INTRODUÇÃO DA METODOLOGIA

849

850 Foram recrutados 191 indivíduos moradores da cidade de São Paulo (entre 2011 e
851 2012). As características demográficas da população de estudo estão descritas nas tabelas
852 1 ao 4 e na figura 1. Os locais de coleta na cidade de São Paulo foram repartições públicas,
853 bancos, igrejas e centros de comércio. A cidade de São Paulo foi escolhida por ser uma das
854 maiores metrópoles da América Latina, com mais de 12 milhões de habitantes, pela
855 presença de estações meteorológicas e pela maior concentração de poluentes em relação a
856 áreas rurais. Os locais de coleta foram selecionados pelo grande fluxo de pessoas. Os
857 critérios de inclusão foram: ter 18 anos ou mais e residir em São Paulo há pelo menos 1
858 ano. Todas essas informações foram coletadas uma única vez com cada indivíduo da
859 pesquisa, sendo essa pesquisa um estudo transversal. A pesquisa foi aprovada pelo comitê
860 de ética da Universidade de São Paulo, sob o número 345.784, em 31/07/2013. Todos os
861 participantes da pesquisa assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido em 2
862 cópias.
863

864 Tabela 1. Tabela descritiva da em relação a idade dos participantes.

	Idade
Média	53,71
Desvio-Padrão	18,36
Máximo	93,00
Mínimo	18,00
Variação	75,00

865

866 Tabela 2. Tabela descritiva em relação ao sexo dos participantes.

	Quantidade	Porcentagem [%]
Homens	82	36,10
Mulheres	145	93,90

867 Tabela 3. Tabela descritiva em relação a escolaridade dos participantes.

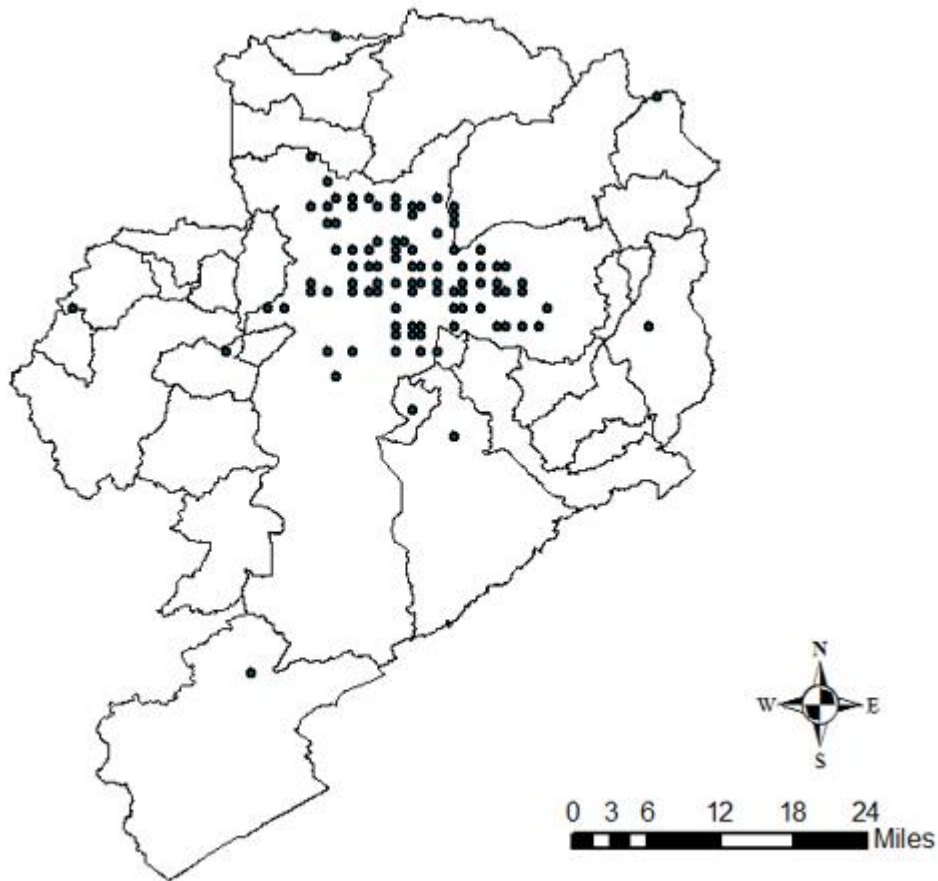
	Quantidade	Porcentagem [%]
Ensino Fundamental incompleto	63	27,80
Ensino Fundamental completo	13	5,70
Ensino Médio incompleto	11	4,80
Ensino Médio completo	58	25,60
Ensino Superior incompleto	17	7,50
Ensino Superior completo	64	28,20

868

869 Tabela 4. Tabela descritiva em relação a raça dos participantes.

	Quantidade	Porcentagem [%]
Branco	159	70,00
Negro	17	7,50
Pardo	44	19,40
Amarelo	6	2,60
Não soube responder	1	0,40

870



871

872 Figura 5. Local geográfico (de acordo com a latitude e longitude) das residências dos
873 participantes do estudo em São Paulo e municípios lindeiros.

874

875 Um questionário contendo perguntas potencialmente relacionadas à exposição a
876 poluição aérea foi aplicado em todos os participantes, para uma possível avaliação indireta
877 da exposição individual à poluição aérea. Além disso, foram coletados dados (como
878 concentrações e médias de máximas anuais de poluentes específicos) de estações
879 meteorológicas da cidade de São Paulo e municípios lindeiros, com interpolação pelo
880 método de krigagem para as residências dos participantes do estudo. Esse método foi
881 utilizado como forma validada de avaliação da exposição individual à poluição aérea.

882 Com o intuito de relacionar as perguntas do questionário com um método validado
883 de exposição, foram aplicadas regressões logísticas multinominais com as perguntas e as
884 concentrações de poluentes. As perguntas que tiveram relação estatística significativa com
885 algum poluente foram pontuadas e incluídas em uma versão final do questionário de
886 avaliação da exposição individual à poluição aérea (QPOL). Por fim, a pontuação final do

887 score foi submetida a correlações de Spearman com as concentrações de poluentes, para
888 se verificar sua confiabilidade.

889

890 4.2 MENSURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO PELO MÉTODO DE 891 KRIGAGEM

892

893 Foram obtidas por consulta as médias das concentrações anuais de 2011 e 2012 dos
894 poluentes Material Particulado de 2,5 micrômetros (MP2,5), Material Particulado de 10
895 micrômetros (MP10), Partículas Totais em Suspensão (PTS), fumaça e Dióxido de
896 Nitrogênio (NO₂) das estações meteorológicas da cidade de São Paulo do banco de dados
897 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)[43], assim como seus
898 endereços e as respectivas latitudes e longitudes. No caso do PTS e da fumaça, foram
899 consultadas as médias das máximas diárias. As estações meteorológicas verificam os níveis
900 desses poluentes 24 horas por dia durante todo o ano, por meio de separação inercial e
901 filtração (MP2,5 e MP10), de amostrador de grandes volumes (PTS) e refletância (fumaça).
902 No caso do NO₂, os níveis foram verificados 1 hora por dia durante todo o ano, por meio de
903 quimiluminescência [43].

904 A exposição ao Monóxido de Carbono (CO) e ao Ozônio (O₃) foi feita por cálculo da
905 média anual das ultrapassagens do padrão primário nacional dos níveis de CO, fixadas pelo
906 Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 03 de 28/06/90 (concentrações de
907 poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população). Os níveis de CO são
908 verificados no período de 8 horas por dia durante todo o ano, por infravermelho não
909 dispersivo. Assim como para os poluentes anteriores, foram consultados os endereços das
910 estações e respectivas latitude e longitude [43,70].

911 As médias aritméticas ou geométricas anuais de cada poluente foram calculadas e
912 os valores atribuídos a cada ponto do mapa de São Paulo e região metropolitana onde se
913 encontram as estações meteorológicas (utilizando a latitude e a longitude desses pontos).
914 As médias de concentrações anuais foram interpoladas para o restante dos pontos
915 geográficos da região de estudo, utilizando-se o método de análise espacial de krigagem
916 [27]. Posteriormente, os pontos geográficos dos endereços dos participantes foram
917 colocados nos mapas interpolados de cada poluente, extraíndo-se o valor aproximado de
918 exposição a poluição nos endereços dos indivíduos da pesquisa. Com isso, procurou-se
919 medir diretamente a exposição individual a cada poluente (figura 6). Utilizou-se o programa
920 ArcGIS (ESRI Inc., Redlands, CA) para análise espacial, extração e interpolação de dados
921 meteorológicos. Alguns valores de médias anuais de ozônio e de monóxido de carbono

922 possuem valores discrepantes (muito altos ou muito baixos), por isso, os gráficos das
923 respectivas substâncias possuem as características demonstradas.

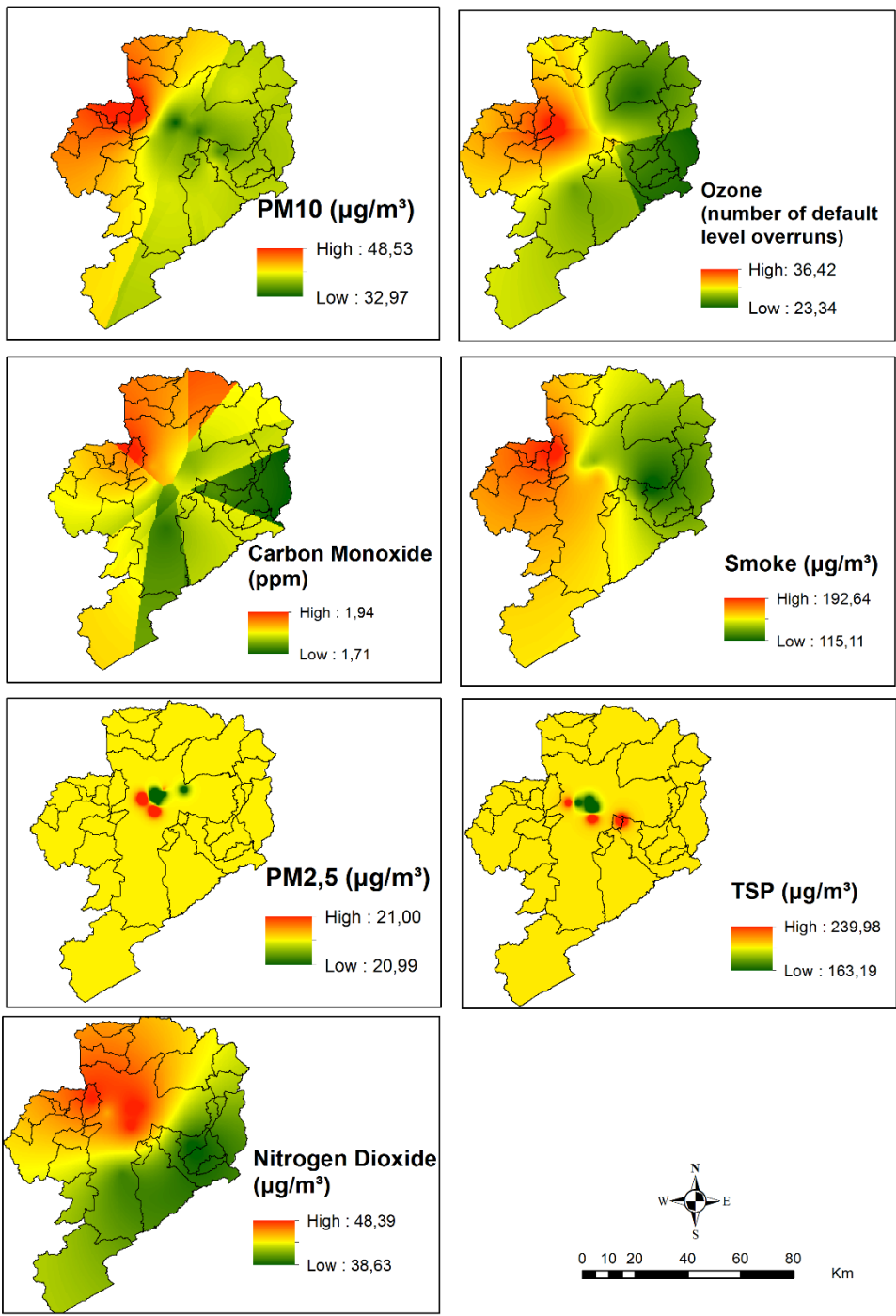
924

925

926

927

928



929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941 Figura 6. Mensuração direta da concentração dos poluentes (MP10, Ozônio, Dióxido de
942 carbono, Smoke, PM2,5, TSP, Nitrogen dioxide) em São Paulo e municípios limieiros
943 interpolados pelo método de Kriging no período do estudo.

944

945

946 4.3 QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO
947

948 Um questionário inicial contendo perguntas potencialmente relacionadas à exposição
949 a poluição aérea foi aplicado em todos os participantes, para uma possível avaliação indireta
950 da exposição individual à poluição aérea (tabela 5). As perguntas do questionário incluíram
951 questões visando avaliar a exposição do indivíduo à poluição no trânsito como a quantidade
952 de horas gastas nessa atividade e questões para graduar a exposição à poluição na
953 residência questionando sobre a intensidade de tráfego e a distância para rua mais
954 movimentada.

955

956 Tabela 5. Questionário inicial de avaliação da exposição individual à poluição (QPOL)

Pontuação	0	1	2	3	4
Quanto tempo gasta no trânsito diariamente?	De 0 horas a 59 minutos	De 1 hora a 1 hora e 59 minutos	De 2 horas a 2 horas e 59 minutos	De 3 horas a 3 horas e 59 minutos	Acima de 4 horas
Qual a intensidade do tráfego de veículos na região em que mora?	Nenhuma	Pouca	Moderada	Alta	
Qual é o meio de transporte que mais utiliza?	Metro/Trem	Pedestre	Moto/Carro/Ônibus		
Frequência dos veículos na rua em frente sua residência	Quase nunca/ Raramente	Às vezes	Freqüentemente/ Quase sempre		
Qual a distância de sua casa à avenida mais movimentada*?	Mais de 200 metros	Entre 100 e 200 metros	Entre 50 e 100 metros	Menor que 50 metros	
Pontuação final					

957 *Se a avenida em frente a sua casa tiver um fluxo grande de veículos, assinale a opção 3.

958 Posteriormente, as perguntas que tiveram significância estatística foram incluídas em
959 uma versão final do questionário (tabela 6). Em seguida, foi atribuída uma pontuação para
960 cada uma das variáveis, de acordo com a intensidade de cada uma. A pontuação de cada
961 pergunta foi somada ao final, obtendo-se o escore total.

962

963 Tabela 6. Questionário final de avaliação da exposição individual à poluição (QPOL)

Pontuação	0	1	2	3	4
Quanto tempo gasta no trânsito diariamente?	De 0 horas a 59 minutos	De 1 hora a 1 hora e 59 minutos	De 2 horas a 2 horas e 59 minutos	De 3 horas a 3 horas e 59 minutos	Acima de 4 horas
Qual a intensidade do tráfego de veículos na região em que mora?	Nenhuma	Pouca	Moderada	Alta	
Qual é o meio de transporte que mais utiliza?	Metro/Trem	Pedestre	Moto/Carro/Ônibus		
Qual a distância de sua casa à avenida mais movimentada*?	Mais de 200 metros	Entre 100 e 200 metros	Entre 50 e 100 metros	Menor que 50 metros	
Pontuação final					

964 *Se a avenida em frente a sua casa tiver um fluxo grande de veículos, assinale a opção 3.

965

966

967

968

969 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA
970

971 Considerando-se um nível de significância de 0,05, um poder de 0,8 e um coeficiente
972 de correlação da pontuação do questionário com as concentrações dos poluentes de 0,2
973 como sendo estatisticamente significativo, calculou-se a necessidade de um tamanho
974 amostral de 190 indivíduos. O coeficiente de correlação esperado é pequeno pois a relação
975 esperada também é pequena.

976 As perguntas do questionário foram correlacionadas com a concentração atmosférica
977 dos poluentes através de regressões logísticas multinomiais. As regressões foram utilizadas
978 para prever o valor de uma variável nominal (no caso, cada uma das perguntas do
979 questionário) com base em outras variáveis, podendo ser nominais ou numéricas (nesse
980 trabalho, o valor de concentração de cada poluente na residência dos indivíduos). As
981 variáveis nominais que não tiveram significância estatística foram excluídas do questionário
982 final.

983 Por fim, após a verificação da não-normalidade da distribuição pelo teste de Shapiro-
984 Wilk, a pontuação da versão final do QPOL foi submetida a correlações de Spearman com
985 as concentrações de poluentes, para se verificar sua confiabilidade. O nível de significância
986 utilizado foi de 5%.

987 **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**
988

989 O artigo será submetido à revista Journal of Environmental and public health.
990

991 **Journal of Environmental and Public Health**

992 **Development and Validation of the Questionnaire of Individual**

993 **Air Pollution Exposure Level (QPOL)**

994 Henrique Ochoa Scussiatto¹, Rafael Antônio Matias Ribeiro Ramos¹, Alan Felipe Figueiredo¹, Marco

995 Aurélio Fornazieri^{1,2,3}

996 ¹Universidade Estadual de Londrina, Londrina, CEP: 86055900, Brazil;

997 ²Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Londrina, CEP: 80215-901, Brazil;

998 ³Universidade de São Paulo, São Paulo, CEP: 05508-900, Brazil.

1000 Correspondence should be addressed to Henrique Ochoa Scussiatto; henriquescussiatto@gmail.com;
1001 Marco Aurélio Fornazieri; marcofornazieri@uel.br

1002

1003 **Abstract**

1004 It is known that exposure to air pollutants is related to the increase in the incidence and severity of
1005 respiratory, cardiovascular and neurological diseases. Therefore, it is important to know the degree of
1006 individual exposure to pollution. For this, the use of isolated data has already been described, such as
1007 the distance from the residence to the busiest street or the time spent in traffic. These are very practical
1008 methods, but with low precision. The most accurate measurements of exposure to pollution are
1009 complex, expensive and difficult to perform. For this reason, we developed and validated the
1010 questionnaire on the level of individual exposure to air pollution (QPOL) that collects factors
1011 potentially related to air pollution.

1012 An initial questionnaire with questions potentially related to pollution was designed and applied to 191
1013 individuals in the city of São Paulo. By interpolation using the kriging method, using data from
1014 meteorological stations close to their homes, the average annual concentrations of pollutants PM_{2.5},
1015 PM₁₀, TSP, smoke and NO₂ were obtained. Multinomial logistic regressions were used to verify the
1016 correlation of QPOL questions with pollutant concentrations. The questions that had a statistical
1017 correlation were included in the final version of the QPOL. In order to verify the reliability of the final
1018 QPOL score, its correlation with the atmospheric levels of the pollutants was verified.

1019 All questions were related to the concentration of at least one pollutant, except the question about the
1020 frequency of vehicles at the place of residence, so it was excluded from the final score. Regarding the
1021 QPOL score, 3 pollutants had a positive correlation: PM_{2.5} [correlation coefficient (CC = 0.143; p =
1022 0.049), smoke (CC = 0.177; p = 0.014) and TSP (CC = 0.169; p = 0.019)]. On the other hand, ozone
1023 levels had a negative correlation (CC = -0.173; p = 0.017).

1024 The QPOL proved to be a good predictor of the levels of some air pollutants. This instrument can be
1025 used in research in other areas that involve the assessment of individual exposure to air pollution.

1026 **1. Introduction**

1027

1028 Exposure to air pollution is known to be related to several health effects. Among the best
1029 known consequences, there is an increase in the incidence and severity of respiratory diseases [1,2],
1030 cardiovascular [3,4] e neurologic [5,6]. It is also known that exposure to high levels of air pollutants is
1031 related to an increase in mortality in general [7].

1032 In this context, methods for assessing individual exposure to air pollution have been
1033 developed, including proximity models [8,9], interpolation [10], land use regression [11,12],
1034 dispersion [13] and integrated meteorological emissions [14,15]. The simplest, which uses only the
1035 proximity of the research participant's residence to the busiest street, is quite practical, but has a low
1036 accuracy [8,9]. A better model is the interpolation that uses data from meteorological stations to
1037 predict the concentrations of pollutants at unmonitored points in the study, being more accurate, but
1038 difficult to perform [10].

1039 In view of the complexity and cost of interpolation methods, the interest of individual levels of
1040 exposure to pollution for the adoption of public health measures [16] and the scarcity of resources in
1041 several countries, the development of a questionnaire of easy application and high correlation with the
1042 measurements of the levels of atmospheric pollutants of the meteorological stations is relevant.

1043 **2. Materials and Methods**

1044 *2.1. Study population and introduction of the methodology.* 191 individuals living in the city of São
1045 Paulo were recruited in the years 2011 and 2012. The demographic characteristics of the study
1046 population are described in Tables 1 to 4 and Figure 1. The collection sites in the city of São Paulo
1047 were government offices, banks, churches and commercial centers. The city of São Paulo was chosen
1048 because it is one of the largest metropolises in Latin America, with more than 12 million inhabitants,
1049 due to the presence of weather stations and the greater concentration of pollutants in relation to rural

1050 areas. The collection sites were selected due to the large flow of people. The inclusion criteria were:
1051 being 18 years old or older and living in São Paulo for at least 1 year. All of this information was
1052 collected only once with each research subject, this research being a cross-sectional study. The
1053 research was approved by the local ethics committee and all participants in the research signed an
1054 informed consent form.

1055

1056 [Insert tables 1-4 and figure 1 here]

1057

1058 *2.2. Measurement of individual exposure to pollution using the kriging method.* The average 2011 and
1059 2012 annual concentrations of pollutants Particulate Material of 2.5 micrometers (PM_{2.5}), Particulate
1060 Material of 10 micrometers (PM₁₀), Total Suspended Particles (TSP), smoke and Nitrogen Dioxide
1061 were obtained by consultation (NO₂) of the weather stations in the city of São Paulo from the database
1062 of the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB) [17], as well as their addresses
1063 and respective latitudes and longitudes. In the case of PTS and smoke, the average daily maximum
1064 was consulted. The weather stations check the levels of these pollutants 24 hours a day throughout the
1065 year, through inertial separation and filtration (PM_{2.5} and PM₁₀), large volume sampler (TSP) and
1066 reflectance (smoke). In the case of NO₂, the levels were checked 1 hour a day throughout the year,
1067 using chemiluminescence [17].

1068 Exposure to Carbon Monoxide (CO) and Ozone (O₃) was made by calculating the annual
1069 average of exceedances of the national primary standard of CO levels, set by the National
1070 Environment Council (CONAMA) No. 03 of 06/28 / 90 (concentrations of pollutants that, when
1071 exceeded, may affect the health of the population). CO levels are checked for 8 hours a day throughout
1072 the year, by non-dispersive infrared. As with previous pollutants, the addresses of the stations and their
1073 latitude and longitude were consulted [17,18].

1074 The annual arithmetic or geometric averages of each pollutant were calculated and the values
1075 attributed to each point on the map of São Paulo and the metropolitan region where the weather

1076 stations are located (using the latitude and longitude of these points). The average annual
1077 concentrations were interpolated for the rest of the geographic points of the study region, using the
1078 kriging spatial analysis method [19]. Subsequently, the geographical points of the participants'
1079 addresses were placed on the interpolated maps of each pollutant, extracting the approximate value of
1080 exposure to pollution at the addresses of the research subjects. With that, we tried to directly measure
1081 individual exposure to each pollutant (figure 2). The ArcGIS program (ESRI Inc., Redlands, CA) was
1082 used for spatial analysis, extraction and interpolation of meteorological data. Some annual mean
1083 values for ozone and carbon monoxide have outliers (very high or very low), so the graphs of the
1084 respective substances have the characteristics shown.

1085

1086 [Insert figure 2 here]

1087

1088 *2.3. Structured questionnaire.* An initial questionnaire containing questions potentially related to
1089 exposure to air pollution was applied to all participants, for a possible indirect assessment of
1090 individual exposure to air pollution (Table 5). The questions in the questionnaire included questions
1091 aimed at assessing the individual's exposure to traffic pollution, such as the amount of hours spent in
1092 this activity, and questions to graduate exposure to pollution at home, asking about the intensity of
1093 traffic and the distance to the busiest street.

1094

1095 [Insert table 5 here]

1096

1097 Subsequently, the questions that had statistical significance were included in a final version of
1098 the questionnaire (table 6). Then, a score was assigned to each of the variables, according to the
1099 intensity of each one. The score for each question was added to the end, obtaining the total score.

1100

1101 [Insert table 6 here]

1102

1103 *2.4. Statistical analysis.* Considering a significance level of 0.05, a power of 0.8 and a correlation
1104 coefficient of the questionnaire's score with pollutant concentrations of 0.2 as being statistically
1105 significant, the need for a sample size was calculated of 190 individuals. The expected correlation
1106 coefficient is small because the expected relationship is also small.

1107 The questions in the questionnaire were correlated with the concentration of the pollutants
1108 through multinomial logistic regressions. The regressions were used to predict the value of a nominal
1109 variable (in this case, each of the questions in the questionnaire) based on other variables, which may
1110 be nominal or numerical (in this work, the concentration value of each pollutant in the individuals'
1111 homes) . Nominal variables that were not statistically significant were excluded from the final
1112 questionnaire.

1113 Finally, after verifying the non-normality of the distribution by the Shapiro-Wilk test, the
1114 score of the final version of the QPOL was subjected to Spearman correlations with the concentrations
1115 of pollutants, to verify its reliability. The level of significance used was 5%.

1116 **3. Results**

1117 *3.1. Preparation of the total score of the pollution exposure questionnaire (QPOL).* All QPOL
1118 questions showed a significant correlation with the atmospheric level of at least one pollutant, except
1119 for the question of vehicle frequency at home, being excluded from the final score (Table 6).
1120 Regarding the means of transport used, pedestrians were less exposed to total suspended particles
1121 [odds-ratio (OR) = 0.892; Confidence Interval (CI) = 0.830 - 0.960; p = 0.002] than car or bus users,
1122 but are more exposed to O₃ (OR = 1.351; CI = 1.128 - 1.617; p = 0.001). Individuals who spent more
1123 than 4 hours in traffic had more exposure to total suspended particles than those who spent less than
1124 half an hour (OR = 1.278; CI = 1.101 - 1.483; p = 0.001). However, participants who spent more than

1125 1 hour in traffic have less exposure to ozone (OR = 0.664; CI = 0.489 - 0.901; p = 0.009) than those
1126 who spend less than half an hour.

1127 The intensity of vehicle traffic near the residence tended to be associated with higher values of
1128 PM₁₀ (p = 0.047). In this sense, people who reported high traffic close to their homes had a tendency
1129 to have a higher value of exposure to PM₁₀ than those who had minimal traffic (OR = 1.588; CI =
1130 0.965 - 2.612; p = 0.069). The distance from the residence to the busiest avenue was also correlated
1131 with some pollutants (p <0.01). Participants who live 100 to 200 meters from busy avenues had a
1132 greater exposure to PM₁₀ (OR = 1,663; CI = 1.01 - 2.765; p = 0.05) and NO₂ (OR = 2.302; CI = 1.336
1133 - 3.968 ; p = 0.003) than those who lived more than 200 meters. Those who lived less than 50 meters
1134 from busy avenues had a greater exposure to CO (OR = 4.504; CI = 3.024 - 6.308; p = 0.041) than
1135 those who lived more than 200 meters. Interestingly, exposure to ozone is lower in those who lived
1136 between 50 and 100 meters from busy avenues compared to those who lived closest to them (OR =
1137 0.623; CI = 0.455 - 0.854; p = 0.003). The results of logistic regressions can be seen in Table 7.

1138

1139 [Insert table 7 here]

1140

1141 At the end of the logistic regressions, the traffic intensity variable was excluded from the final
1142 questionnaire. The other questions in the final questionnaire were scored according to their
1143 coefficients in logistic regressions, as shown in table 6. The scores for each question were added to
1144 obtain the final QPOL score (which can vary from 0 to 12).

1145 *3.2. Correlation of QPOL values with pollutant measurements by geospatial interpolation.* The QPOL
1146 values were then subjected to Spearman tests with the values of the pollutants found by geospatial
1147 interpolation, so that the relationship between the QPOL values and the exposure to the various
1148 pollutants could be obtained.

1149 Of the 7 pollutants analyzed, 3 had a positive correlation with the QPOL values, among them:
1150 the PM_{2.5} [correlation coefficient (CC) = 0.143; p = 0.049), the smoke (CC = 0.177; p = 0.014) and the
1151 TSP (CC = 0.169; p = 0.019). On the other hand, ozone levels showed a negative correlation with the
1152 QPOL score (CC = -0.173; p = 0.017).

1153 We also suggest a categorization of the questionnaire's score for a more simplified approach to
1154 exposure to pollution, which can be done according to table 8. To make this classification, Mann-
1155 Whitney tests were performed for the variables of exposure to specific pollutants, having the
1156 categorized QPOL values as the outcome variable. Statistically significant relationships were found
1157 for PM_{2.5} (p = 0.004) and smoke (p = 0.035). According to these results, it is possible to say that
1158 individuals who scored above 4 on the score are more exposed to PM_{2.5} and smoke than individuals
1159 who scored less than 4.

1160

1161 [Insert Table 8 here]

1162

1163 **4. Discussion**

1164 In this first version of the questionnaire, the hours spent on the work of the research
1165 participants were not considered, nor the exposure to pollution in the workplace. The inclusion of
1166 these factors in future versions may add more precision to the QPOL value, as many individuals spend
1167 a significant amount of hours at work (being exposed to pollutants in those locations as well).

1168 Considering the results of making the score, it can be considered that the QPOL values are
1169 significantly related to the annual concentration of PM_{2.5}, TSP and smoke, and can be considered a
1170 validated method for assessing individual exposure to pollution. In a more detailed way, a specific
1171 relationship of questionnaire questions was obtained with some pollutants: the means of transport and
1172 the transit time were related to the PTS, the intensity of traffic in the residence with the PM₁₀ and the

1173 distance to the busiest avenue with PM₁₀, NO₂ and CO. With that, it is possible to have a notion of
1174 which pollutants the individuals in which the QPOL questionnaire will be applied are more exposed.

1175 In this sense, a good statistical significance was obtained in practically all variables collected
1176 as questions, except for the variable frequency of vehicles at the place of residence. As already
1177 verified in the literature [20,21], pedestrians showed a lower level of exposure to pollution than
1178 individuals using some form of transport, mainly TSP. In addition, it has been shown that people who
1179 spend more time in traffic have greater exposure to total suspended particles, which has also been seen
1180 in other studies [22,23]. The higher traffic intensities close to the residence and the shorter distances to
1181 the busiest avenues were also related to the levels of some pollutants (the first with PM₁₀ and the
1182 second with PM₁₀, NO₂ and CO). This result is also consistent with previous data [24].

1183 However, ozone levels seemed to be related to higher values of transit time, with no use of
1184 motorized transport and with shorter distances to busy avenues. This result isn't in agreement with that
1185 found in other studies that evaluated exposure to pollution related to health effects [25,26].

1186 This result may be due to other factors influencing air quality in different regions of the city,
1187 such as meteorological factors [27] and the characteristics of the transit route [28] (since we tried to
1188 measure with these variables, mainly, the influence of automotive vehicles on air pollution). In
1189 addition, it has been described that indirect methods of assessing exposure to pollution (such as
1190 models based on land use) can induce errors in the measurement of ozone concentrations in
1191 microenvironments, such as roads and homes [29] (which may also have happened in that study).

1192 The total values of QPOL had statistically significant positive correlations with PTS, smoke
1193 and MP2.5. However, again there was a negative correlation with ozone. This may be due to the fact
1194 that ozone is related to higher values of transit time and shorter distances to busy avenues.

1195 In addition, we consider that the traffic exposure occurred in places close to the participant's
1196 residence. However, most of the sample had little or no transit time, which reduces the chances of
1197 error in assessing direct exposure to pollution. In addition, it is known that the mobility of individuals

1198 within close regions of the city changes very little the exposure to pollutants (such as ozone), further
1199 reducing this bias [30].

1200 For this analysis, we consider that the QPOL value is a good predictor of the levels of some air
1201 pollutants, which can be used in research in other areas that involve the assessment of individual
1202 exposure to air pollution.

1203

1204 **Data Availability.**

1205 Data used in this study are mentioned in the methods and results.

1206

1207 **Funding.**

1208 No funds were raised for this study.

1209

1210 **Conflict of interests.**

1211 There is no conflict of interests.

1212

1213 **Authors' contributions**

1214 Henrique Ochoa Scussiatto: Dr. Ochoa idealized and made the study's methodology, conducted and
1215 guided data collection, conducted statistical analysis, wrote the initial manuscript, and revised the
1216 manuscript.

1217 Rafael Antônio Matias Ribeiro Ramos e Alan Felipe Figueiredo: Participated in data collection and in
1218 the study design.

1219 Marco Aurélio Fornazieri: Prof. Fornazieri idealized and participated in the study's methodology,
1220 collected data, guided the statistical analysis, and critically reviewed the manuscript.

1221 All authors approved the final manuscript.

1222

1223 **References**

- 1224 [1] Huang, S.; Zhang, Q.; Qiu, Z.; Chung, K.F. "Mechanistic impact of outdoor air pollution on
1225 asthma and allergic diseases". *J. Thorac. Dis.* 2015, 7, 23–33.
- 1226 [2] Gan, W.Q.; Fitzgerald, J.M.; Carlsten, C.; Sadatsafavi, M.; Brauer, M. "Associations of
1227 Ambient Air Pollution with Chronic Obstructive Pulmonary Disease Hospitalization and
1228 Mortality". *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2013, 187.
- 1229 [3] Kaufman, J.D.; Adar, S.D.; Barr, R.G.; Budoff, M.; Burke, G.L.; Curl, C.L.; Daviglius, M.L.;
1230 Roux, A.V.D.; Gasset, A.J.; Jr, D.R.J.; et al. "Association between air pollution and coronary
1231 artery calcification within six metropolitan areas in the USA (the Multi-Ethnic Study of
1232 Atherosclerosis and Air Pollution): a longitudinal cohort study". *Lancet* 2016, 6736, 1–9.
- 1233 [4] Wang, M.; Hou, Z.; Xu, H.; Liu, Y.; Budoff, M.J.; Szpiro, A.A.; Kaufman, J.D.; Vedal, S.; Lu,
1234 B. "Association of Estimated Long-term Exposure to Air Pollution and Traffic Proximity With
1235 a Marker for Coronary Atherosclerosis in a Nationwide Study in China." *JAMA - J. Am. Med.*
1236 *Assoc.* 2019, 2, 1–13.
- 1237 [5] Oudin, A.; Forsberg, B.; Adolfsson, A.N.; Lind, N.; Modig, L.; Nordin, M.; Nordin, S.;
1238 Adolfsson, R.; Nilsson, L. "Traffic-Related Air Pollution and Dementia Incidence in Northern
1239 Sweden." *Environ. Health Perspect.* 2016, 124, 306–312.
- 1240 [6] Palacios, N.; Fitzgerald, K.C.; Hart, J.E.; Weisskopf, M.; Schwarzschild, M.A.; Ascherio, A.
1241 "Air Pollution and Risk of Parkinson ’ s Disease in a Large Prospective Study of Men."
1242 *Environ. Health Perspect.* 2014, 1–7.
- 1243 [7] Young, S.S. "Air pollution and mortality in the medicare population." *N. Engl. J. Med.* 2017,
1244 376, 2513–2522.
- 1245 [8] Maheswaran, R.; Elliott, P. "Stroke Mortality Associated With Living Near Main Roads in

- 1246 England and Wales A Geographical Study". *Stroke* 2003, 34, 2776–2780.
- 1247 [9] Hoek, G.; Fischer, P.; Brandt, P.V.A.N.D.E.N.; Goldbohm, S.; Brunekreef, B. "Estimation of
1248 long-term average exposure to outdoor air pollution for a cohort study on mortality." *J. Expo.*
1249 *Anal. Environ. Epidemiol.* 2001, 11, 459–469.
- 1250 [10] Jerrett, M.; Burnett, R.T.; Brook, J.R. "A GIS ^ environmental justice analysis of particulate air
1251 pollution in Hamilton , Canada." *Environ. Plan.* 2001, 33, 955–973.
- 1252 [11] Brauer, M.; Hoek, G.; Vliet, P. Van; Meliefste, K.; Fischer, P.; Gehring, U.; Heinrich, J.;
1253 Cyrus, J.; Bellander, T.; Lewne, M.; et al. "Estimating Long-Term Average Particulate Air
1254 Pollution Concentrations: Application of Traffic Indicators and Geographic Information
1255 Systems." *Epidemiology* 2003, 14, 228–239.
- 1256 [12] Lebret, E.; Briggs, D.; Reeuwijk, H. Van; Fischer, P.; Smallbone, K.; Harssema, H.; Kriz, B.;
1257 Gorynski, P.; Elliott, P. "Small area variations in ambient NO concentrations in four European
1258 areas." *Atmos. Environ.* 2000, 34, 177–185.
- 1259 [13] Koppova, K.; Vandenberg, J.J. "Childhood respiratory symptoms , hospital admissions , and
1260 long-term exposure to airborne particulate matter ' . *J. of Exposure Anal. Environ. Epidemiol.*
1261 2001, 11, 33–40.
- 1262 [14] Lise M. Frohn; Christensen, J.H.; Brandt, J. "Development of a High-Resolution Nested Air
1263 Pollution Model The Numerical Approach." *J. Comput. Phys.* 2002, 179, 68–94.
- 1264 [15] Pearson, R.; Fitzgerald, R.; Pearson, R.; Fitzgerald, R. "Application of a Wind Model for the El
1265 Paso-Juarez Airshed." *Jounal Air Waste Manag. Assoc.* 2001, 51, 669–680.
- 1266 [16] Vardoulakis, S.; Kettle, R.; Cosford, P.; Lincoln, P.; Holgate, S.; Grigg, J.; Kelly, F.; Pencheon,
1267 D. "Local action on outdoor air pollution to improve public health." *Int. J. Public Health* 2018,
1268 8.
- 1269 [17] Komatsu, C.E.; Muramoto, C.A.; Lopez, C.F.F.; Lopes, D.S.; Franco, D.M.P.; Anastacio, I.A.;
1270 Romano, J.; Oliveira, M.C.N. de; Martins, M.H.R.B.; Gonçalves, M.L.; et al. *Qualidade do ar*

- 1271 *no estado de São Paulo*; São Paulo, 2011;
- 1272 [18] WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide;
1273 2005;
- 1274 [19] Mitas, L.; Mitasova, H. Spatial interpolation. In *Geographical Information Systems*; 1999; pp.
1275 480–492.
- 1276 [20] Cepeda, M.; Schoufour, J.; Freak-poli, R.; Koolhaas, C.M.; Dhana, K.; Bramer, W.M.; Franco,
1277 O.H. "Levels of ambient air pollution according to mode of transport : a systematic review."
1278 *Lancet Public Heal.* 2017, 2, e23–e34.
- 1279 [21] Mcnabola, A.; Broderick, B.M.; Gill, L.W." Relative exposure to fine particulate matter and
1280 VOCs between transport microenvironments in Dublin : Personal exposure and uptake." 2008,
1281 42, 6496–6512.
- 1282 [22] Zuurbier, M.; Hoek, G.; Oldenwening, M.; Lenters, V.; Meliefste, K.; Hazel, P. van den;
1283 Brunekreef, B. "Commuters ' Exposure to Particulate Matter Air Pollution Is Affected by
1284 Mode of Transport , Fuel Type , and Route." *Environ. Health Perspect.* 2010, 118, 783–790.
- 1285 [23] Briggs, D.J.; Hoogh, K. De; Morris, C.; Gulliver, J. "Effects of travel mode on exposures to
1286 particulate air pollution." 2008, 34, 12–22.
- 1287 [24] Suarez, L.; Mesias, S.; Iglesias, V.; Silva, C.; Caceres, D.D.; Ruiz-Rudolph, P. "Personal
1288 exposure to particulate matter in commuters using different transport modes (bus, bicycle, car
1289 and subway) in an assigned route in downtown Santiago, Chile". *Environ. Sci* 2014, 16, 1309–
1290 1317.
- 1291 [25] Lee, Y.; Shaw, C.; Su, H.; Lai, J.; Ko, Y.; Huang, S.; Sung, F.; Guo, Y.L. "Climate , traffic-
1292 related air pollutants and allergic rhinitis prevalence in middle-school children in Taiwan." *Eur.*
1293 *Respir. J.* 2003, 21, 964–970.
- 1294 [26] Weichenthal, S.; Hatzopoulou, M.; Goldberg, M.S. "Exposure to traffic-related air pollution
1295 during physical activity and acute changes in blood pressure , autonomic and micro-vascular

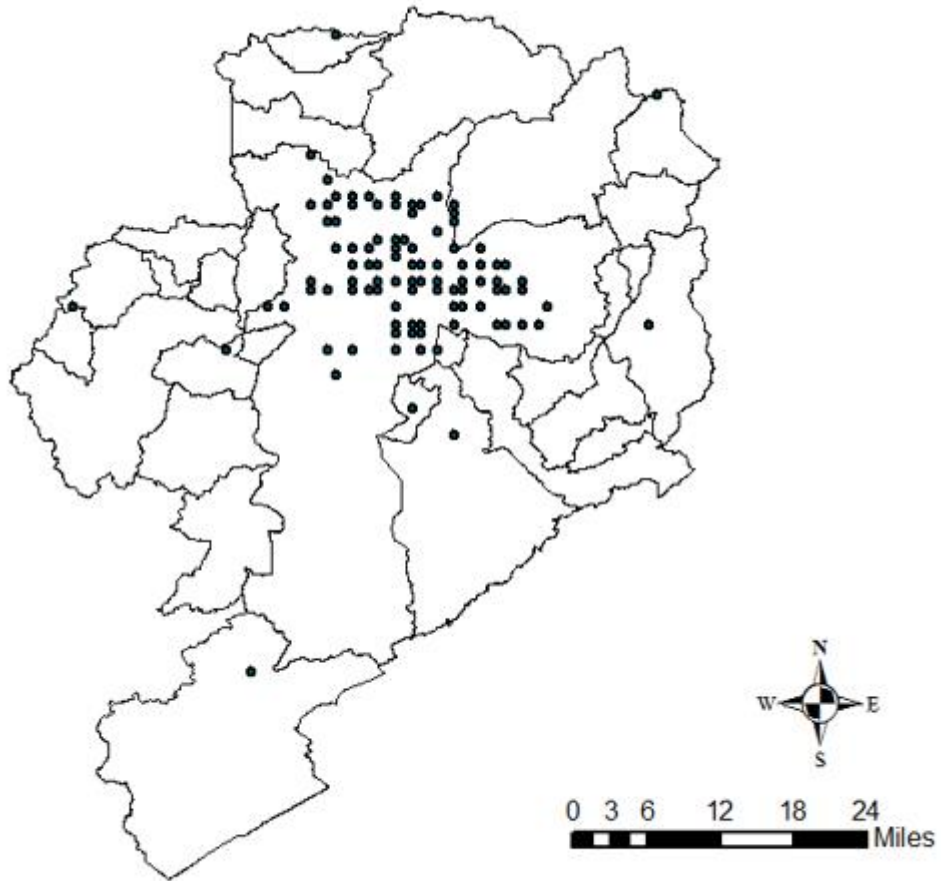
- 1296 function in women : a cross-over study." *Part. Fibre Toxicol.* 2014, *11*, 1–16.
- 1297 [27] McNabola, A.M.C.; Broderick, B.M.; Gill, L.W. "A principal components analysis of the
1298 factors effecting personal exposure to air pollution in urban commuters in Dublin , Ireland." *J.*
1299 *of Environmental Sci. Heal. Part A* 2009, *4529*, 1219–1226.
- 1300 [28] Nazelle, A. De; Fruin, S.; Westerdahl, D.; Martinez, D.; Ripoll, A.; Kubesch, N.;
1301 Nieuwenhuijsen, M. "A travel mode comparison of commuters ' exposures to air pollutants in
1302 Barcelona." *Atmos. Environ.* 2012, *59*, 151–159.
- 1303 [29] Xu, W.; Riley, E.A.; Austin, E.; Sasakura, M.; Schaal, L.; Gould, T.R.; Hartin, K.; Simpson,
1304 C.D.; Sampson, P.D.; Yost, M.G.; et al. "Use of mobile and passive badge air monitoring data
1305 for NO X and ozone air pollution spatial exposure prediction models." *J. Expo. Sci. Environ.*
1306 *Epidemiol.* 2016, 1–9.
- 1307 [30] Gilani, O.; Urbanek, S.; Kane, M.J. "Distributions of Human Exposure to Ozone During
1308 Commuting Hours in Connecticut Using the Cellular Device Network." *J. Agric. Biol. Environ.*
1309 *Stat.* 2019, *25*, 54–73.
- 1310
- 1311
- 1312
- 1313
- 1314
- 1315
- 1316
- 1317
- 1318

1319

1320

1321

1322



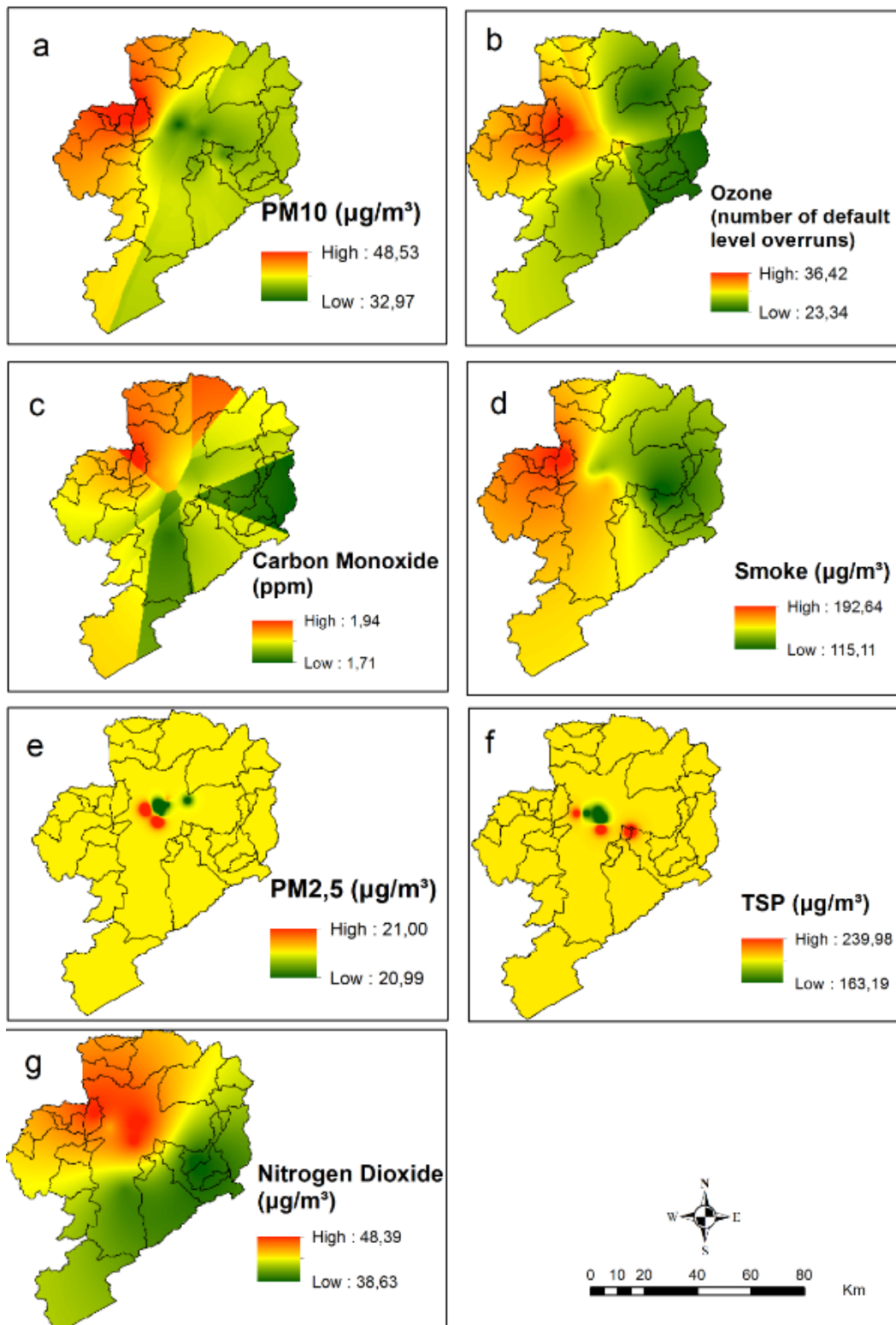
1323

1324 Figure 1. Geographic location (according to latitude and longitude) of the study participants' homes in São Paulo
1325 and neighboring municipalities.

1326

1327

1328



1329

1330

1331 Figure 2. Direct measurement of the concentration of specific pollutants in São Paulo and the metropolitan area

1332 interpolated by the kriging method during the study period. (a) PM₁₀. (b) Ozone. (c) Carbon monoxide. (d)

1333 Smoke. (e) PM_{2,5}. (f) TSP. (g) Nitrogen dioxide.

1334

1335

Table 1. Descriptive chart of the participants' age.

	Age
Mean	53,71
Standard-Deviation	18,36
High	93,00
Low	18,00
Range	75,00

1336

1337

Table 2. Descriptive table in relation to the participants' gender.

	Number	Percentage [%]
Men	82	36,10
Women	145	93,90

1338

1339

1340

1341

1342

1343

1344

1345

1346

1347

1348

Table 3. Descriptive table regarding the participants' education level.

	Number	Percentage [%]
Less than middle school	63	27,80
Middle school	13	5,70
Some high school	11	4,80
High school	58	25,60
Some college	17	7,50
College	64	28,20

1349

1350

Table 4. Descriptive table regarding the race of the participants.

	Number	Percentage [%]
White	159	70,00
Black	17	7,50
Brown	44	19,40
Yellow	6	2,60
No answer	1	0,40

1351

1352

1353

1354

Table 5. Initial questionnaire to assess individual exposure to pollution (QPOL)

Score	0	1	2	3	4
How much time do you spend in traffic daily?	From 0 hours to 59 minutes	From 1 hour to 1 hour and 59 minutes	From 2 hours to 2 hours and 59 minutes	From 3 hours to 3 hours and 59 minutes	Above 4 hours
How intense is vehicle traffic in the region where you live?	None	Low	Moderate	High	
What means of transport do you use most?	Metro/bus	Pedestrian	Motorcycle / Car / Bus		
Frequency of vehicles on the street in front of your residence	Almost never / Rarely	Sometimes	Frequently / Almost always		
How far is your home from the busiest avenue *?	More than 200 meters	Between 100 and 200 meters	Between 50 and 100 meters	Less than 50 meters	
Final score					

1356 * If the lane in front of your house has a large flow of vehicles, check option 3.

1357

1358

1359

1360

1361

1362

1363

Table 6. Final questionnaire to assess individual exposure to pollution (QPOL)

Score	0	1	2	3	4
How much time do you spend in traffic daily?	From 0 hours to 59 minutes	From 1 hour to 1 hour and 59 minutes	From 2 hours to 2 hours and 59 minutes	From 3 hours to 3 hours and 59 minutes	Above 4 hours
How intense is vehicle traffic in the region where you live?	None	Low	Moderate	High	
What means of transport do you use most?	Metro/bus	Sometimes	Metro/bus		
How far is your home from the busiest avenue *?	More than 200 meters	Between 100 and 200 meters	Between 50 and 100 meters	Less than 50 meters	
Final score					

1365 * If the lane in front of your house has a large flow of vehicles, check option 3.

1366

1367

1368

1369

1370

1371

1372

1373

1374

1375 Table 7. Multinomial logistic regressions for the QPOL questions, showing the Odds-Ratio, the 95% confidence
 1376 interval and the p-value of each correlation with the respective pollutant.

	Correlation coefficients	Confidence interval 95%	P-value
How much time do you spend in traffic daily?	1,278 (More than 4 hours / less than half an hour in relation to PTS) and 0,664 (More than 1 hour / less than half an hour in relation to O3) *	1,101 – 1,483 e 0,489 – 0,901**	0,001 e 0,009
How intense is vehicle traffic in the region where you live?	1,588 (high traffic / minimum traffic compared to MP10)	0,965 – 2,612	0,069
What means of transport do you use most?	0.892 (Pedestrians / Car or bus in relation to PTS) and 1.351 (Pedestrians / Car or bus in relation to O3)	0,830 – 0,960 e 1,128 – 1,617	0,002 e 0,001
How far is your home from the busiest avenue *?	1,663 (100 to 200 meters / more than 200 meters in relation to MP10), 2.302 (100 to 200 meters / more than 200 meters in relation to O3), 4.504 (less than 50 meters / more than 200 meters in	1,01 – 2,765, 1,336 – 3,968, 3,024 – 6,308 e 0,455 – 0,854	0,05, 0,003, 0,041 e 0,003

relation to CO) and
0.623 (50 to 100 meters /
less than 50 meters in
relation to O3)

1377 * In brackets, the data separated by bar is the data related to the respective odds ratio;

1378 ** The 95% confidence intervals were placed in the order of the respective odds ratios.

1379

1380 Table 8. Classification of individual exposure to air pollution according to the QPOL score.

Air pollution exposure classification	QPOL score
Low exposure	From 0 to 4 points
High exposure	More than 4 points

1381

1382

1383

1384

1385

1386

1387

1388

1389

1390

1391

1392

1393

1394 **6. CONCLUSÃO**

1395

1396 Por essa análise, consideramos que o valor de QPOL seja um bom preditor dos
1397 níveis de alguns poluentes atmosféricos a que os indivíduos estão expostos, e este pode ser
1398 usado em pesquisas que envolvam a avaliação da exposição individual à poluição aérea.

1399

1400

1401 **7. REFERÊNCIAS**

1402

- 1403 [1] Felleberg, G. *Introduction to environmental pollution problems*; 1980;
- 1404 [2] Vieira, M.; Bucco, S. *Construção E Testes De Validação De Amostradores Passivos*
1405 *Para Dióxido De Nitrogênio E Ozônio*, 2010.
- 1406 [3] Gouveia, N.; Fletcher, T. "Time series analysis of air pollution and mortality: effects by
1407 cause, age and socioeconomic status." *Epidemiol Community Heal.* 2000, *54*, 750–
1408 755.
- 1409 [4] Cohen, A.J.; Brauer, M.; Burnett, R.; Anderson, H.R.; Frostad, J.; Estep, K.;
1410 Balakrishnan, K.; Brunekreef, B.; Morawska, L.; Iij, C.A.P.; et al. "Articles Estimates
1411 and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air
1412 pollution : an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015." *Lancet*
1413 2017, *6736*, 1–12.
- 1414 [5] Brook, R.D.; Rajagopalan, S.; Iij, C.A.P.; Brook, J.R.; Bhatnagar, A.; Diez-roux, A. V;
1415 Holguin, F.; Hong, Y.; Luepker, R. V; Mittleman, M.A.; et al. "Particulate Matter Air
1416 Pollution and Cardiovascular Disease An Update to the Scientific Statement From the
1417 American." *Aha Journals* 2010, *121*, 2331–2378.
- 1418 [6] Kaufman, J.D.; Adar, S.D.; Barr, R.G.; Budoff, M.; Burke, G.L.; Curl, C.L.; Daviglius,
1419 M.L.; Roux, A.V.D.; Gasset, A.J.; Jr, D.R.J.; et al. "Association between air pollution
1420 and coronary artery calcifi cation within six metropolitan areas in the USA (the Multi-
1421 Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution) : a longitudinal cohort study." *Lancet*
1422 2016, *6736*, 1–9.
- 1423 [7] Hoek, G.; Krishnan, R.M.; Beelen, R.; Peters, A.; Ostro, B.; Brunekreef, B.; Kaufman,
1424 J.D. "Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality : a review."
1425 *Environ. Heal.* 2013, 12–13.
- 1426 [8] Huang, S.; Zhang, Q.; Qiu, Z.; Chung, K.F. "Mechanistic impact of outdoor air pollution
1427 on asthma and allergic diseases." *J. Thorac. Dis.* 2015, *7*, 23–33.
- 1428 [9] Gan, W.Q.; Fitzgerald, J.M.; Carlsten, C.; Sadatsafavi, M.; Brauer, M. "Associations of
1429 Ambient Air Pollution with Chronic Obstructive Pulmonary Disease Hospitalization and
1430 Mortality." *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2013, *187*.
- 1431 [10] Melnick, A. *Introduction to Geographic Information Systems in Public Health.*; Aspen
1432 Publishers, 2002;
- 1433 [11] Jerrett, M.; Arain, A.; Kanaroglou, P.; Beckerman, B. "A review and evaluation of
1434 intraurban air pollution exposure models." *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 2005, *15*,
1435 185–204.
- 1436 [12] World health organization (WHO) Air quality and health Available online:
1437 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>.
- 1438 [13] Brauer, M.; Hoek, G.; Vliet, P. Van; Meliefste, K.; Fischer, P.; Gehring, U.; Heinrich, J.;
1439 Cyrus, J.; Bellander, T.; Lewne, M.; et al. "Estimating Long-Term Average Particulate
1440 Air Pollution Concentrations: Application of Traffic Indicators and Geographic
1441 Information Systems." *Epidemiology* 2003, *14*, 228–239.
- 1442 [14] N Künzli, R Kaiser, S Medina, M Studnicka, O Chanel, P Filliger, M Herry, F Horak Jr,
1443 V Puybonnieux-Texier, P Quénel, J Schneider, R Seethaler, J-C Vergeaud, H.S.

- 1444 "Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European
1445 assessment." *Lancet* 2000, 356, 795–801.
- 1446 [15] Hoek, G.; Brunekreef, B.; Goldbohm, S.; Fischer, P.; Van Den Brant, P. "Association
1447 between mortality and traffic-related air pollution indicators in the Netherlands: a
1448 cohort study." *Lancet* 2002.
- 1449 [16] Delucchi, M. "Environmental externalities of the use of motor vehicles in the USA." *J*
1450 *Transp. Econ Policy* 2000, 34, 135–168.
- 1451 [17] Briggs, D.; Elliott, P.; Wakefield, J.; Best, N. *Space Epidemiology: Methods and*
1452 *Applications*. In *Space Epidemiology*; Oxford University Press, 2000; pp. 335–359.
- 1453 [18] English, P.; Neutra, R.; Scaif, R.; Sullivan, M.; Waller, L.; Zhu, L. "Examining
1454 Associations between Childhood Asthma and Traffic Flow Using a Geographic
1455 Information System." *Child. Heal.* 1999, 107, 761–767.
- 1456 [19] Venn, A.; Lewis, S.; Cooper, M.; Hubbard, R.; Hill, I.; Boddy, R.; Bell, M.; Britton, J.
1457 "Local road traffic activity and the prevalence, severity, and persistence of wheeze
1458 in school children: combined cross sectional and longitudinal study." *Occup Env. Med*
1459 2000, 57, 152–158.
- 1460 [20] Janssen, N.A.H.; Vliet, P.H.N. Van; Harssema, H.; Brunekreef, B. "Assessment of
1461 exposure to traffic related air pollution of children attending schools near motorways."
1462 *Atmos. Environ.* 2001, 35, 3875–3884.
- 1463 [21] Bellander, T.; Berglind, N.; Gustavsson, P.; Jonson, T.; Nyberg, F.; Pershagen, G.;
1464 Järup, L. "Exposure to Air Pollution from Traffic and House Heating in Stockholm."
1465 *Environ. Health Perspect.* 2001, 109, 633–639.
- 1466 [22] AMD, N.-E. National Oceanic Atmosphere Administration (NOAA), Air Resources
1467 Laboratory (ARL), Atmospheric Modeling Division (AMD) and Protection Agency.
1468 Ambient dos EUA (EPA) Available online: <http://www.epa.gov/asmdner/>.
- 1469 [23] Zmirou, D. "Five Epidemiological Studies on Transport and Asthma: Objectives,
1470 design and descriptive results." *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 2002, 12, 186–196.
- 1471 [24] Vliet, P. Van; Knape, M.; Hartog, J. De; Janssen, N.; Harssema, H. "Motor Vehicle
1472 Exhaust and Chronic Respiratory Symptoms in Children Living near Freeways 1." *Env.*
1473 *Res* 1997, 132, 122–132.
- 1474 [25] Kanaroglou, P.; Buliung, R.; Taylor, B. *Emissions from mobile sources in urban areas:*
1475 *the relative contribution of trucks*; Thassos, Greece, 2000;
- 1476 [26] Rijnders, E.; Janssen, N.A.H.; Vliet, P.H.N. Van; Brunekreef, B. "Personal and
1477 Outdoor Nitrogen Dioxide Concentrations in Relation to Degree of Urbanization and
1478 Traffic Density." *Environ. Health Perspect.* 2001, 109, 411–417.
- 1479 [27] Mitas, L.; Mitasova, H. Spatial interpolation. In *Geographical Information Systems*; 1999;
1480 pp. 480–492.
- 1481 [28] Burrough, P.A.; McDonnell, R.A. *Principles of Geographical Information Systems*;
1482 1998;
- 1483 [29] Taylor, P.; Mulholland, J.A.; Butler, A.J.; Wilkinson, J.G.; Russell, A.G.; Tolbert, P.E.;
1484 Mulholland, J.A.; Butler, A.J.; Wilkinson, J.G.; Russell, A.G.; et al. "Temporal and
1485 Spatial Distributions of Ozone in Atlanta: Regulatory and Epidemiologic Implications."
1486 *Air Waste Manag.* 1998, 48, 37–41.
- 1487 [30] Pikhart, H.; Gorynski, P.; Wojtyniak, B.; Celko, M.A. "Outdoor sulphur dioxide and
1488 respiratory symptoms in Czech and Polish school children: a small-area study (
1489 SAVIAH)." *Air Waste Manag. Assoc* 2001, 48, 574–578.
- 1490 [31] Bailey, A.; Gatrell, T. *Interactive analysis of spatial data*; Longman, 1995;
- 1491 [32] Dockery, D.W. "Epidemiologic Evidence of Cardiovascular Effects of Particulate Air
1492 Pollution." *Environ. Health Perspect.* 2001, 109, 483–486.
- 1493 [33] Brauer, M.; Hoek, G.; Vliet, P. Van; Meliefste, K.; Fischer, P.H.; Wijga, A.; Koopman,
1494 L.P.; Neijens, H.J.; Gerritsen, J.; Kerkhof, M.; et al. "Air Pollution from Traffic and the
1495 Development of Respiratory Infections and Asthmatic and Allergic Symptoms in
1496 Children." *Traffic Pollut. Lung Dis.* 2002, 166, 1092–1098.
- 1497 [34] Moussiopoulos, N.; Berge, E.; Böhler, T.; Leeuw, F. De; Grønskei, K.; Mylona, S.;
1498 Tombrou, M. "Ambient Air Quality, Pollutant, Dispersion and Transport Models." *Eur.*

- 1499 *Top. Cent. Air Qual.* 1996, 19/96.
- 1500 [35] Croner, C.M.; Sperling, J.; Broome, F.R. "Geographic Information Systems (GIS): New
1501 Perspectives In Understanding Human Health And Environmental Relationships." *Stat.*
1502 *Med.* 1996, 15, 1961–1977.
- 1503 [36] Lipsett, M.J.; Ostro, B.D.; Reynolds, P.; Goldberg, D.; Hertz, A.; Jerrett, M.; Smith,
1504 D.F.; Garcia, C.; Chang, E.T.; Bernstein, L. "Long-Term Exposure to Air Pollution and
1505 Cardiorespiratory Disease in the California Teachers Study Cohort." *Long-Term Air*
1506 *Pollut. Cardiorespir. Dis.* 2011, 184, 828.
- 1507 [37] Schwartz, J. "Increased Mortality in Philadelphia Associated with Daily Air Pollution
1508 Concentrations." *Am Rev Respir Dis* 1992, 145, 600–604.
- 1509 [38] Atkinson, R.W.; Anderson, H.R.; Sunyer, J.; Ayres, J.O.N.; Baccini, M.; Vonk, J.M.;
1510 Boumghar, A.; Forastiere, F.; Forsberg, B.; Touloumi, G.; et al. "Acute Effects of
1511 Particulate Air Pollution on Respiratory Admissions Results from APHEA 2 Project."
1512 *Respir Crit Care Med Vol* 2001, 164, 1860–1866.
- 1513 [39] Braga, A.L.F.; Saldiva, P.H.N.; Pereira, L.A.A.; Menezes, J.J.C.; Conceição, G.M.S.;
1514 Lin, C.A.; Zanobetti, A.; Schwartz, J.; Dockery, D.W. "Health effects of air pollution
1515 exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil." *Pediatr. Pulmonol.* 2001,
1516 31, 106–113.
- 1517 [40] Emilie, J.; Correia, D.M.; Freitas, C.U. De; Martins, L.C.; Conceição, G.M.S.; Cunha-
1518 cruz, J. "Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes
1519 metrópoles brasileiras." 2003, 12, 29–40.
- 1520 [41] Brook, R.D.; Franklin, B.; Cascio, W.; Hong, Y.; Howard, G.; Lipsett, M.; Luepker, R.;
1521 Mittleman, M.; Samet, J.; Smith, S.C.; et al. "Air Pollution and Cardiovascular Disease:
1522 A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and
1523 Prevention Science of the American Heart Association." *Am. Hear. Assoc.* 2004, 6083.
- 1524 [42] Danni-oliveira, M. Poluição Do Ar Como Causa De Morbidade E Mortalidade Da
1525 População Urbana, 2008.
- 1526 [43] Komatsu, C.E.; Muramoto, C.A.; Lopez, C.F.F.; Lopes, D.S.; Franco, D.M.P.;
1527 Anastacio, I.A.; Romano, J.; Oliveira, M.C.N. de; Martins, M.H.R.B.; Gonçalves, M.L.;
1528 et al. *Qualidade do ar no estado de São Paulo*; São Paulo, 2011;
- 1529 [44] Conceição, L.; Dias, R.; Latorre, D.O.; Regina, M.; Cardoso, A.; Luiz, F.; Gonçalves,
1530 T.; Hilário, P.; Saldiva, N.; Astronômico, I.; et al. "Poluição atmosférica e atendimentos
1531 por pneumonia e gripe em São Paulo , Brasil Air pollution and emergency room visits
1532 due to pneumonia and influenza in São Paulo , Brazil." 2002, 36, 88–94.
- 1533 [45] Dapper, S.N. "Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão
1534 sistemática no estado de São Paulo." *Estud. avançados* 2016, 30, 83–98.
- 1535 [46] Souza, S.L. de Doenças Respiratórias Em Araucária/Pr (2001 A 2003) –
1536 Condicionantes Socioambientais E Poluição Atmosférica, Federal University of
1537 Paraná, 2006.
- 1538 [47] CONPET A saúde da população e a poluição atmosférica.
- 1539 [48] Rückerl, R.; Schneider, A.; Breitner, S.; Cyrus, J.; Rückerl, R.; Schneider, A.; Breitner,
1540 S.; Cyrus, J.; Peters, A. "Health effects of particulate air pollution : A review of
1541 epidemiological evidence Health effects of particulate air pollution : A review of
1542 epidemiological evidence." 2011, 8378, 555–559.
- 1543 [49] Vine, M.F.; Degnan, D.; Hanchette, C. "Geographic Information Systems: Their Use in
1544 Environmental Epidemiologic Research." *Environ. Health Perspect.* 1997, 105, 598–
1545 605.
- 1546 [50] Klumpp, A.; Domingosb, M. "The science of the Assessment of the vegetation risk by
1547 fluoride emissions from fertiliser industries at CubaGo , Brazil." *Sci. Total Environ.*
1548 1996, 9697, 219–228.
- 1549 [51] Carreras, H.A.; Pignata, M.L. "Comparison among air pollutants , meteorological
1550 conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen *Usnea*
1551 *amblyoclada*." *Environ. Pollut.* 2001, 111, 45–52.
- 1552 [52] Sumita, N.M.; Mendes, M.E.; Macchione, M. "Tradescantia pallida cv . purpurea Boom
1553 in the Characterization of Air Pollution by Accumulation of Trace Elements." *J. Air*

- 1554 *Waste Manag. Assoc.* 2003, 53, 574–579.
- 1555 [53] CETESB Poluentes Available online: <https://cetesb.sp.gov.br/?s=Poluentes>.
- 1556 [54] Ribeiro, H. "Queimadas de cana-de-açúcar: Avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças." 2010, 24, 68.
- 1557
- 1558 [55] Alberto, L.; Pereira, A. "Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão , São Paulo , Brasil , entre 1997 e 2004 Air pollution and pediatric hospital admissions due to respiratory diseases in Cubatão , São Paulo Sta." *Cad. Saúde Pública* 2011, 27, 2242–2252.
- 1559
- 1560
- 1561
- 1562 [56] Amâncio, C.T.; Nascimento, L.F.C. "Asma e poluentes ambientais : um estudo de séries temporais." *Rev Assoc Med Bras* 2012, 58, 302–307.
- 1563
- 1564 [57] Carneseca, E.C.; Achcar, J.A.; Martinez, E.Z. "Association between particulate matter air pollution and monthly inhalation and nebulization procedures in Ribeirão material particulado e contagens mensais de procedimentos de inalação e nebulização." *Cad. Saúde Pública* 2012, 28, 1591–1598.
- 1565
- 1566
- 1567
- 1568 [58] Fernando, L.; Nascimento, C.; Francisco, J.B.; Patto, M.B.R. "Environmental pollutants and stroke-related hospital admissions Poluentes ambientais e internações devido a acidente vasculoencefálico." *Cad. Saúde Pública* 2012, 28, 1319–1324.
- 1569
- 1570
- 1571 [59] Yanagi, Y.; Assunção, J.V. de; Barrozo, L.V. "The impact of atmospheric particulate matter on cancer incidence and mortality in the city of São Paulo , Brazil Infl uência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município." *Cad. Saúde Pública* 2012, 28, 1737–1748.
- 1572
- 1573
- 1574
- 1575 [60] Cesar, A.C.G.; Nascimento, L.F.C.; Jr, J.A. de C. "Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças Association between exposure to particulate matter and hospital admissions for respiratory diseases in children." *Rev Saúde Pública* 2013, 47, 1209–1212.
- 1576
- 1577
- 1578
- 1579 [61] Nardocci, A.C.; Freitas, C.U. de; Leon, A.C.M.P. de; Junger, W.L.; Gouveia, N. da C. "Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares : estudo de séries temporais em Cubatão , São Paulo , Brasil Air pollution and respiratory and cardiovascular diseases : a time series study in Cubatão , São Paulo State , Brazil La contaminación d." *Cad. Saúde Pública* 2013, 29, 1867–1876.
- 1580
- 1581
- 1582
- 1583
- 1584 [62] Negrisoni, J.; Nascimento, L.F.C. "Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças." *Rev Paul Pediatr* 2013, 31, 501–506.
- 1585
- 1586 [63] Amancio, C.T.; Nascimento, L.F. "Environmental pollution and deaths due to stroke in a city with low levels of air pollution: ecological time series study Poluição ambiental e óbitos devido a acidente vâsculo-encefálico em uma cidade com baixos níveis de poluentes : estudo ecológico de s." *Sao Paulo Med J.* 2014, 132, 349–354.
- 1587
- 1588
- 1589
- 1590 [64] Gavinier, S.; Fernando, L.; Nascimento, C. "Air pollutants and hospital admissions due to stroke." *Rev. Ambient. Água* 2014, 9, 390–401.
- 1591
- 1592 [65] Fernando, L.; Nascimento, C.; Santos, V.D.P. "Association between maternal exposure to particulate matter and premature birth Associação entre a exposição materna ao material particulado e parto prematuro." *Rev. Ambient. Água* 2014, 9, 27–36.
- 1593
- 1594
- 1595
- 1596 [66] Nicolussi, F.H.; Santos, A.P.M. dos; André, S.C. da S.; Veiga, T.B.; Takayanagui, A.M.M. "Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares." *Rev Saúde Pública* 2014, 48, 326–330.
- 1597
- 1598
- 1599 [67] Pinheiro, S. de L.L. de A.; Saldiva, P.H.N.; Schwartz, J.; Zanobetti, A. "Efeitos isolados e sinérgicos do MP 10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias Isolated and synergistic effects of PM 10 and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality." *Rev Saúde Pública* 2014, 48, 881–888.
- 1600
- 1601
- 1602
- 1603
- 1604 [68] Santos, V.D.P.; Paula, A.; Medeiros, P. De; Agostini, T.; Lima, C. De; Fernando, L.; Nascimento, C. "O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista." *Rev. Paul. Pediatr.* 2014, 32, 306–312.
- 1605
- 1606
- 1607 [69] Barbosa, S.M. de M.; Farhat, S.C.L.; Martins, L.C.; Pereira, L.A.A.; Saldiva, P.H.N.; Zanobetti, A.; Braga, A.L.F. "Air pollution and children ' s health : sickle cell disease."
- 1608

1609 *Cad. Saúde Pública* 2015, 31, 265–275.

1610 [70] WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur
1611 dioxide; 2005;

1612 [71] Lise M. Frohn; Christensen, J.H.; Brandt, J. "Development of a High-Resolution
1613 Nested Air Pollution Model The Numerical Approach." *J. Comput. Phys.* 2002, 179,
1614 68–94.

1615 [72] Pearson, R.; Fitzgerald, R.; Pearson, R.; Fitzgerald, R. "Application of a Wind Model
1616 for the El Paso-Juarez Airshed." *Journal Air Waste Manag. Assoc.* 2001, 51, 669–680.

1617 [73] Hoek, G.; Fischer, P.; Brandt, P.V.A.N.D.E.N.; Goldbohm, S.; Brunekreef, B.
1618 "Estimation of long-term average exposure to outdoor air pollution for a cohort study
1619 on mortality." *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 2001, 11, 459–469.

1620 [74] Maheswaran, R.; Elliott, P. "Stroke Mortality Associated With Living Near Main Roads
1621 in England and Wales A Geographical Study." *Stroke* 2003, 34, 2776–2780.

1622

1623

1624

1625

1626

1627

1628

1629

1630

1631

1632

1633

1634

1635

1636

1637

1638

1639

1640

1641

1642

1643

1644

1645

1646

1647

1648

1649

1650

1651

1652

1653

1654

1655

1656

1657

1658

1659

1660

1661

1662

ANEXO

1663
1664
1665

1666 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1667
1668 Eu Marco Aurélio Fornazieri, responsável pela pesquisa intitulada “Efeitos da
1669 Poluição do Ar na Função Olfatória”, estou fazendo um convite para você participar como
1670 voluntário de meu estudo.

1671
1672 1 - Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir
1673 qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato, com o pesquisador ou
1674 com o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual
1675 de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário,
1676 telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br. Este termo deverá ser preenchido em duas vias
1677 de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor
1678 (a).

1679
1680 2 - Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste
1681 estudo, que visa descrever se existem alterações olfatórias relacionadas à poluição. Esse
1682 objetivo será alcançado através da análise da concentração de poluentes no ar durante o
1683 ano anterior à entrevista, da aplicação de questionário e de teste da sua capacidade de
1684 sentir cheiros.

1685
1686 3 - Não há desconforto ou risco esperado na realização do teste olfatório e do questionário.

1687
1688 4 - Você tem garantido o seu direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a
1689 qualquer momento sem nenhum tipo de prejuízo à continuidade de seu atendimento na
1690 Instituição.

1691
1692 5 - As informações desta pesquisa serão confidenciais, e serão divulgadas apenas em
1693 eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários sendo
1694 assegurado o sigilo sobre sua participação.

1695
1696 6 - Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não
1697 há compensação financeira relacionada à sua participação.

1698 Eu, _____, após a leitura (ou a
1699 escuta da leitura) deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o
1700 pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar
1701 suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e
1702 que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de
1703 qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos
1704 quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de
1705 confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto expresso minha
1706 concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

1707

1708 Dados do Pesquisador

1709 Marco Aurélio Fornazieri

1710 Rua Farrapos, 70

1711 Telefone: (43) 9-8813-3812 E-mail: marcofornazieri@gmail.com

1712

1713

1714

1715

1716

1717

1718

1719

1720

1721

1722

1723

1724

1725

1726

1727

1728

1729

1730

1731

1732

1733

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S437 Scussiatto, Henrique Ochoa.
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL À POLUIÇÃO AÉREA (QPOL) / Henrique Ochoa Scussiatto. - Londrina, 2020.
65 f. : il.

Orientador: Marco Aurélio Fornazieri.
Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Exposição a poluição aérea - Tese. I. Fornazieri, Marco Aurélio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. III. Título.

CDU 61