

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Monografia de Final de Curso**

**IMPACTOS DAS EMISSÕES DE MATERIA PARTICULADA SOBRE A SAÚDE NA  
AMAZÔNIA LEGAL**

**João Victor Farrulla Darze**

**1812914**

**Orientador: Arthur Bragança**

Rio de Janeiro

Junho/2022

As opiniões expressas nesse trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha mãe, Claudia Farrulla Darze e meu pai, Eduardo Darze, pelo apoio incondicional em todas as etapas da vida que me levaram até aqui. Por ter me ensinado a sempre dar, pelo menos, o meu melhor e por ser o meu maior exemplo diário de força e caráter.

A todos os professores que tive ao longo desta jornada e que contribuíram constantemente para a certeza de que as Ciências Econômicas é o melhor curso que poderia ter escolhido na faculdade. Ao Sérgio Besserman, ao José Márcio Camargo, ao Gustavo Gonzaga, à Maria Gabriela e ao Juliano Assunção.

Em especial, agradeço ao Arthur Bragança, que me orientou durante a construção do presente trabalho. Foi um privilégio poder discutir e aprender com ele neste fechamento de curso.

Aos meus amigos, obrigado pela companhia nas dificuldades e nas alegrias desta graduação.

# Índice

Índice	4
1. Introdução	6
2. Background	8
3. Dados	10
4. Resultados	18
5. Conclusão	20
6. Referências	21

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Média de ocorrência de fogo e nível de PM25 nos meses

Figura 2: Nível de matéria particulada PM25 por Ano

Figura 3: Morte por tipos de doenças

# 1. Introdução

No contexto de qualidade do ar existem diversos poluentes que trazem efeitos danosos a saúde do ser-humano, especialmente para crianças e para idosos (Currie et al, 2014; Graff-Zivin and Matthew, (2013). Os impactos danosos a saúde pode reverberar por diversas áreas da vida do ser-humano. Afeta especificamente a presença de crianças em salas de aula (Ransom and Pope, 1992; Gilliland et al., 2001; Park et al., 2002; Currie et al., 200), horas trabalhadas de adultos, especialmente adultos que possuem pessoas mais suscetíveis aos efeitos da poluição em sua composição familiar (Paulina et al., 2015) estendendo o impacto a capital humano, afetando diretamente habilidades cognitivas (Almond et al., 2009; Lavy et al., 2016).

Nesse trabalho, focamos no efeito causal entre poluição do ar e alguns indicadores socioeconômicos. O trabalho impõe um desafio empírico, uma vez que podemos nos deparar com diversos tipos de vieses afetando nossas estimações. A princípio o viés de variável omitida que afeta a exposição a poluentes e as variáveis socioeconômicas de interesse. Um segundo viés pode ser proveniente de erros de medida dos equipamentos que captam os dados da qualidade do ar. Um terceiro possível viés, ocorre quando moradores se mudam de um lugar para o outro vide o nível de poluição, introduzindo assim um *sorting bias*.

Um das maneiras de endereçar a dificuldade imposta pelos vieses é a adoção de uma variável instrumental, como por exemplo, um efeito exógeno de um fenômeno meteorológico que afeta a concentração de poluição no ar (Hanna e Oliva, 2015).

Existem várias substâncias na nossa atmosfera ao mesmo tempo e as medições de qualidade do ar são capazes de captar mais de uma substância. A literatura aborda dentre diversos poluentes, a presença da matéria particulada fina (PM2.5), que segundo literatura médica possui efeitos deletérios a saúde humana (U.S. EPA, 2009).

Um mapeamento da presença de matéria particulada PM2.5 e seus efeitos na oferta de trabalho mostra uma queda de quase 2 horas de trabalho por semana quando ocorre um aumento de 10 microg/m<sup>3</sup>. Isso ocorre quando a existe na família pessoas mais suscetíveis ao impacto do poluente. Foi notada relação linear entre níveis de poluição e o indivíduo, o mesmo não parece acontece na

ausência de pessoas suscetíveis, onde a relação se torna não-linear e o efeito aparece com maiores níveis de poluição (Aragón, Miranda e Oliva, 2017).

No Brasil, pesquisas já foram feitas sobre a relação de PM2.5 proveniente de queimadas nas regiões agrícolas e pastoris da Amazônia brasileira aumentando taxas de hospitalização e mortalidade por condições respiratórias (Rocha e Sant'Anna., 2021).

Idosos e crianças são mais suscetíveis a poluição no ar, pois são afetados com menores níveis de concentração do poluente (U.S. EPA, 2009, Ch. 8). Entretanto, a poluição atmosférica pode ter efeitos não-lineares na saúde (Graff Zivin & Neidell, 2013). Como discutido em Schlenker and Walker (2016), flutuações na concentração da poluição atmosférica pode ocasionar doenças tratáveis onde a exposição é geralmente baixa.

Outra substância interessante de analisar é a presença do gás metano que recentemente veio a ser ligada à atividades pastoris como sendo um dos maiores e menos apreciados impactos no meio ambiente. O metano lançado na atmosfera é cerca de 80 vezes mais prejudicial do que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

O resto do trabalho é organizado como segue. Seção 2 adentra aspectos específicos sobre matéria particulada, metano e poluição atmosférica no Brasil. Seção 3 descreve os dados e discute a estratégia empírica. Seção 4 apresenta os resultados principais, enquanto a Seção 5 conclui.

## 2. Background

### *Matéria Particulada*

Focamos no efeito de matéria particulada em índices socioeconômicos devido a evidências conectando PM2.5 a doenças respiratórias e cardiovasculares.

PM2.5 é categorizada como um poluente atmosférico, uma partícula com 2.5 micrômetros de diâmetro ou menor. Para efeito de comparação, o cabelo humano varia de 50-70 micrômetros e um grão de areia fina 90 micrômetros. Logo, a PM2.5 é cerca de 30 vezes menor do que o fio de cabelo humano. Partículas que talvez sejam de conhecimento popular como o pólen e poeira são classificadas como PM10, matéria particulada com 10 micrômetros ou menos de diâmetro. A PM2.5 é tão pequena que não pode ser vista a olho nu, entretido pode ser inalável e se depositar nos alvéolos pulmonares e corrente sanguínea (Bell et al., 2004). Um outro problema advindo de seu tamanho, pode entrar em qualquer lugar fechado( Thatcher and Layton, 1995; Vette et al., 2001), aumentando assim as chances de exposição do indivíduo.

O bem estar também é afetado negativamente, existe efeito causal comprovado entre PM e visibilidade prejudicada, efeitos climáticos em forças radiativas e processos de formação de nuvens, além de danos materiais caracterizados por sujeiras, manchas e corrosões em múltiplos materiais (U.S. EPA, 2009).

Até os dias de hoje não se tem certeza sobre quais das características químicas da PM massa, que causam as respostas negativas na saúde humana (Hauck et al., 2004).

### *Poluição Atmosférica no Brasil*

O Brasil é uma país de dimensões continentais e possui cerca de duzentos e dez milhões de habitantes, em grande parte concentrados nas regiões urbanas do sudeste. A principal atividade econômica do Brasil ainda é ligada a agricultura e pecuária, apesar de não ser a maior por número de pessoas envolvidas no setor.



Mudanças no uso da terra possuem diversos fatores distintos. Condições ecológicas, densidade populacional, nível de desenvolvimento econômico e especificidades geográficas de cada local. Decisões individuais e sociais sobre o uso da terra são continuamente influenciadas pelo desenvolvimento do contexto econômico e instituições, sejam locais ou nacionais (Lambin et al., 2001)

A fim de exemplificar a capacidade de influência de instituições e contexto econômico no Brasil, em 2008 foi feita a resolução 3545 que diminuiu o desmatamento como resposta de uma redução no acesso a crédito rural (Assunção et al., 2019).

Grande parte do desflorestamento na Amazônia Brasileira vem da queima dessa biomassa com o objetivo de preparar a terra para o manejo do gado, plantação e mineração. (Motta, 2002). Em específico a região amazônica contou com acentuado número de queimadas em 2019 comparado com os 4 anos anteriores. Existe forte correlação entre os municípios com área recém-desmatada e registros de focos de incêndio, o que pelo fator adicional de branda estiagem, sugere o caráter intencional dessa queima (Silvério, Silva, Alencar, & and Moutinho, 2019; Brasil, 2018).

### 3. Dados

Nos valem de basicamente 3 conjuntos de dados - Datasus, INEP e SISAM conforme detalhado nas sessões a seguir. O objetivo é:

1. Construir um painel de dados históricos de mortalidade, hospitalização e poluição a nível municipal e;
2. Diversas outros painéis que possibilitem a avaliação de efeitos heterogêneos em características pessoais como idade, sexo, raça e características municipais.

Para a obtenção de dados históricos de saúde utilizamos a base do Datasus, que provê máxima granulosidade onde cada entrada é uma ocorrência de hospitalização e morte.

Já os dados históricos de emissão de poluentes, forma usados dados fornecidos pelo INEP, dados esses vindos de imagens de satélite aferindo a concentração dos diversos poluentes na atmosfera brasileira.

Finalmente, os dados históricos sobre variáveis meteorológicas do SISAM tem como o objetivo expressar efeitos naturais que podem afetar os níveis de poluição atmosférica nos variados municípios.

Os dados utilizados compõem um painel anual ao nível municipal, tanto para poluição atmosférica como para efeitos na saúde. Os dados partem de 2010 e vão até 2019.

## *Hospitalização*

Os dados a respeito da saúde pode ser obtido pelo portal do Ministério da Saúde (MS/Datasus)<sup>1</sup> fornecidos a nível de ocorrências, de maneira que a quantidade de dados acerca de cada ocorrência possui muitas especificidades. Dados sobre características do indivíduo, familiares, auditorias, seu prontuário e etc.

Mais especificamente os dados sobre hospitalização (Datasus/SIH), pode se achar nos dados a representação de idade, gênero e código do motivo da hospitalização (ICD-10). Temos informações sobre o dia do ocorrido e município de residência do paciente. Tais dados são utilizados para criar bases agregadas de informações por municípios e o recorte de tempo desejado já que as ocorrências possuem precisão diária.

Por serem dados a nível de ocorrência, o período contemplado foi desde o estabelecimento em 1975 até os dias de hoje, havendo limitação sobre variáveis específicas que foram implementadas com o tempo. Todos os municípios os 5.563 são contemplados.

## *Poluição Atmosférica*

Adentramos o amplo tema dos efeitos da poluição atmosférica na saúde buscando focar na concentração de PM<sub>2.5</sub> e doenças respiratórias e cardiovasculares como sugere grande parte da literatura médica estudada. Entretanto notamos a capacidade de estender a compreensão desses efeitos em resultados secundários na saúde humana. Existem dois grupos de pessoas que ganham atenção especial quanto ao tema de poluição atmosférica, justamente porque são mais sensíveis a ela. Idosos apresentam maior exposição as variações de concentração dos poluentes assim como existe literatura que explora os efeitos na natalidade. Sendo assim, explorar os efeitos em grupos de idades que representem idosos e crianças pequenas pode jogar luz nas heterogeneidades contida na relação poluição atmosférica e saúde.

---

<sup>1</sup> Dados obtidos através de uma API chamada *microdatasus* que os disponibiliza com estrutura de pré-processamento no R. Disponível em: <https://github.com/rfsaldanha/microdatasus>

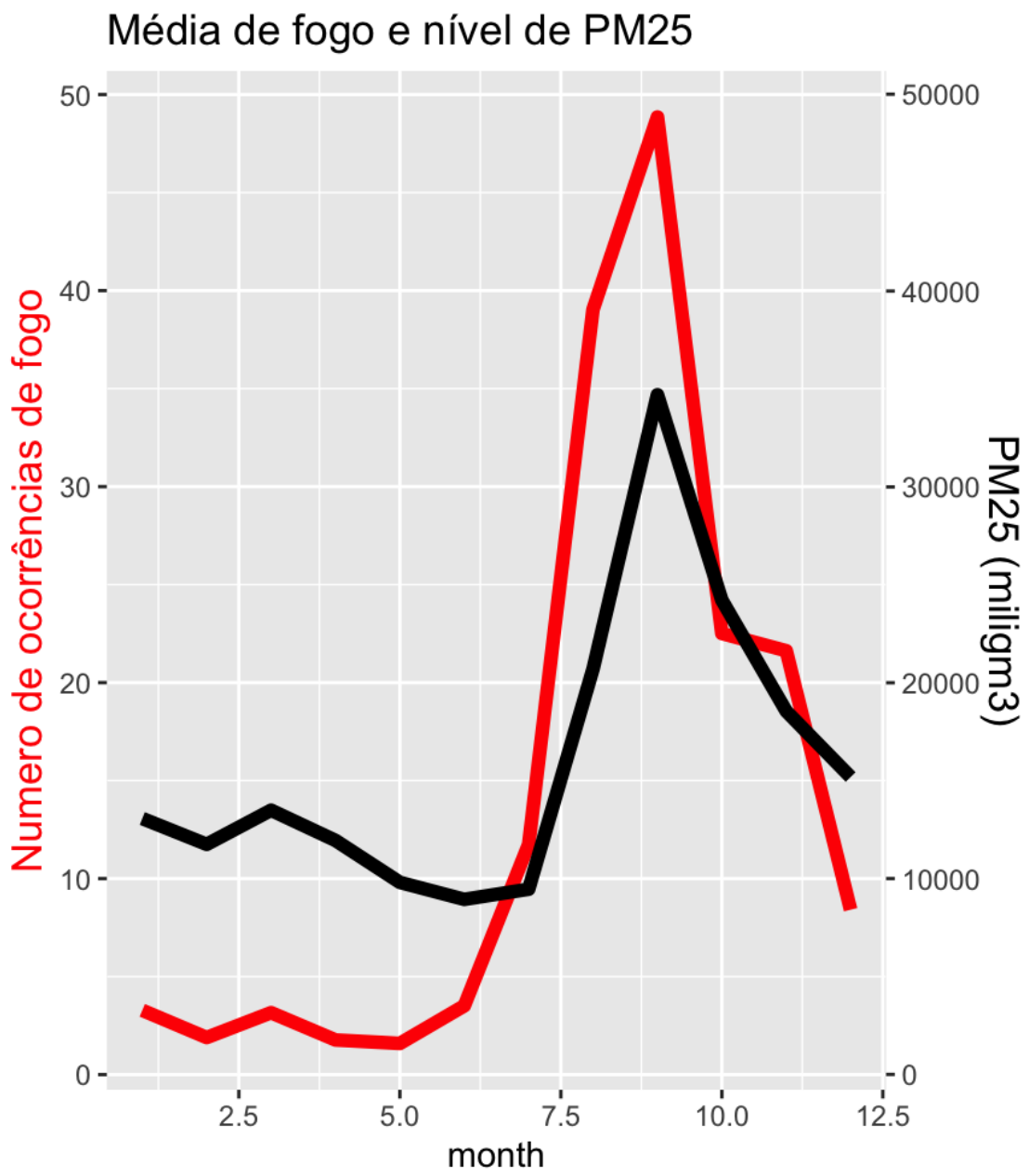
## *Dados Climáticos*

Também coletamos variáveis para determinar a relação entre o nível de matéria particulada e as ocorrências de fogo nos municípios que compõem a Amazônia Legal. Os dados foram coletados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) o qual um dos objetivos é o mapeamento e acompanhamento de queimadas no Brasil. O dado disponível começa em Janeiro de 2010 e vai até dezembro de 2019.

Já os dados meteorológicos foram obtidos do SISAM, como pro exemplo precipitação, humidade e temperatura. Tais dados são captados diariamente mas para uma avaliação em painel foram tratados através de uma média anual por município.

Pode ser visto pelo Figura 1 que existe uma correlação entre as ocorrências de incêndios e a liberação de matéria particulada PM<sub>2.5</sub>. A literatura já demonstrou que especificamente na região da Amazônia os incêndios são provenientes de queimadas para uso da terra (Reddington et al., 2015).

Figura 1



## *Estratégia Empírica*

O objetivo da análise empírica é identificar o efeito causal da exposição a poluição atmosférica nos níveis de hospitalização e mortalidade. A primeira dificuldade é provável existência de fatores não observáveis que podem afetar tanto poluição como ocorrências de hospitalização e mortalidade. Exemplos variam desde aspectos socioeconômicos como renda e a capacidade de escolher morar em um local com melhor qualidade do ar até aspectos que variam com o tempo, ciclos atmosféricos que podem garantir maior dispersão ou concentração de poluição dependendo do período do ano, tendências na saúde e mercado de trabalho que podem apresentar uma relação espúria entre poluição e ocorrências médicas.

O presente trabalho elaborou painéis municipais com frequência quadrimestral começando do ano de 2005 até o ano de 2018. Os painéis contam com informações do número de hospitalização e mortalidade por todos os grupos diferentes de causas médicas reconhecidas pelo código internacional ICD-10, em especial contém emissões de Matéria Particulada 2.5 além de outros poluentes achados na atmosfera brasileira

A nossa estratégia contempla controles que buscam minimizar tais vieses e tornar o modelo mais robusto. A princípio lidamos com fatores que variam no tempo adicionando controles mensais de dados climáticos como temperatura, humidade e ventos. Também buscamos controlar para todos os efeitos que não variam com o tempo que poderiam causar viés, como preferência por poluição, fatores demográficos, etc.

Estimamos a seguinte regressão:

$$Y_{m,t} = \alpha_m + \gamma_t + \beta_1 PM2.5_{m,t} + \beta_2 X_{m,t} + e_{m,t}$$

Nesta equação, temos que  $Y_{m,t}$  é o resultado de interesse para o município  $m$  no tempo  $t$ . A variável  $PM2.5_{m,t}$  indica a concentração de matéria particulada, o poluente na atmosfera.  $\alpha_m$  corresponde ao efeito-  
fixo de município e  $\gamma_t$  é o efeito-  
fixo no tempo.

O efeito-  
fixo de município  $\alpha_m$  busca absorver características específicas sobre a densidade populacional local assim como a infraestrutura de saúde no município, como explicado anteriormente, quantidade de leitos disponíveis e unidades de atendimento para acesso ao serviço de saúde. Tais variáveis não variam grandemente no curto prazo.

O efeito-  
fixo no tempo  $\gamma_t$  busca absorver características meteorológicas e econômicas que possam afetar a região de maneira abrangente.

O termo de erro é  $e_{m,t}$ , buscamos agrupar o erro padrão<sup>2</sup> pois selecionando as regiões federativas da Amazônia entendemos que municípios são regiões de interesse além da mera seleção de estados.

---

<sup>2</sup> A decisão por usar o método cluster “agrupar” na regressão parte do princípio de que a perspectiva é achar grupos dentro da nossa seleção a nível de unidade federativa (<https://blogs.worldbank.org/impactevaluations/when-should-you-cluster-standard-errors-new-wisdom-econometrics-oracle>)

Figura 2

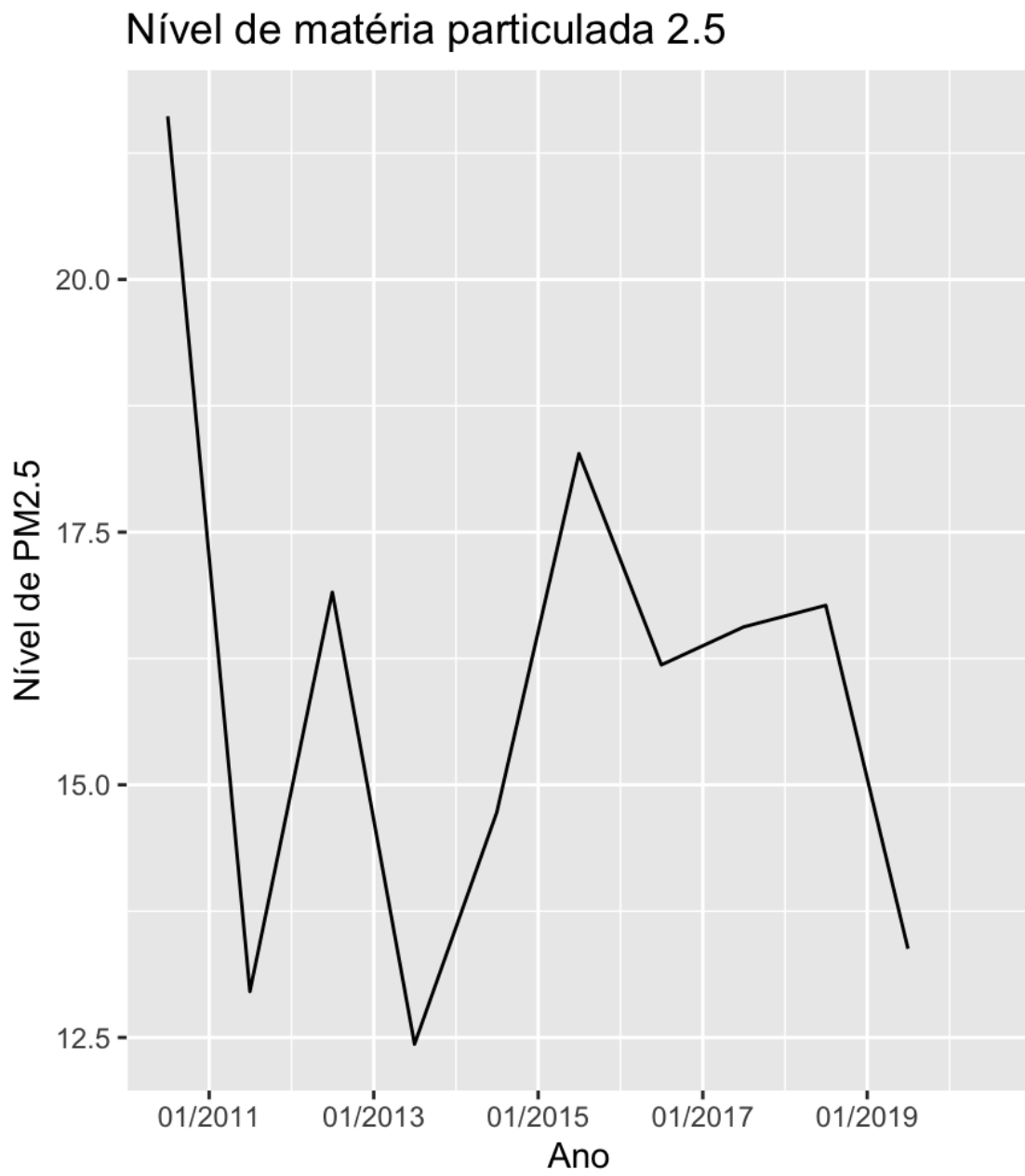
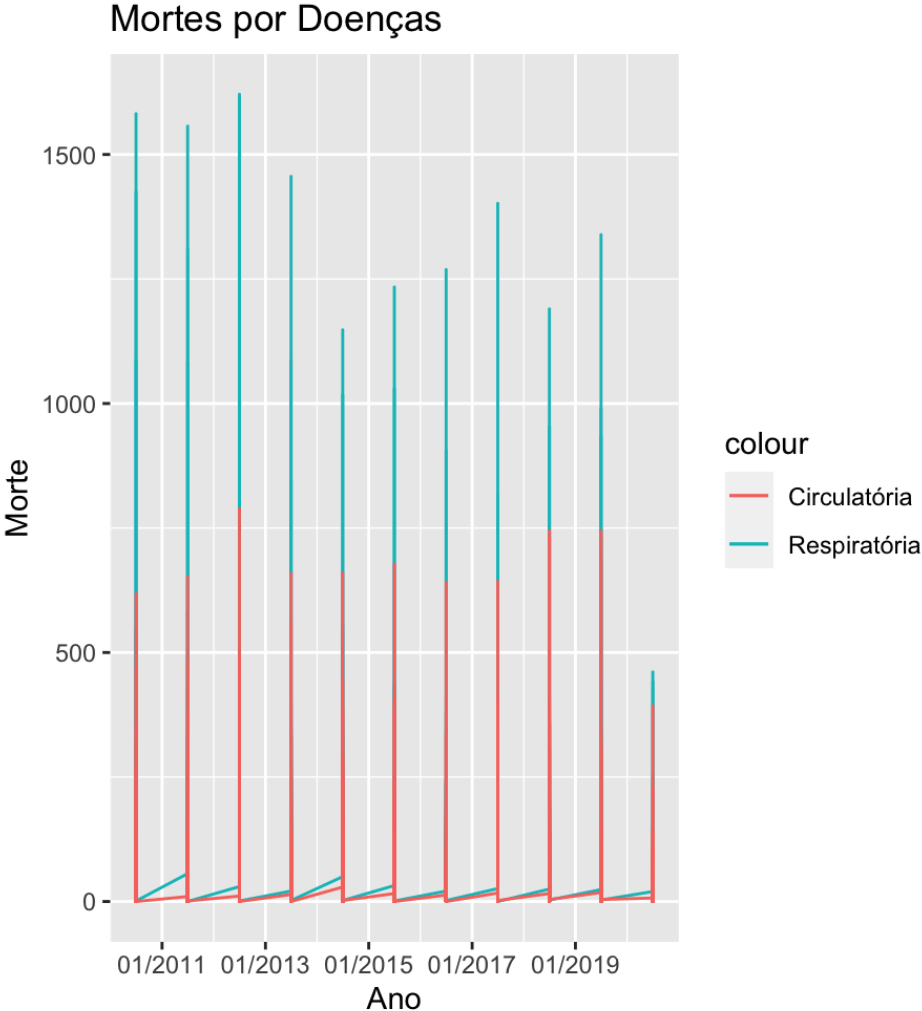




Figura 3



## 4. Resultados

Na primeira parte deste capítulo, discorreremos sobre os resultados obtidos através das regressões que foram estimadas, conforme detalhado no capítulo anterior. Buscaremos uma interpretação dos estimadores a propósito de entender o impacto obtido.

### *Poluição atmosférica e condições respiratórias*

As estimativas acerca do impacto em hospitalizações por causas respiratórias causado pelo incremento de 1 micro grama por metro cúbico do aumento de concentrações de matéria particulada (PM2.5) é positivamente associada ao aumento de 0,6% a quantidade de pessoas hospitalizadas.

A coluna (1) são os resultados apenas de controles de efeitos fixos de municípios. A coluna (2) são os resultados controlando para efeitos-fixos de município e controles meteorológicos. A coluna (3) são os resultados sem qualquer tipo de controle.

Na Tabela 1 abaixo, apresenta-se um resumo dos resultados encontrados, quando utilizando os controles para condições meteorológicas no tempo, controles de efeitos fixos de municípios.

Como podemos notar, ao adicionar controles obtivemos relações positivas entre o aumento do nível de matéria particulada (PM2.5) nas taxas de hospitalização tendo como causa principal uma condição respiratória. Os impactos de condições meteorológicas no local demonstram em grande parte a média da relação para com o nível de poluição atmosférica. Apesar de cobrir uma grande área e diversos municípios, o bioma presente na Amazônia Brasileira reflete uma média meteorológica partilhada por toda a região. Talvez uma das mais conhecidas características da Amazônia seja a humidade e níveis de precipitação.

	respiratorias		
	(1)	(2)	(3)
pm25_ugm3	-0.032*** (0.007)	0.006 (0.007)	-0.035*** (0.005)
Efeitos Fixos	Yes	Yes	No
Controles	No	Yes	No
mun_res FE	Yes	Yes	Yes
yr FE	Yes	Yes	Yes
c("pop", "cod.bioma") FE	No	No	Yes
Within R <sup>2</sup>	0.00656	0.01627	0.00083
Observations	22,386	21,186	96,960

—

## **5. Conclusão**

Nesse trabalho avaliamos os efeitos causais entre a poluição atmosférica causada por matéria particulada (PM2.5) e os resultados sobre a saúde na região da Amazônia Brasileira.

Sabemos que boa parte das emissões da matéria particulada são provenientes de queimadas e essas são presentes em regiões intensas em atividades agropastoris.

Unindo a uma base de dados associada em painel onde fixamos efeitos quanto ao tempo numa frequência anual e à região ao nível municipal, buscamos controlar através de variáveis meteorológicas e efeitos fixos sobre o município.

## 6. Referências

Bell, Michelle L., Samet, Jonathan M, Dominici, Francesca, 2004. Time-series studies of particulate matter. *Annu. Rev. Public Health* 25, 247–280.

Chang, Tom, Joshua, Graff-Zivin, Tal, Gross, Matthew, Neidell, 2014. Particulate Pollution and the Productivity of Pear Packers. NBER Working Paper w19944.

Ciais, P., C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, R. DeFries, J. Galloway, M. Heimann, C. Jones, C. Le Quéré, R.B. Myneni, S. Piao and P. Thornton, 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Currie, Janet, Graff Zivin, Joshua, Mullins, Jamie, Neidell, Matthew, 2014. What do we know about short- and long-term effects of early-life exposure to pollution? *Annu. Rev. Res. Econ.*, 6(1), 217–247.

Graff-Zivin, Joshua, Matthew, Neidell, 2013. Environment, health, and human capital. *J. Econ. Lit.* 51 (3), 689–730.

Juliano Assunção, Clarissa Gandour, Romero Rocha, Rudi Rocha, The Effect of Rural Credit on Deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon, *The Economic Journal*, Volume 130, Issue 626, February 2020, Pages 290–330, <https://doi.org/10.1093/ej/uez060>

Motta, R. S. d. (2002). Estimativa do custo econômico do desmatamento na Amazônia..

Rudi Rocha, André Albuquerque Sant’Anna, Winds of fire and smoke: Air pollution and health in the Brazilian Amazon, *World Development*, Volume 151, 2022, 105722, ISSN 0305-750X, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105722>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X21003375>)

SALDANHA, Raphael de Freitas; BASTOS, Ronaldo Rocha; BARCELLOS, Christovam. Microdatasus: pacote para download e pré-processamento de microdados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro , v. 35, n. 9, e00032419, 2019 . Available from <http://ref.scielo.org/dhcq3y>.

Silvério, D., Silva, S., Alencar, A., and Moutinho, P. (2019). Amazônia em Chamas. Nota Técnica do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – IPAM. Recuperado de: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2019/08/NT-Fogo- Amazo%CC%82nia-2019.pdf>.

Shindell, Drew T., Greg Faluvegi, Dorothy M. Koch, Gavin A. Schmidt, Nadine Unger, and Susanne E. Bauer. “Improved Attribution of Climate Forcing to Emissions.” *Science* 326, no. 5953 (2009): 716–18. <http://www.jstor.org/stable/40328536>.

Tilman, D., & Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518–522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>

Sarofim, M.C., Saha, S., Hawkins, M.D., Mills, D.M., Hess, J., Horton, R., Kinney, P., Schwartz, J. and St. Juliana, A. (2016). Temperature-Related Death and Illness, In Crimmins, A., Balbus, J., Gamble, J.L., Beard, C.B., Bell, J.E., Dodgen, D., Eisen, R.J., Fann, N., Hawkins, M.D., Herring, S.C., Jantarasami, L., Mills, D.M., Saha, S., Sarofim, M.C., Trtanj, J. and Ziska, L. (eds.). *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. US Global Change. Research Program, Washington, DC, US.

S.M. Miller, S.C. Wofsy, A.M. Michalak, E.A. Kort, A.E. Andrews, S.C. Biraud, E.J. Dlugokencky, J. Eluszkiewicz, M.L. Fischer, G.J. Maenhout, B.R. Miller, J.B. Miller, S.A. Montzka, T. Nehrkorn, C. Sweeney Anthropogenic emissions of methane in the United States PNAS, 110 (50) (2013), pp. 20018-20022

Fernando M. Aragón, Juan Jose Miranda, Paulina Oliva,  
Particulate matter and labor supply: The role of caregiving and non-linearities,  
*Journal of Environmental Economics and Management*,  
Volume 86, 2017, Pages 295-309, ISSN 0095-0696, <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.02.008>.

Gasparrini, A., Guo, Y.M., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S.L., Rocklov, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M.L., Guo, Y.L.L., Wu, C.F., Kan, H., Yi, S.M., Coelho, M., Saldiva, P.H.N., Honda, Y., Kim, H. and Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, 386, 369–375

U.S. EPA, 2009. Final Report: Integrated Science Assessment for Particulate Matter. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC.

U.S. EPA, 2012. Revised Air Quality Standards for Particle Pollution and Updates to the Air Quality Index (AQI). U.S. Environmental Protection Agency (EPA), retrieved on 7 January 2016 from (<http://>

[www3.epa.gov/airquality/particlepollution/2012/decfsstandards.pdf](http://www3.epa.gov/airquality/particlepollution/2012/decfsstandards.pdf)).

H Hauck, A Berner, T Frischer, B Gomiscek, M Kundi, M Neuberger, H Puxbaum, O Preining, AUPHEP—Austrian Project on Health Effects of Particulates—general overview, *Atmospheric Environment*, Volume 38, Issue 24, 2004, Pages 3905-3915, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.09.080>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231004002985>)

Lee, M., Nordio, F., Zanobetti, A., Kinney, P., Vautard, R. and Schwartz, J. (2014). Acclimatization across space and time in the effects of temperature on mortality: a time-series analysis. *Environmental Health*, 13, doi: 10.1186/1476-069x-13-89.

Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramkrishnan, P.S., Richards, J.F., Skanes, H., Steffen, W.L., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C. & Zu, J. 2001. The causes of land use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11: 261–269.

Reddington, C., Butt, E., Ridley, D., Artaxo, P., Morgan, W., Coe, H., & Spracklen, D. (2015). Air Quality and Human Health Improvements from Reductions in Deforestation-Related Fire in Brazil. *Nature Geoscience*, 8(10), 768–771.