

Análise de impactos da poluição do ar na saúde humana: Estudo no Município de Taubaté/SP

Analysis of impacts of air pollution in human health: Study in the city of Taubaté/SP

Análisis de los impactos de la contaminación del aire en la salud humana: Un estudio en la ciudad de Taubaté/SP

Recebido: 10/06/2021 | Revisado: 17/06/2021 | Aceito: 25/06/2021 | Publicado: 10/07/2021

Antonio Ricardo Mendrot

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3855-6699>

Universidade de Taubaté, Brasil

E-mail: ricardo.mendrot@gmail.com

Luiz Fernando Costa Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9793-750X>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: fernando.nascimento@unesp.br

Resumo

Estima-se que mundialmente sete milhões de vidas humanas são perdidas devido à exposição a poluentes atmosféricos provenientes de fontes fixas e móveis, em áreas urbanas ou rurais. Nesse contexto, a Organização Mundial da Saúde alerta sobre a viabilidade econômica da aplicação de políticas públicas sustentáveis para mitigar os efeitos da exposição populacional aos contaminantes atmosféricos, comprovando um retorno sobre investimento atrelado à redução dos custos com a saúde da população. Entretanto, devido à diversidade de variáveis envolvidas na problemática e a divergência existente nas mesmas para cada região a estudada, a compreensão dos cenários nos quais serão realizados esses projetos torna-se fundamental. A presente pesquisa tem como objetivo identificar a associação entre a exposição aos materiais particulados fino e grosso com óbitos por doenças cardiovasculares no município brasileiro de Taubaté/SP por meio da análise da associação entre os óbitos por doenças cardiovasculares e a variação nos índices de PM_{2,5} e PM₁₀, bem como custos sociais e financeiros dos óbitos prematuros inerentes ao contexto estudado. Os resultados confirmam a hipótese levantada apresentando um prejuízo de €17.506.500,00 para o período compreendido entre 2016 e 2018

Palavras-chave: Poluentes do ar; Monóxido de carbono; Anos potenciais de vida perdidos; Doenças cardiovasculares.

Abstract

It is estimated that seven million human lives are lost worldwide due to exposure to air pollutants from fixed and mobile sources, in urban or rural areas. In this context, the World Health Organization warns about the economic viability of applying sustainable public policies to mitigate the effects of population exposure to atmospheric contaminants, proving a return on investment linked to the reduction of health costs for the population. However, due to the diversity of variables involved in the problem and the divergence between them for each region studied, understanding the scenarios in which these projects will be carried out is essential. This research aims to identify the association between exposure to fine and coarse particulate matter with deaths from cardiovascular diseases in the Brazilian municipality of Taubaté/SP through the analysis of the association between deaths from cardiovascular diseases and the variation in PM_{2,5} and PM₁₀, as well as social and financial costs of premature deaths inherent to the studied context. The preliminary results confirm the hypothesis raised, presenting a loss of €17.506.500,00 for the period between 2016 and 2018.

Keywords: Air pollutants; Carbon monoxide; Potential years of lost life; Cardiovascular diseases.

Resumen

Se estima que en todo el mundo se pierden siete millones de vidas humanas debido a la exposición a contaminantes del aire de fuentes fijas y móviles, en áreas urbanas o rurales. En este contexto, la Organización Mundial de la Salud advierte sobre la viabilidad económica de aplicar políticas públicas sostenibles para mitigar los efectos de la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos, demostrando un retorno de la inversión vinculado a la reducción de los costos de salud para la población. Sin embargo, debido a la diversidad de variables involucradas en el problema y la divergencia que existe en ellas para cada región estudiada, la comprensión de los escenarios en los que se llevarán a cabo estos proyectos se torna fundamental. Esta investigación tiene como objetivo identificar la asociación entre la exposición a partículas finas y gruesas con muertes por enfermedades cardiovasculares en el

município brasileiro de Taubaté/SP mediante el análisis de la asociación entre las muertes por enfermedades cardiovasculares y la variación en los índices de PM_{2.5} y PM₁₀, así como costos sociales y económicos de las muertes prematuras inherentes al contexto estudiado. Los resultados confirman la hipótesis planteada que presenta una pérdida de 17.506.500,00 € para el período comprendido entre 2016 y 2018.

Palabras clave: Contaminantes del aire; Monóxido de carbono; Años potenciales de vida perdidos; Enfermedades cardiovasculares.

1. Introdução

Estima-se que mundialmente sete milhões de vidas humanas são perdidas devido à exposição a poluentes atmosféricos provenientes de fontes fixas e móveis, em áreas urbanas ou rurais (OMS,2014).

Esses contaminantes são compostos por gases como o ozônio (O₃), o dióxido de enxofre (SO₂), os óxidos de nitrogênio, o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), entre outros. Para além dos gases, encontram-se também suspensos no ar materiais particulados líquidos e sólidos que variam de densidade, sendo as de dimensões inferiores a 2,5 micra classificadas como particulado fino e, de tamanho entre 2,5 e 10 micra, de particulado grosso (SLAUGHTER et al., 2005).

Para efeito de estudo, classifica-se os poluentes atmosféricos em dois grupos embasados na forma sobre as quais são emitidos por suas fontes. Aos poluentes diretamente lançados a atmosfera por seus emissores, dá-se o nome de poluentes primários, são exemplos desse grupo o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO₂), entre outros (Miller, 2008).

A segunda segmentação dá-se por contaminantes gerados por reações químicas entre os poluentes primários e substâncias presentes na baixa camada da atmosfera, ou modificados pela irradiação dos raios solares, podendo ser citado como exemplos o ozônio (O₃), o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o ácido sulfúrico (Braga et al.,2005).

Nesse contexto, a Organização Mundial da Saúde (2014) alerta sobre a viabilidade econômica da aplicação de políticas públicas sustentáveis para mitigar os efeitos da exposição populacional aos contaminantes atmosféricos, comprovando um retorno sobre investimento atrelado à redução dos custos com a saúde da população.

Não obstante os gastos inerentes ao tratamento das doenças e procedimentos funerários provenientes da supracitada exposição aos contaminantes, estima-se também uma perda residual devido ao afastamento das vítimas de suas atividades exercidas na sociedade, incluindo as profissionais que agregam valor ao PIB da região e que em caso de óbito ou afastamento permanente promovem uma perda em longo prazo devido à incapacidade de continuidade da contribuição social que, em situações ideais, exerceria até que atingisse em média a expectativa de vida esperada para o país onde vive (Patto et. al, 2015; Tuan, Venâncio e Nascimento, 2015; Cesar, Nascimento e Andrade Jr., 2013; Nascimento et. al, 2006).

Entretanto, devido à diversidade de variáveis envolvidas na problemática e a divergência existente nas mesmas para cada região a estudada, a compreensão dos cenários nos quais serão realizados esses projetos torna-se fundamental (PMI,2017).

Nesse sentido, ainda são poucas no Brasil as pesquisas que objetivam compreender o cenário da poluição atmosférica e seus impactos sociais e econômicos.

Esse estudo tem como objetivo analisar a relação entre a exposição populacional aos materiais particulados PM₁₀ e PM_{2,5} com óbitos por doenças cardiovasculares no município de Taubaté no período compreendido entre os anos de 2016 e 2018, bem como apontar na dimensão financeira o prejuízo ocasionado por essas mortes aos cofres públicos.

2. Metodologia

O método selecionado para realização de um estudo científico direciona o processo de investigação, definindo os modos de identificação e aproximação sobre o fenômeno objeto de pesquisa. A abordagem selecionada deve considerar a natureza do problema sob a ótica da literatura que sustenta a temática selecionada (Marconi e Lakatos, 2003).

A luz desse conceito classifica-se o presente estudo como um estudo ecológico de série temporal sobre a exposição populacional aos materiais particulados e óbitos resultantes de doenças cardiovasculares (com CID de códigos I00 a I99). Wooldridge (2015) conceitua esse método de estudo como a observação ordenada de variáveis que apresentam dependências em instantes no tempo.

Para local de estudo delimita-se o município brasileiro de Taubaté está localizado na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, estado de São Paulo, em um ponto considerado estratégico à 120Km de São Paulo capital, com acesso pelas rodovias Presidente Eurico Gaspar Dutra (BR 116) e Governador Carvalho Pinto (SP 70). Possui acesso ao litoral norte pela rodovia Oswaldo Cruz e à região serrana, até o município de Campos do Jordão, pela rodovia Floriano Rodrigues Pinheiro, que também permite acesso ao sul do estado de Minas Gerais. Possui área de 625,9km², uma população estimada de 311 mil habitantes e frota veicular de aproximados 212 mil veículos.

Para o citado cenário selecionou-se dados públicos provenientes dos órgãos de pesquisa governamentais: CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) para os anos de 2016 a 2018.

Foram também extraídos dados para os demais poluentes aferidos no município, visto que o ambiente não propicia a exposição do cidadão à apenas um poluente. A análise também considerou as variáveis de controle de temperatura e umidade relativa.

Com a possibilidade de intervalo de dias entre os eventos de exposição ao poluente, internação e óbito, analisou-se a tendência em um período de curta duração, de até sete dias entre os dois fatos, considerando o número de óbitos de até sete dias que procedem a internação.

Incorporou-se também para análise a variável de tendência de longa duração que contempla o número de dias sequenciais de todo o período analisado.

Desenvolvida a tabela de variáveis, selecionou-se para tratamento estatístico o método de Regressão de Poisson que busca relações entre variáveis discretas, dado um intervalo contínuo delimitado, sendo os eventos independentes entre si, e a ocorrência dos eventos proporcional ao intervalo selecionado (Barbosa, 2014).

O método foi aplicado analisando-se os *lags* (intervalos de zero a sete dias da ocorrência do evento) e a variável de longa duração, considerando-se a presença de dos demais poluentes, sendo controlados por temperatura e umidade.

Os tratamentos para o PM_{2,5}, PM_{10-2,5} e PM₁₀ foram realizados separadamente, dado que a aplicação em conjunto dos poluentes pode afetar a análise devido às características sobrepostas entre os mesmos, onde o PM_{2,5} e o PM_{10-2,5} compõem subconjuntos do PM₁₀. A aplicação destes tratamentos estatísticos deu-se com a utilização da ferramenta informatizada STATA da STATA Corp LLC.

Aplicou-se então o método de Regressão de Poisson na sequência calculou-se o risco proporcional atribuído (RAP), onde o cálculo corresponde a $RAF = 1 - (1/RR)$, e a fração atribuível da população (FAP) onde $FAP = RAP * N$, onde esse segundo foi utilizado para identificar o excesso de APVPs devido à exposição da população aos materiais particulados.

3. Resultados e Discussão

Analisando-se as concentrações dos poluentes objeto de estudo da presente pesquisa, e conforme apresentado na Tabela 1, observa-se para o município de Taubaté/SP que tanto os valores médios anuais quanto de todo o período estudado, tem concentração média abaixo dos valores de referência estabelecidos pela OMS.

Tabela 1 - Valores médios dos poluentes, temperatura, umidade, internações e óbitos para os cenário e o período delimitados para o estudo.

Média para o período de estudo	
Média Co	0,52
Média MP_{2,5}	13,02
Média MP₁₀	22,3
Média O₃	68,45
Média NOX	27,26
Média SO₂	1,1
Média NO₂	35,36
Média de Temperatura	27,88
Média de Umidade	47,33
Internações	4,12

Fonte: Autores.

O resultado da análise de dados do sistema DATASUS, aponta para o município de Taubaté/SP (referência IBGE 355410), cenário do estudo, um total de 4413 (quatro mil quatrocentas e treze) internações, sendo que dessas, 2558 (duas mil quinhentas e cinquenta e oito), aproximadamente 58% (cinquenta e oito por cento) fazem parte do recorte de diagnósticos e idades delimitadas para o estudo.

Em relação aos óbitos, a população (diagnósticos de CID de I00 até I99) relata um total de 284 (duzentas e oitenta e quatro) mortes. Dentro da amostra de pesquisa, tem-se um número de 192 (cento e noventa e dois) óbitos, 68% (sessenta e oito por cento) do total.

Observando-se a proporção de internações e óbitos da amostra selecionada frente ao total da população estudada para o período de 2016 até 2018, pode-se concluir que o grupo selecionado para o estudo corresponde a mais da metade das internações e óbitos por doenças cardiovasculares para o período, validando-o como relevante para os propósitos da pesquisa.

Com objetivo de buscar associação entre as internações e a emissão dos materiais particulados PM_{2,5}, PM₁₀ e PM_{10-2,5}, considerando-se um intervalo de sete dias (intervalo de curta duração) e de dias corridos ao longo de todo o período (intervalo de longa duração); bem como as variáveis de controle de temperatura e umidade relativa do ar, aplicou-se o método estatístico da Regressão de Poisson.

Os testes para os três poluentes da pesquisa foram realizados de forma separada devido ao PM_{2,5} e o PM_{10-2,5} comporem subgrupos do PM₁₀ e, dessa forma, interferirem nos resultados da análise realizada.

Para reduzir o risco de que a presença de outros poluentes interferissem nos resultados da análise do pretendido nesse estudo, fez-se inicialmente o tratamento considerando-se apenas os particulados somados às variáveis temporais (intervalos de curta e longa duração) e variáveis de controle (temperatura e umidade relativa).

No resultado do tratamento estatístico para o PM_{2,5} nessas condições pôde-se observar que não foram encontradas associações entre a exposição a esse poluente e internações por doenças cardiovasculares em nenhum *lag* (intervalo), mas ao realizar-se o tratamento para o PM₁₀, considerando-se as mesmas condições, encontra-se os resultados conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes fornecidos pela regressão de Poisson para o PM_{10} entre 2016 e 2019 controlados por temperatura e umidade para o município de Taubaté/SP.

	Coef.	Std. Err.
<i>lag 0</i>	0,0001245	0,0019698
<i>lag 1</i>	0,0024062	0,0019892
<i>lag 2</i>	0,0008129	0,001996
<i>lag 3</i>	0,0040726	,0019688
<i>lag 4</i>	0,0014896	0,0019906
<i>lag 5</i>	0,0006524	0,0020004
<i>lag 6</i>	0,002646	0,0020012
<i>lag 7</i>	0,0023408	0,0019907

Fonte: Autores.

Analisando-se os dados apresentados na tabela, pode-se observar uma associação entre a exposição ao PM_{10} e as internações por doenças cardiovasculares no intervalo de três dias (*lag*).

Realizando-se o processo para fração grossa ($PM_{10-2,5}$) observa-se que o comportamento das associações entre as variáveis se repete para o lag 3, sendo encontrado também valor significativo para o lag 7 (sete), conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes fornecidos pela regressão de Poisson para o $PM_{10-2,5}$ entre 2016 e 2019 controlados por temperatura e umidade para o município de Taubaté/SP.

	Coef.	Std. Err.
<i>lag 0</i>	0,0001616	0,0033622
<i>lag 1</i>	0,00541	0,0033032
<i>lag 2</i>	-0,0000614	0,0033323
<i>lag 3</i>	0,0065016	0,0032639
<i>lag 4</i>	-0,0011883	0,0033457
<i>lag 5</i>	0,002392	0,0033341
<i>lag 6</i>	0,0033348	0,0033456
<i>lag 7</i>	0,0070275	0,0033295

Fonte: Autores.

Ao incorporar-se as variáveis de concentração diária dos demais poluentes medidos pela CETESB para o município de Taubaté/SP, tem-se que a inclusão do C_O , NO_x e NO_2 , somados individualmente e em conjunto com os poluentes objeto de estudo, confundem o modelo de forma a omitir as associações previamente encontradas, levando a errônea interpretação de que a presença dos mesmos na atmosfera reduz os impactos da exposição aos materiais particulados PM_{10} e $PM_{10-2,5}$, fato que deve ser desconsiderado devido a não poder ser comprovado por nenhuma literatura conhecida sobre o assunto no momento do desenvolvimento desse trabalho.

A inserção SO_2 e O_3 , individualmente e agrupados, não prejudicam o modelo, de forma que, adicionalmente, as associações encontradas para o PM_{10} e $PM_{10-2,5}$ no lag 3 tornam-se mais expressiva, podendo-se interpretar que a alta concentração desses poluentes em conjunto, aumenta a possibilidade da internação por doenças cardiovasculares com três dias de intervalo entre a exposição e o fato, conforme exposto nas Tabela 4 e Tabela 5.

A associação em lag 7 também se mantém para PM_{10} e $PM_{10-2,5}$, podendo-se verificar esse fato nas citadas tabelas.

Tabela 4 - Coeficientes fornecidos pela regressão de Poisson para o PM₁₀ entre 2016 e 2019, na presença de SO₂ e O₃, e controlados por temperatura e umidade para o município de Taubaté/SP.

	Coef.	Std. Err.
<i>lag 0</i>	0,0002699	0,0022101
<i>lag 1</i>	0,0033131	0,0022231
<i>lag 2</i>	0,0004895	0,0022292
<i>lag 3</i>	0,0056697	0,0021852
<i>lag 4</i>	0,002551	0,0022115
<i>lag 5</i>	0,0014621	0,0022299
<i>lag 6</i>	0,0031449	0,0022303
<i>lag 7</i>	0,0040234	0,0022143

Fonte: Autores.

Tabela 5 - Coeficientes fornecidos pela regressão de Poisson para o PM_{10-2,5} entre 2016 e 2019, na presença de SO₂ e O₃, e controlados por temperatura e umidade para o município de Taubaté/SP.

	Coef.	Std. Err.
<i>lag 0</i>	0,0000408	0,0035715
<i>lag 1</i>	0,0049412	0,0034991
<i>lag 2</i>	-0,0008723	0,0035274
<i>lag 3</i>	0,0082668	0,0034255
<i>lag 4</i>	-0,0005163	0,0035197
<i>lag 5</i>	0,0027925	0,0035228
<i>lag 6</i>	0,0038995	0,0035226
<i>lag 7</i>	0,0082445	0,0035168

Fonte: Autores.

O PM_{2,5} não apresenta valores significativos de associação em nenhum dos cenários estudados.

Comprovada a associação entre as variáveis, passa-se agora ao cálculo dos Anos Potenciais de Vida Perdidos, conforme tabela de referência do IBGE, e explicitada no método de pesquisa.

Sobre o total da amostra, obteve-se o número de 3689 APVPs. Com objetivo de identificar a fração atribuível desse valor, relativa à associação encontrada entre as variáveis de poluição e internação, com consequente óbito, fez-se o cálculo do RAP e FAP para o PM₁₀ e PM_{10-2,5}, cujos resultados seguem apresentados respectivamente nas Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 6 - RAP e FAP referente a associação entre doenças cardiovasculares e a exposição ao PM₁₀, na presença de SO₂ e O₃ e controlados por temperatura e umidade para o município de Taubaté/SP.

Risco Relativo	1,020
Risco Atribuível Proporcional (RAP)	0,020
Fração Atribuível da População (FAP)	3,9%

Fonte: Autores.

Sobre os resultados do PM₁₀ tem-se que do total de 2611 internações, 102 estão associadas à exposição ao poluente. Essas, ocasionaram em um total de 7,41 óbitos e, proporcionalmente em 143,87 APVPs.

Tabela 7 - RAP e FAP referente a associação entre doenças cardiovasculares e a exposição ao PM10-2,5, na presença de SO₂ e O₃ e controlados por temperatura e umidade para o município de Taubaté/SP.

Risco Relativo	1,042
Risco Atribuível Proporcional (RAP)	4,038
Fração Atribuível da População (FAP)	7,9%

Fonte: Autores.

Já a fração grossa (PM10-2,5), conforme Tabela 7, retorna um número maior de casos, sendo a exposição ao mesmo associada a 206,26 internações, 15,1 óbitos e 291,67 APVPs.

Sendo o mais relevante em relação ao número de anos potenciais de vida perdidos, e devido ao fato dos dois grupos (PM10 e PM10-2,5) possuírem características sobrepostas, realizaremos os cálculos com os particulados da fração grossa (PM10-2,5).

Aplicando-se o conceito de Valor por Ano de Vida (*Value of Live Year* – VOLY) sobre toda a população tem-se que cada ano de vida deixa de contribuir aos cofres públicos com o valor de €50.000 (Bickel e Friedrich, 2005), somando-se os APVPs para o considerado intervalo de tempo, tem-se para os 291,67 anos potenciais de vida perdidos um custo financeiro atribuído de €14.583.500,00 Uma média de €4.861.166,66 por ano.

Em conversão direta pela média de cotação dos anos de 2016 (R\$ 3,85), 2017 (R\$ 3,59) e 2018 (R\$4,30), tem-se um valor monetário de respectivamente: R\$ 18.764.103,31; R\$ R\$ 17.451.588,31; e R\$ 20.903.016,64, totalizando-se R\$ 57.118.708,26.

Todavia observa-se o valor monetário em Euros por Ano Potencial de Vida Perdido proposto pelo método VOLY embasa-se no quanto um indivíduo deixa de contribuir considerando um conjunto regional de fatores. Dessa forma, a conversão direta para o Real pode distorcer o valor, visto que esse conjunto de bens e serviços considerados podem ter paridade de compra nas duas moedas.

Nesse contexto, tem-se que a um dos índices de mercado mais utilizados para efeito de cálculo de paridade de poder aquisitivo é o índice Big Mac.

Criado em 1986 pela revista *The Economist*, o índice tem como base no preço médio do produto (Big Mac), que é vendido em quase todo o mundo. A taxa de equilíbrio é calculada pela razão entre preços do produto entre os países de venda, essa por sua vez é comparada à cotação oficial da moeda de forma a identificar um índice de paridade de compra (The Economist, 2020). O quadro 1 apresenta a análise do índice de equilíbrio considerando o índice Big Mac para o período da pesquisa.

Quadro 1 – Análise dos índices de paridade de compra para os anos de 2016,2017 e 2018, e considerando-se o índice Big Mac calculado para os meses de junho de cada ano.

2016	Um Big Mac custa 15,50 reais no Brasil e € 3,82 na área do Euro. A taxa de câmbio implícita é 4,06. A diferença entre este e o câmbio real, 3,57, sugere que o Real está 13,7% sobrevalorizado.
2017	Um Big Mac custa 16,50 reais no Brasil e € 3,91 na área do Euro. A taxa de câmbio implícita é de 4,22. A diferença entre este e o câmbio real, 3,69, sugere que o Real está 14,3% sobrevalorizado.
2018	Um Big Mac custa 16,90 reais no Brasil e € 4,04 na área do Euro. A taxa de câmbio implícita é de 4,18. A diferença entre este e o câmbio Real, 4,50, sugere um real desvalorizado 7%.

Fonte: Adaptado de *Economist* (2020).

Tem-se então, ao considerar-se o índice de paridade de compra conforme proposto pelo Economist (2020), para os anos de 2016, 2017 e 2018, os valores monetários respectivamente de: R\$16.193.421,16; R\$14.956.011,18 e R\$ 22.366.227,80. Dessa forma, o custo total considerando o índice Big Mac é de R\$53.515.660,14, uma diferença de R\$3.603.048,12 frente à conversão pela taxa direta, mas ainda com um custo extremamente relevante para o município estudado.

4. Conclusão

Após a realização da pesquisa, tem-se que os objetivos previamente elencados foram alcançados em sua totalidade, identificando a associação à exposição populacional ao material particulado com internações e óbitos por doenças cardiovasculares no município de Taubaté/SP, bem como a apuração do prejuízo aos cofres públicos relacionado aos anos potenciais de vida perdidos desse contexto.

Conclui-se, com base nos resultados da pesquisa, que faz-se urgente o empreendimento de políticas públicas para redução da concentração dos poluentes PM_{10} e $PM_{10-2,5}$ no município de Taubaté/SP, medidas essas que podem ser elencadas, porém não se limitam a: propiciar o trânsito em massa, incentivar a adoção de veículos não poluentes, estimular o uso de combustíveis mais eficientes e menos poluentes, renovar a frota de automóveis e utilizar materiais de recapeamento asfáltico de maior resistência ao atrito.

Referências

- Barbosa, J. A. (2014). Distribuição de Poisson. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.
- Bickel, P., Schmid, S., & Friedrich, R. (2005). Environmental costs. *Research in Transportation Economics*, 14(1), 185-209.
- Braga, B., Hespagnol, I., Conejo, J. G. L., Mierzwa, J. C., de Barros, M. T. L., Spencer, M., & Eiger, S. (2005). Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. Pearson Prentice Hall.
- Cesar, A. C. G., Nascimento, L. F. C., & Carvalho Jr, J. A. D. (2013). Association between exposure to particulate matter and hospital admissions for respiratory disease in children. *Revista de saude publica*, 47, 1209-1212.
- Economist, The. 2021. The Big Mac index. The Economist. The Economist, 12 de 01 de 2021. <http://www.economist.com/content/big-mac-index>.
- Machin, A. B., & Nascimento, L. F. C. (2018). Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Cadernos de saúde Pública*, 34, e00006617.
- Marconi, M. D. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. (5a ed.) Atlas.
- Miller JR, G. (2008). Tyler. Ciência Ambiental. Tradução de: All Tasks. Revisão técnica de: DELITTI, Wellington Braz Carvalho. (11a ed.), Cengage Learning.
- Nascimento, L. F. C., Vieira, L. C. P. F., Mantovani, K. C. C., & Moreira, D. S. (2016). Air pollution and respiratory diseases: ecological time series. *Sao Paulo Medical Journal*, 134(4), 315-321.
- Nascimento, L. F. C., Pereira, L. A. A., Braga, A. L., Módolo, M. C. C., & Carvalho Jr, J. A. (2006). Effects of air pollution on children's health in a city in Southeastern Brazil. *Revista de saude publica*, 40(1), 77-82.
- Organization, World Health. 2014. World Health Organization. [Online] World Health Organization, 24 de 03 de 2014. <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>.
- Patto, N. V., Nascimento, L. F. C., Mantovani, K. C. C., Vieira, L. C., & Moreira, D. S. (2016). Exposure to fine particulate matter and hospital admissions due to pneumonia: Effects on the number of hospital admissions and its costs. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 62(4), 342-346.
- PMI, P., & PMI. (2017). Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK). In Project Management Institute (pp. 385-405).
- Slaughter, J. C., Kim, E., Sheppard, L., Sullivan, J. H., Larson, T. V., & Claiborn, C. (2005). Association between particulate matter and emergency room visits, hospital admissions and mortality in Spokane, Washington. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 15(2), 153-159.
- Souza, J. B. D., Reisen, V. A., Santos, J. M., & Franco, G. C. (2014). Principal components and generalized linear modeling in the correlation between hospital admissions and air pollution. *Revista de saude publica*, 48, 451-458.
- Souza, L. S. V. D., & Nascimento, L. F. C. (2016). Air pollutants and hospital admission due to pneumonia in children: a time series analysis. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 62(2), 151-156.
- Taubaté, Prefeitura Municipal de. 2020. Prefeitura Municipal de Taubaté. [Online] Prefeitura Municipal de Taubaté, <https://www.taubate.sp.gov.br>.

Tuan, T. S., Venâncio, T. S., & Nascimento, L. F. C. (2015). Air pollutants and hospitalization due to pneumonia among children. An ecological time series study. *Sao Paulo Medical Journal*, 133(5), 408-413.

Tuan, T. S., Venâncio, T. S., & Nascimento, L. F. C. (2016). Effects of air pollutant exposure on acute myocardial infarction, according to gender. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 107(3), 216-222.

Wooldridge, J. M. (2015). *Introductory econometrics: A modern approach*. Cengage learning.