

X-006 – INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NOS INDICADORES DE SAÚDE DA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS/SC

Victoria Walendowsky Knihs⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Ariadne Pacheco⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Leonardo Hoinaski⁽³⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC). Doutor em Engenharia Ambiental (UFSC). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Endereço: Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – LCQAr. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rua Delfino Conti - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88.040-970 - Brasil – Telefone: (48) 3721 – 4993. Email: victoriawk02@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre a concentração de Material Particulado Inalável (MP₁₀) na atmosfera e os indicadores de saúde relacionados à qualidade do ar no município de Florianópolis/SC. Para isso foram utilizadas as bases de dados do Sistema Nacional de Saúde (DataSUS) para morbidade hospitalar e de concentração de MP₁₀. Esta última, vem sendo montada desde 2011 no Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – UFSC. Foram analisadas como indicadores de saúde as doenças do aparelho respiratório e circulatório em Florianópolis e no Hospital Universitário (HU). Os grupos de idades escolhidos foram: doenças respiratórias em crianças até cinco anos em Florianópolis (R5) e no HU (R5.HU) e para todas as idades em Florianópolis (R) e no HU (R.HU); e doenças cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos em Florianópolis (C) e no HU (C.HU). Foi observado que as doenças do sistema circulatório se correlacionam melhor aos dados de concentração de MP₁₀ quando aplicada uma lacuna (*lag*) de um mês. Já é conhecido que os efeitos cardiovasculares tendem a ocorrer tempo após a exposição aos poluentes do ar. Esta tendência não foi observada para as doenças respiratórias. A análise estatística revelou correlação de Spearman e linear de Pearson sem significância estatística ($p > 0,05$) para todos os grupos de doenças. A relação entre poluentes do ar e indicadores é extremamente complexa e difícil de ser representada por coeficientes de correlação. Aplicou-se o modelo de regressão de Poisson para avaliar o risco na saúde da população associado à exposição ao MP₁₀. O coeficiente de Poisson (β) apresentou significância estatística ($p < 0,05$) para todos os grupos de doenças. Os grupos de doenças que mais apresentaram risco de internação foram as Doenças respiratórias em crianças até 5 anos em Florianópolis (R5) (7,40) e as Doenças cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos em Florianópolis (C) (7,37). Crianças com menos de 5 anos (R5) expostas às concentrações de MP₁₀ encontradas apresentaram 7,40 vezes mais risco de serem internadas em Florianópolis por doenças respiratórias do que aquelas expostas à ambientes neutros. Já adultos com mais de 40 anos (C) apresentaram 7,37 vezes mais chance de serem internados em Florianópolis por doenças cardiovasculares do que aqueles que respiram um ar limpo.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição atmosférica, Material particulado Inalável (MP₁₀), Doenças Respiratórias, Doenças do sistema circulatório.

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento urbano e industrialização das últimas décadas contribuíram para atingir níveis alarmantes de poluição atmosférica. Entre os contaminantes do ar, o Material Particulado (MP) em suas diversas formas, é constantemente emitido por fontes naturais ou antropogênicas, e vem se destacando por causar sérios danos ao meio ambiente e a saúde da população. O MP é considerado qualquer partícula sólida ou líquida, presente em suspensão na atmosfera e pode ser dividido em Partículas Totais em Suspensão (PTS) e o Material Particulado Inalável (MP₁₀ e MP_{2,5}) (CETESB, 2001).

O material particulado com diâmetro aerodinâmico menor que $10\mu\text{m}$ (MP_{10}) e $2,5\mu\text{m}$ ($\text{MP}_{2,5}$) constituem as partículas mais finas do MP, sendo emitidas diretamente por fontes ou formadas por poluentes como sulfato e nitrato. Estas partículas por sua vez são responsáveis por ocasionar efeitos nocivos para a saúde humana (WHO, 2005). Segundo Ostro (OSTRO B., et al., 2004), os níveis de concentração do MP_{10} estão relacionados a sérios problemas de saúde, como mortes e internações hospitalares resultantes de doenças respiratórias e do sistema circulatório. Estes efeitos podem ocorrer em níveis locais e regionais, uma vez que o mesmo ar é respirado por diversas pessoas (USEPA, 2014).

As partículas inaláveis presentes na atmosfera, quando inaladas, são capazes de penetrar o sistema respiratório e até mesmo entrar na corrente sanguínea. Quanto menor o tamanho da partícula mais fundo pode penetrar no organismo, podendo gerar mais danos à saúde da população. Cada pessoa irá responder diferentemente quando exposta a certa quantidade de poluente dependendo da sua faixa etária, genética e até mesmo das condições sociais (BAKONYI, 2003, apud TADANO Y. S., 2007).

Em Santa Catarina apesar de encontrarmos o maior número de carros por pessoa (DETRAN, 2017) e o maior número de indústrias per capita (29 indústrias por 10.000 habitantes) (IBGE, 2013). O mesmo cenário se repete na capital de Santa Catarina, conhecida por possuir frota automotiva significativa (DETRAN, 2017). No entanto o estado não investe em monitoramento de poluentes atmosféricos, apesar de ser reconhecida a “necessidade de conhecer e acompanhar os níveis de qualidade do ar no país” (CONAMA 05/89). Hoje a relação entre os altos níveis de concentração de poluentes atmosféricos e a saúde da população catarinense ainda é desconhecida.

Este trabalho faz parte do projeto "AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS EMISSÕES VEICULARES, QUEIMADAS, INDUSTRIAIS E NATURAIS NA QUALIDADE DO AR EM SANTA CATARINA" contemplado no Edital de Demanda Espontânea da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC). O projeto conta com o apoio da Diretoria de Mudanças Climáticas (DMUC) da Secretaria do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) do Estado de Santa Catarina. Neste cenário, o trabalho tem como objetivo avaliar a relação entre a concentração de MP_{10} na atmosfera e os indicadores de saúde relacionados à qualidade do ar no município de Florianópolis/SC.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Florianópolis/SC, representado na Figura 1. A coleta de MP_{10} é feita utilizando um Amostrador de Grande Volume (Energética, Hi-Vol) com seleção para material particulado inalável (AGV- MP_{10}). Todo o procedimento de amostragem é realizado de acordo com a norma ABNT NBR 13.412/1995 (ABNT, 1995). A coleta é feita desde 2011 no campus da Universidade Federal de Santa Catarina, sendo o período de estudo deste trabalho de 2011 a 2017.

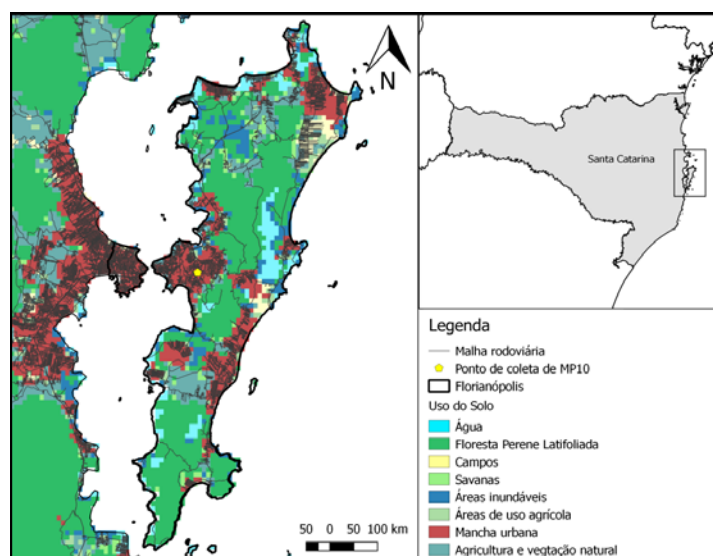


Figura 1 - Localização da coleta de MP_{10} , uso do solo e vias de tráfego em Florianópolis/SC.

Os dados de internações hospitalares foram obtidos através do sistema informatizado do SUS (TABNET/DataSUS) para o município de Florianópolis (C, R5, R) e também para o Hospital Universitário independentemente (C.HU, R.HU, R5.HU). Este é o estabelecimento de saúde mais próximo ao ponto de coleta de MP₁₀ na UFSC. Os grupos de doenças estudados são:

- Internações por doenças cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos em Florianópolis (C);
- Internações por doenças cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos no HU (C.HU);
- Internações por doenças respiratórias em crianças até 5 anos em Florianópolis (R5);
- Internações por doenças respiratórias em crianças até 5 anos no HU (R5.HU);
- Internações por doenças respiratórias para todas as idades em Florianópolis (R);
- Internações por doenças respiratórias para todas as idades no HU (R.HU);

Foi realizada a análise estatística univariada e bivariada dos dados de concentração e de internações, utilizando o software MATLAB, com o objetivo de analisar a correlação entre os dados. Os dados de internações foram relativizados desconsiderando o crescimento natural da população no período de estudo (internações a cada dez mil habitantes).

Em seguida foi aplicado o modelo de regressão de Poisson, para encontrar o coeficiente de Poisson (β), através da equação 1. O modelo de regressão é comumente utilizado para avaliar a relação de uma ou mais variáveis explicativas com uma única variável resposta (MARTINS L.C., 2000, apud TADANO Y. S., 2009). Para estudos envolvendo dados epidemiológicos e de poluição do ar costuma-se empregar uma alternativa para a transformação dos dados, conhecida por Modelos Lineares Generalizados (MGL). Estes modelos possuem famílias de distribuição como por exemplo normal, binomial e de Poisson (SCHMIDT C. M. C., 2003, apud TADANO Y. S., 2009). Para estudos como este realizado, a família mais utilizada é a de Poisson, pois analisa os dados contados na forma de proporção ou razão de contagem. Desta forma são levadas em consideração todas as pessoas com uma determinada doença para o resultado final do estudo (McCULLAGH P. et al., 1989).

$$\ln(\mu) = \beta x^T \quad \text{equação (1)}$$

Com β é possível calcular o Risco Relativo (RR). Este risco representa o quanto a população está exposta a um determinado poluente. O risco foi calculado utilizando dois métodos, sendo possível compará-los. Estes foram desenvolvidos por Baxter et al. (1997) e por Bart Ostro (2004), sendo apresentados nas equações 2 e 3 respectivamente. O risco relativo calculado por Baxter et al. (1997), indica quantas vezes é maior o risco de uma pessoa adquirir uma doença quando exposta à uma determinada concentração de poluente. Já o cálculo por Ostro (2004), indica o quanto o risco aumenta, em porcentagem, quando a concentração de MP₁₀ aumenta em 10 µg/m³.

$$RR(x) = e^{\beta x} \quad \text{equação (2)}$$

$$RR = \left[\frac{X_0 + 1}{X + 1} \right]^\beta \quad \text{equação (3)}$$

A concentração média de MP₁₀ encontrada durante o período do estudo foi a concentração média entre 2011 a 2017, igual a 23,52µg/m³.

RESULTADOS E ANÁLISE

A Figura 2 apresenta o gráfico *box plot* gerado para as médias anuais de cada variável, ao longo do período de estudo. Em relação à variável de concentração de MP₁₀, os resultados oscilam bastante, diminuindo no ano de 2016. Para as variáveis de internações hospitalares não foi visualizado um comportamento semelhante ao poluente. Em 2016, ano com menor concentração média de MP₁₀, as internações aumentaram na maioria das variáveis, com exceção das doenças respiratórias em crianças até 5 anos no HU (R5.HU). Em contrapartida, em 2015, ano com um leve aumento na concentração média de material particulado inalável, observou-se um aumento no número da maioria das variáveis de internações. O *box plot* de internações para doenças

respiratórias para todas as idades em Florianópolis (R) apresenta uma tendência crescente ao longo dos anos. O mesmo é observado para o grupo de doenças cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos em Florianópolis (C). Porém, as outras variáveis apresentam um comportamento oscilante durante o período estudado.

De uma maneira geral, não foi observado com clareza o aumento das médias das variáveis ao longo dos anos. Apesar de que o aumento da urbanização acarreta um aumento de emissão de poluentes na atmosfera, não é verificado na Figura 2 o agravamento no número de internações por doenças respiratórias e cardiovasculares em todas as situações. É possível, contudo observar que a maior parte das médias das concentrações de MP_{10} se distribui entre 20 e $30\mu g/m^3$, com valores individuais ultrapassando $40\mu g/m^3$. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005), o limite para média anual de concentração de MP_{10} no ar ambiente é de $20\mu g/m^3$. Quando ultrapassado este valor aumenta o risco para a população.

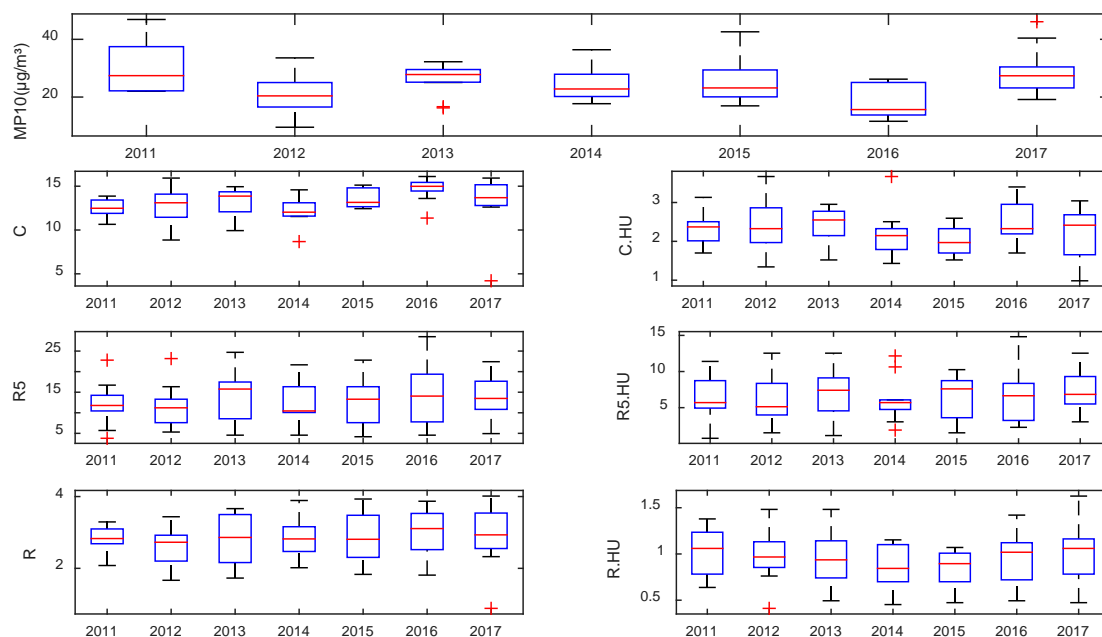


Figura 2 - Gráfico Box Plot da concentração de MP_{10} e das internações Hospitalares para Florianópolis e HU. Na figura: Concentração de MP_{10} (MP_{10}), Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos, em Florianópolis (C); Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 no HU (C.HU); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos em Florianópolis (R5); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos no HU (R5.HU); Doenças Respiratórias para todas as idades em Florianópolis (R); Doenças Respiratórias para todas as idades no HU (R.HU). Os valores das variáveis de internações estão relativizados para uma população de 10.000 habitantes.

Foi observado também uma sazonalidade nos dados, apresentada na Figura 3. Meses mais frios como inverno e outono apresentaram mais internações por doenças respiratórias e cardiovasculares (R5, R5.HU, R, R.HU, C e C.HU). Em relação à variável de concentração de MP_{10} , os meses de inverno e primavera apresentam concentrações maiores, seguidos pelos meses de outono. Em épocas mais frias, a dispersão de poluentes é prejudicada pelas condições da atmosfera. Além disso, nos meses de primavera ocorre dispersão natural de poluentes, como o pólen, por exemplo.

Em relação às internações, estas estações são conhecidas pelo aumento do número de casos de problemas de saúde, principalmente ligados ao sistema respiratório. Assim, a hipótese do aumento de concentração de poluentes e internações nos meses mais frios foi confirmada. Em adição ainda é possível indicar a influência das variáveis meteorológicas (temperatura, pressão e umidade) sobre os indicadores de saúde. Porém esta relação precisa ser melhor investigada.

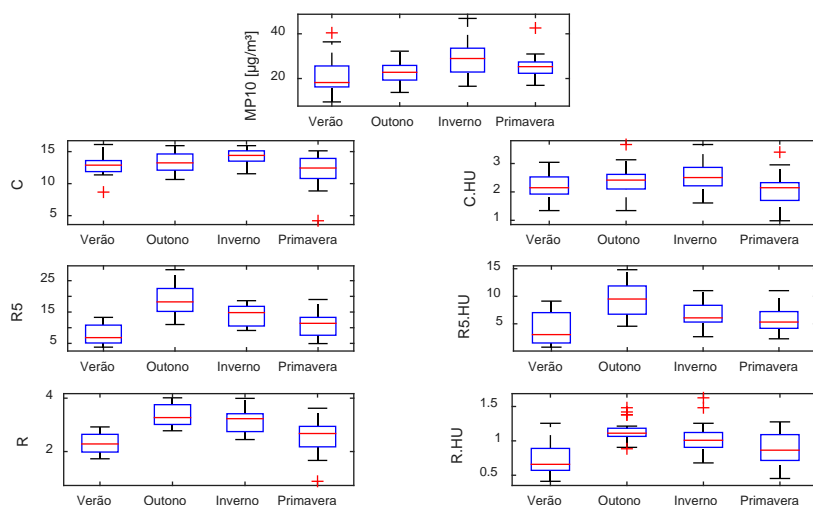


Figura 3 - Gráfico Box Plot da concentração de MP₁₀ e das internações Hospitalares para Florianópolis e HU. No gráfico: Concentração de MP₁₀ (MP₁₀), Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos, em Florianópolis (C); Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 no HU (C.HU); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos em Florianópolis (R5); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos no HU (R5.HU); Doenças Respiratórias para todas as idades em Florianópolis (R); Doenças Respiratórias para todas as idades no HU (R.HU). Os valores das variáveis de internações estão relativizados para uma população de 10.000 habitantes.

A Figura 4 apresenta a distribuição das variáveis, comparando a concentração de MP₁₀ com cada grupo de doença analisado. É possível observar uma oscilação que ocorre durante o tempo, que pode ser explicada pela interferência de fatores climáticos sobre as variáveis estudadas. No gráfico de Doenças respiratórias em crianças até 5 anos em Florianópolis (R5) é possível observar que quando a concentração de MP₁₀ aumenta, as internações também aumentam.

Este aumento não ocorre necessariamente em mesma escala, nem ao mesmo tempo. No gráfico de Doenças cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos em Florianópolis (C), por exemplo, é possível observar um possível atraso (*lag*) na ocorrência das internações. Já no gráfico de Doenças respiratórias para todas as idades no HU (R.HU) é verificado que o aumento das internações não ocorre em uma escala proporcional.

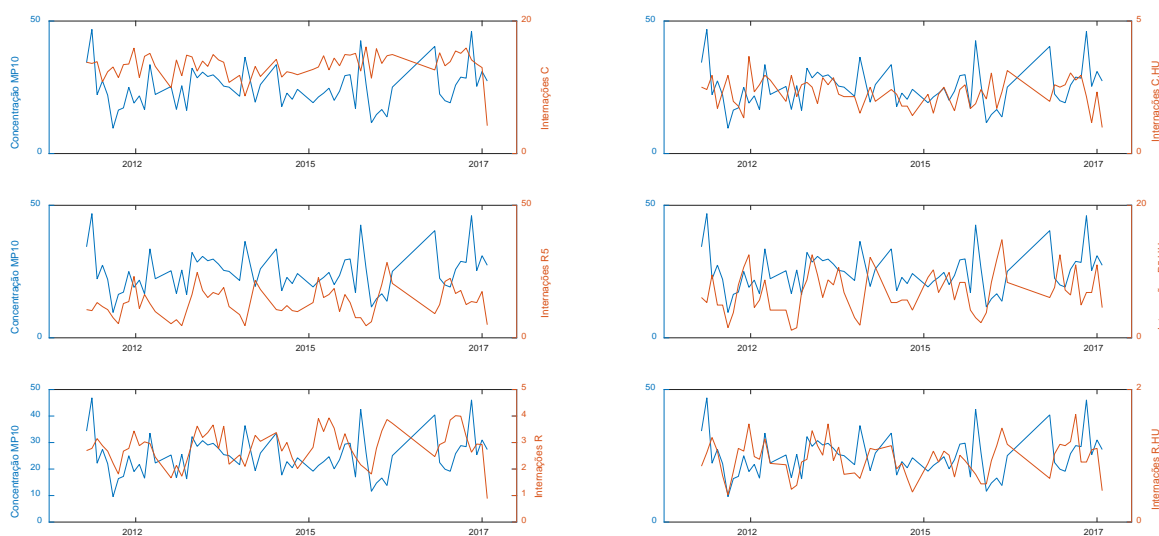


Figura 4 - Gráfico de distribuição em dois eixos verticais. Em azul a concentração de MP₁₀. Em laranja as internações referentes a cada grupo de doença analisado, sendo eles: Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos, em Florianópolis (C); Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 no HU (C.HU); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos em Florianópolis (R5); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos no HU (R5.HU); Doenças Respiratórias para todas as idades em Florianópolis (R); Doenças Respiratórias para todas as idades no HU (R.HU). Os valores das variáveis de internações estão relativizados para uma população de 10.000 habitantes.

Os coeficientes de correlação de Spearman (ρ) e de Pearson (r) foram calculados para analisar a tendência linear dos dados. Para as internações foi considerada a existência de um *lag* mensal (atraso de um mês para o surgimento dos efeitos da exposição ao MP₁₀). O resultado encontrado tanto para Pearson quanto para Spearman, não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$), independente da aplicação do *lag* mensal. Porém, foi observado que as doenças cardiovasculares apresentaram uma melhora nos valores da correlação quando considerado o *lag* mensal, e o valor de p reduz. Este comportamento não foi observado para as doenças respiratórias. Assim, é possível que as doenças cardiovasculares sofram influência da poluição em longo prazo. Por este motivo, para as análises seguintes, será considerado o fator de correlação para as doenças cardiovasculares com o *lag* mensal.

O fato de não apresentar significância estatística indica que não existe uma relação linear válida entre as variáveis da base de dados deste estudo. Neste caso, com o aumento da frequência e a continuidade das coletas pode ser encontrada significância estatística em longo prazo. Estudos envolvendo poluentes atmosféricos e fatores epidemiológicos possuem relação complexa e imperceptíveis em testes de correlação lineares (Tadano, 2007).

Para encontrar um coeficiente e uma equação que melhor descrevesse a distribuição dos dados foi aplicado o método de regressão de Poisson. Para o modelo foi considerada como variável descritiva o MP₁₀. Todos os coeficientes de Poisson (β) encontrados apresentaram significância estatística ($p < 0,05$). Os valores de β indicam a intensidade da relação entre os dados. Para as doenças respiratórias para todas as idades no HU (R.HU) β apresentou um valor negativo. Isto indicaria uma relação inversa entre as variáveis. Sabe-se que outros fatores podem influenciar no coeficiente, entre eles outros poluentes e também condições meteorológicas, que neste estudo não foram considerados.

A partir dos coeficientes de Poisson encontrados foi possível calcular o Risco Relativo (RR) por Baxter et al. (1997) e por Bart Ostro (2004). Os resultados são apresentados na Tabela 1. É possível observar que os valores do RR utilizando os dois métodos são semelhantes. Analisando as doenças cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos em Florianópolis (C) por Baxter et al. (1997), uma pessoa exposta a uma concentração média de MP₁₀ tem 7,37 vezes mais chances de adquirir a doença do que uma pessoa respirando um ar sem contaminantes. Já quando calculado por Ostro (2004), a cada aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP₁₀, as chances de

alguém ser internado com uma doença cardiovascular aumentam em 7%. Esta tendência se repete para todos os grupos de doenças analisadas, tornando válido, para este estudo, o uso das duas metodologias.

O grupo que apresenta maior risco são as Doenças Respiratórias em Crianças até 5 anos em Florianópolis (R5), seguida pelas Doenças Cardiovasculares em Adultos com mais de 40 anos em Florianópolis (C), como pode ser observado na Tabela 1. Além disso, é possível observar que os grupos estudados para Florianópolis como um todo apresentaram mais risco do que somente para o HU. Este resultado levanta a hipótese de que a poluição atua em nível regional e o mesmo ar pode ser respirado por um grande número de pessoas, a grandes distâncias (USEPA, 2004). Foi observado também que para o grupo de Doenças respiratórias para todas as idades no HU (R.HU) não foi encontrado um risco positivo associado com o aumento da concentração de MP₁₀ na atmosfera.

Tabela 1 - Cálculo do Risco Relativo (RR) para as variáveis de internação: Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 anos, em Florianópolis (C); Doenças Cardiovasculares em adultos com mais de 40 no HU (C.HU); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos em Florianópolis (R5); Doenças Respiratórias em crianças até 5 anos no HU (R5.HU); Doenças Respiratórias para todas as idades em Florianópolis (R); Doenças Respiratórias para todas as idades no HU (R.HU). O coeficiente para as doenças cardiovasculares foram calculados considerando o lag de um mês.

Doenças	Risco Relativo $RR = e^{\beta x}$	Risco Relativo $RR = \left[\frac{X_0 + 1}{X + 1} \right]^\beta$
C (lag)	7,37	1,07
C.HU (com lag)	2,01	1,02
R5	7,40	1,07
R5.HU	4,69	1,05
R	2,38	1,03
R.HU	0,97	0,99

CONCLUSÕES

Neste estudo foi analisada a influência do poluente MP₁₀ na saúde da população do município de Florianópolis/SC. Foram analisados o estabelecimento do Hospital Universitário e todos os estabelecimentos públicos de saúde do município. O grupo de doenças que apresentou maior risco de internação foram as Doenças Respiratórias em Crianças até 5 anos em Florianópolis (R5), apresentando um risco de 7,40 quando calculado por Baxter et al. (1997) e de 7% quando calculado por Ostro (2004). O grupo de doenças respiratórias para todas as idades no HU não apresentou nenhum risco, independente do método utilizado.

Além disso, os grupos estudados para Florianópolis como um todo apresentaram mais risco do que somente para o HU. Este resultado reforça a hipótese de que a poluição atmosférica atua em níveis regionais, e que o mesmo ar pode ser respirado por diversas pessoas e em lugares diferentes.

Os coeficientes de correlação linear de Spearman e Pearson não apresentaram significância em nenhuma das situações, mesmo quando aplicado o lag mensal para as variáveis de internações hospitalares. Sabe-se que a relação entre os dados epidemiológicos e de poluição atmosférica é difícil de ser descrita. Dessa forma, para a regressão, foi escolhido o modelo de regressão de Poisson. Quando aplicado, o coeficiente de Poisson (β) apresentou significância ($p < 0,05$) estatística em todos os casos.

No modelo de Poisson foi aplicado apenas um parâmetro descritivo. Não foram considerados outros fatores como outros poluentes e fatores meteorológicos, que também podem influenciar no resultado. Em Santa Catarina o monitoramento público da qualidade do ar é inexistente, e sabe-se pouco sobre a qualidade do ar e as possíveis influências para a população catarinense. De qualquer forma, é possível determinar que o material particulado inalável por si só pode possuir uma influência negativa sobre a saúde da população de Florianópolis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13412 - Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas. p. 8, 1995.
2. BAXTER, L. A., FINCH, S. J., LIPFERT, F. W., YU, Q., Comparing estimates of the effectes of air pollution on human mortality obtained using diferente regression methodologies. *Risk Analysis*, v. 17, n. 3, p. 273-278, 1997.
3. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 05**, de 25 de Agosto de 1989 – In. Resoluções, 1989. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?Codlegi=81>> Acesso em: 02 de Junho de 2018.
4. DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DETRAN). Frota de veículos: Frota 2016.
5. HOINASKI, L. et al. Investigation of Rainwater contamination sources in the southern part of Brazil. *Environmental Technology*, v. 35, n. 7, p. 868 – 881, 2014.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Populacional 2013**.
7. SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Secretaria do Estado do Meio Ambiente. **Qualidade do ar: Poluentes**. 2001. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp>. Acesso em: 13 jun. 2018.
8. TADANO, Y. S., Análise do Impacto de MP na Saúde Populacional: Estudo de Caso em Araucária, PR, 2007, Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 119p.
9. TADANO, Y. S., et al., Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambiente e Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 241-255, 2009.
10. OSTRO, B., et al. Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. **Environmental Burden of diseases** series, n. 5, p. 1 – 54, 2004.
11. WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Air quality guidelines: global update 2005**. World Health Organization, 2006.
12. U.S. Environemntal Protection Agency (EPA). **Climate Change Indicators in the United States**. 3º edição, 2014. Disponível em < <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/climateindicators-full-2014.pdf>>.