



Sociedade & Natureza

ISSN: 0103-1570

ritacmsou@ig.ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia  
Brasil

Vieira de Azevedo, Jullianna Vitorio; dos Santos, Carlos A. C.; Tavares Silva, Madson;  
Alves de Olinda, Ricardo; da Silva Santos, Débora Aparecida  
ANÁLISE DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS  
RESPIRATÓRIAS POR INFLUENZA EM IDOSOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE  
JOÃO PESSOA – PB

Sociedade & Natureza, vol. 29, núm. 1, mayo-agosto, 2017, pp. 123-135

Universidade Federal de Uberlândia

Uberlândia, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321351023010>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

**ANÁLISE DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS POR INFLUENZA EM IDOSOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA – PB**

**Analysis of climatic variations in the occurrence of Respiratory diseases by influenza in elderly people in the metropolitan region of João Pessoa – PB**

*Jullianna Vitorio Vieira de Azevedo*

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, Paraíba, Brasil  
julliannavitorio@hotmail.com

*Carlos A. C. dos Santos*

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, Paraíba, Brasil  
carlos.santos@ufcg.edu.br

*Madson Tavares Silva*

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, João Pessoa, Paraíba, Brasil  
madson@uepb.edu.br

*Ricardo Alves de Olinda*

Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, Paraíba, Brasil  
ricardo.estat@yahoo.com.br

*Débora Aparecida da Silva Santos*

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil  
deboraassantos@hotmail.com

Artigo recebido em 12/07/2016 e aceito para publicação em 23/02/2017

**RESUMO:** Neste trabalho objetivou-se avaliar os efeitos das variações sazonais do clima na ocorrência de internações por doenças respiratórias por Influenza e Pneumonia (PI) na população idosa da Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP) no Estado da Paraíba. Para isso, foram usados modelos lineares generalizados a partir da regressão linear de Poisson para relacionar a variável dependente configurada como os registros de internações por causas associadas à influenza e as variáveis independentes (precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa do ar), para análise das relações instituídas pela modelagem foi aplicado o teste de variância ANOVA com nível de significância de 0,05 de probabilidade para determinar que variáveis independentes eram mais significativas na modelagem. Também foram analisados os resíduos gerados pelo ajuste dos modelos no intuito de identificar a distribuição que melhor se ajustasse aos dados. Toda análise estática foi realizada no software R. De forma geral verificou-se que os maiores picos de internações por PI ocorrem no outono e inverno. Portanto, esses resultados sugerem uma associação entre o frio e as internações por PI. A modelagem estatística se apresentou satisfatória para análise dos casos de internações por PI, no entanto, é necessário o aprofundamento dessas análises temporais, visto que o problema de internações é multicausal e não, necessariamente, consequência somente de alterações climáticas.

**Palavras Chave:** Doenças Respiratórias; Variáveis Climáticas; Regressão de Poisson; Software R.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320170409>

**ABSTRACT:** This work aimed to evaluate the effects of seasonal climatic variations in the incidence of respiratory diseases by influenza (PI) in the elderly population in the region of metropolitan João Pessoa in the state of Paraíba. Generalized linear models from the linear Poisson regression to relate the dependent variable set to the records of hospitalizations for causes associated with influenza and the independent variables (rainfall, average air temperature and relative humidity) to analyze the relations established by modeling has been used. Additionally, was applied ANOVA variance test with a significance level of 0.05 of probability to determine which independent variables is more significant. Also the residual generated by adjusting the models in order to identify the distribution that best fitted the data were analyzed. All static analysis was performed using R software. In general is possible to identify that the highest peaks of hospitalizations for PI occur in autumn and winter. Therefore, these results suggest an association between cold and hospitalizations for IP. Statistical modeling performed satisfactory for analysis of the cases of hospitalizations for IP. However, the deepening of these temporal analysis is necessary because health depends not only on environmental factors.

**Keywords:** Poisson Regression; Respiratory Diseases; Meteorological Variables; Software R.

## INTRODUÇÃO

A influenza (gripe) é uma doença infecciosa viral sazonal associada a significativa morbidade e mortalidade. Pessoas nos extremos de idade (<6 meses ou  $\geq 65$  anos) estão em maior risco de mortalidade associada à influenza (YANG, 2009). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que 5 a 15% da população seja acometida e que globalmente, a influenza cause 3 a 5 milhões de casos graves e 250.000 a 500.000 mortes todos os anos (WHO, 2014).

A influenza e suas complicações são responsáveis por um elevado índice de morbidade e mortalidade no mundo, segundo Assaad (1973) e Simonsen (2000), são conhecidas principalmente em países de clima temperado (FREITAS, 2004). No Brasil, o padrão de sazonalidade da Influenza, varia entre as diversas regiões, sendo mais marcado naquelas que têm estações climáticas bem definidas, ocorrendo com maior frequência nos meses mais frios, em locais de clima temperado, ou no período chuvoso, em locais de clima tropical. A influenza sazonal pode manifestar-se por meio de surtos anuais de magnitude, gravidade e extensão variáveis (BRASIL, 2009).

Em abril de 2009, um surto de gripe A (H1N1) foi confirmado nos EUA e causou uma pandemia mundial. Dezoito mil e quinhentas mortes, confirmadas em laboratório foram relatados por contribuir para a gripe A (H1N1) durante o período de abril de 2009 a agosto 2010. No entanto, o número de mortes associadas à gripe pode estar subestimado, visto que o diagnóstico

de influenza é geralmente baseado nos sintomas e não na confirmação laboratorial (WHO, 2014).

Hoje a meteorologia tem condições de prestar um serviço considerável à sociedade no que diz respeito à previsão do tempo para as diversas regiões do país. Informações antecipadas poderão ser utilizadas para estimativas de demanda no setor de saúde, contribuindo para a gestão de recursos humanos e econômicos. Dados epidemiológicos vêm confirmando a estreita relação entre doenças respiratórias e poluição atmosférica e/ou mudanças climáticas conforme Ianni e Quiterio (2006). Apesar da pequena escala de tempo dos gradientes dessas variáveis, relativa à taxa de variação da temperatura ou mesmo das condições climáticas, a alta densidade populacional em áreas metropolitanas coloca em risco um grande número de indivíduos (HAINES E PATZ, 2004). Por esse motivo, a maior parte do impacto das mudanças climáticas na saúde deverá ser experimentada no cenário urbano (EPSTEIN, 2005).

A redução da umidade relativa do ar a valores abaixo de 30% é considerada de risco para a integridade das vias aéreas, dificultando a homeostase interna do aparelho respiratório. Nos meses de chuva, em contraposição à problemática vivenciada nos meses de seca, a alta umidade relativa do ar, aliada ao maior tempo de permanência nos ambientes internos, ao menor arejamento e exposição ao sol dos espaços domiciliares, com consequente crescimento de mofo e fungos, são fatores que podem contribuir para o aumento das doenças respiratórias, especialmente as alérgicas (MOLD, 2008). Além disso, alguns vírus

apresentam comportamento altamente sazonal, com maior frequência no período frio em áreas de clima temperado e também no período de chuvas naquelas de clima tropical. Esses vírus são frequentemente causadores de infecções respiratórias, principalmente das vias aéreas superiores (THOMAZELLI, 2007). Entretanto, o conhecimento acerca do comportamento das doenças em áreas de clima tropical e da possível influência dos ciclos típicos de seca e chuva sobre a saúde humana é escasso.

Pesquisadores da Biometeorologia Humana têm descrito vários fatores que comprovam a ação da atmosfera sobre a saúde humana. Para Tromp (1980), uma atmosfera com baixos valores de umidade relativa do ar e velocidade do vento é um ambiente propício para o desenvolvimento do vírus *influenza* (vírus da gripe). Este autor, entre outras citações afirma que o corpo humano possui órgãos ou centros registradores de estímulos meteorológicos que podem iniciar um processo de enfermidade, agravar doenças pré-existentes ou até levar pessoas a óbito, conforme a intensidades destes estímulos. Em outro trecho de sua obra, classifica a gripe como uma doença de inverno. Esta classificação é confirmada pela literatura da medicina, em Sounis (1985), quando afirma que a virose influenza, doença de distribuição mundial, tem marcada preferência para os meses mais frios do inverno.

Neste sentido, dada a complexidade das relações de interesse, a escolha de modelos apropriados para a análise se reveste de bastante importância. Por exemplo, modelos de regressão linear servem para investigar se uma variável resposta  $Y$  está associada com variáveis explicativas  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , mas este tipo de modelo avalia esta associação apenas sob a ótica linear, que nem sempre é aquela que rege os fenômenos considerados. Além disso, é importante ter em mente que as suposições usualmente empregadas na análise dificilmente corresponderão à realidade de modo exato, por mais sofisticado que seja o modelo em questão (TOMÉ; LATORRE, 2001). Todavia tais modelos podem constituir boas opções para representar tanto a sazonalidade quanto a relação entre o número de internações e as variáveis climáticas, como temperatura e umidade relativa do ar.

O modelo linear generalizado (MLG) é uma generalização flexível da regressão linear, que per-

mite a modelagem de variáveis de respostas que não possuem as características da distribuição normal. O MLG generaliza a regressão linear, permitindo que o mesmo possa ser relacionado com outras variáveis de resposta por meio de uma função de ligação fazendo com que a amplitude da variação de cada medição torne-se uma função do seu valor previsto. Os MLGs foram formulados por John Nelder e Wedderburn Robert em 1972 como uma forma de unificar vários outros modelos estatísticos, incluindo regressão linear, regressão logística e regressão de Poisson. Entretanto, de acordo com Conceição et al. (2001) a relação da variável dependente e da não dependente não é tão óbvia. As relações entre as diversas variáveis intervenientes podem não apresentar o mesmo comportamento ao longo de todos os valores do seu domínio e, mesmo se o apresentarem, a intensidade da associação pode não ser constante; por exemplo, o número de óbitos pode variar linearmente numa determinada faixa de valores de temperatura do ar, e quadrática ou exponencialmente em outras.

Estudos utilizando os MLGs no Brasil são datados da década de 70 por Coelho (2007), em que verificou a associação entre o número de atendimentos por infecções das vias aéreas superiores (IVAS) e bronquite asmática em crianças menores de 12 anos, nos postos de saúde da Região de Santo André (São Paulo), e as taxas mensais de sulfato e poeiras em suspensão, (entre agosto de 1967 e agosto de 1969). Saldiva et al. (1994) evidenciaram a associação entre  $\text{NO}_2$  (dióxido de nitrogênio) e mortalidade fetal tardia em São Paulo. Gouveia et al. (2006) avaliaram associação entre a hospitalização por causas respiratórias e cardiovasculares e a contaminação atmosférica no município de São Paulo.

Assim, postula-se importante correlacionar as variações climáticas sazonais na avaliação das ocorrências por influenza; de tal forma que, o uso de simulações estatísticas na série de dados das doenças respiratórias poderá ajudar antecipadamente na demanda de internações. Face ao exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos das variações sazonais do clima na ocorrência de doenças respiratórias por Influenza e Pneumonia (PI) na população idosa da Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP) através da modelagem estatística.

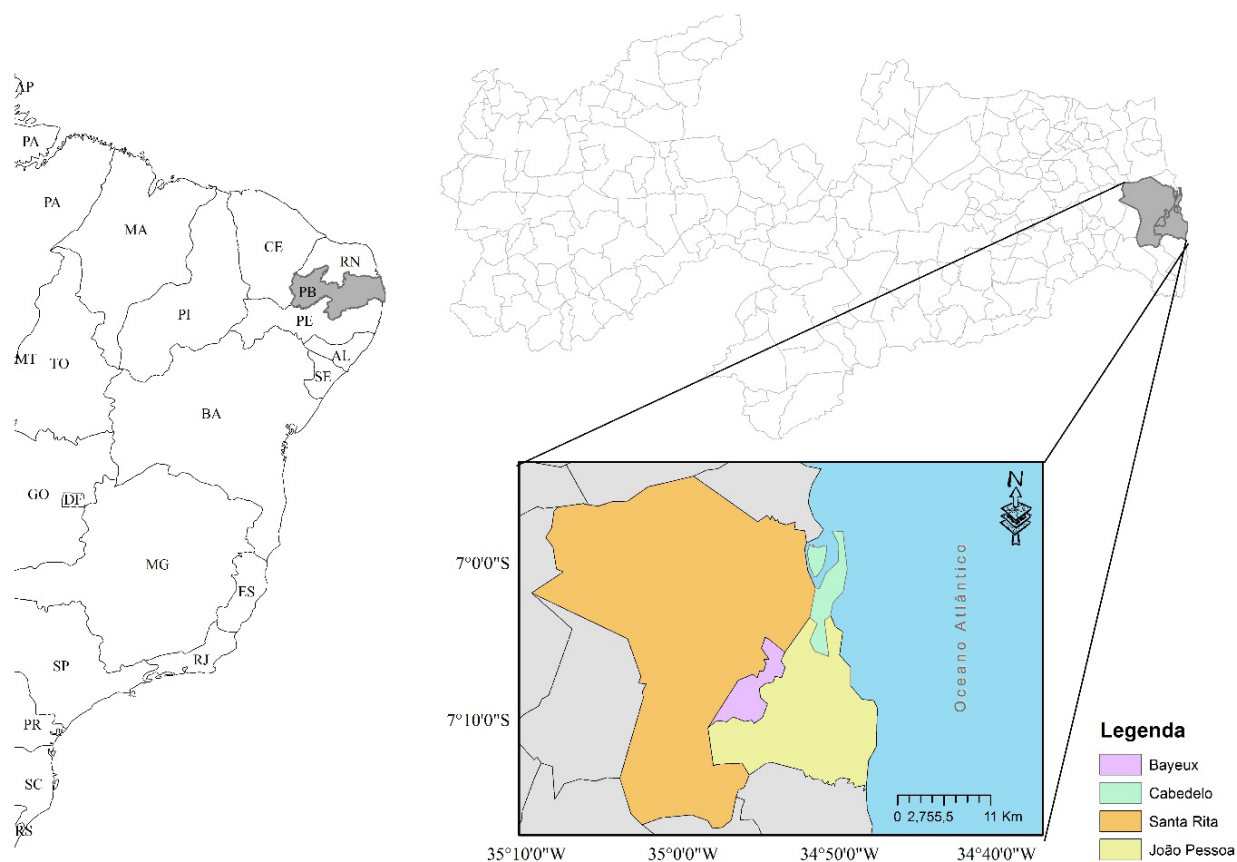
## MATERIAL E MÉTODOS

### Localidade de estudo

O estudo foi realizado para os municípios da Região Metropolitana de João Pessoa (João Pessoa, Santa Rita, Bayeux e Cabedelo) representados na Figura 1, tal região está inserida na Mesorregião do Litoral. O clima de João Pessoa é tropical úmido (tipo Am na classificação climática de Köppen-Geiger),

com índices relativamente elevados de umidade relativa do ar, e temperaturas médias anuais em torno dos 26 °C. A principal estação chuvosa, conhecida como “inverno”, inicia-se em março e termina em agosto. São duas estações climáticas definidas apenas pela quantidade pluviométrica, sem alteração significativa na temperatura do ar. As chuvas ocorrem no período de “outono e inverno” e durante todo o resto do ano o clima é de muito sol (INMET, 2015).

Figura 1- Área de estudo. Região Metropolitana de João Pessoa, 2015.



Fonte: Org. dos Autores

### Dados de internações hospitalares

A população do estudo foi formada por idosos com idade de 65 anos ou mais, que moram nos respectivos municípios das áreas de estudo, e que foram internados por Influenza ou Pneumonia (PI) no período de 2002 a 2013, faixa etária que apresenta maior mortalidade por esta doença e que é favorecida pelo Ministério da Saúde (MS) pela vacinação gratuita

contra influenza desde o ano 1999.

Foram analisadas todas as internações por PI nos idosos de 65 anos ou mais, segundo o Código Internacional de Doenças (CID-10), abrangendo as internações hospitalares realizadas no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013 no universo de atendimento dos municípios componentes da RMJP. Foram inclusos todos os hospitais próprios e conveniados ao SUS (Sistema Único de Saúde) por meio do



preenchimento das AIHs (autorização para internação hospitalar) pelos profissionais de saúde. Todas essas informações são registradas e arquivadas no banco de dados do SUS. Estes bancos de dados são compostos pelos registros de pagamentos efetuados pelo SUS aos prestadores de serviço. Dentre uma série de informações contidas neste banco de dados, foram selecionadas para este trabalho a data da internação, o diagnóstico médico e idade do paciente. Esta análise de dados foi feita exclusivamente pelos pesquisadores respeitando a necessidade da interpretação dos dados.

### Dados Meteorológicos

Através da inclusão de variáveis meteorológicas, verifica-se a sua influência sobre a população que deu entrada nos hospitais com problemas respiratórios associados a PI. As variáveis utilizadas foram: Umidade relativa do ar (%), Temperatura média do ar (°C) e Precipitação pluvial (mm).

Foram utilizadas as séries de dados médios e acumulados mensais no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013 das variáveis supracitadas, obtidas na Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UACA/CTRN/UFCG.

### Análise estatística

Foram feitos os procedimentos de análise descritiva dos dados tomando-se como base porcentagens para as variáveis qualitativas. As quantitativas foram descritas por meio de tendência central (média, mediana), e dispersão (desvio padrão e percentis) e o coeficiente de variação (CV). Além disso, foi realizada a construção do Modelo de Regressão de Poisson (MRP) com as variáveis meteorológicas. Para tanto foram confeccionados modelos de regressão de Poisson para a seleção das variáveis meteorológicas que apresentassem significância menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ), usando-se a Equação (1):

$$\ln(\mu_i) = \alpha + \sum_{i=1}^p \sum \beta_i X_i$$

em que:  $Y$  é a variável dependente número de internações por PI na localidade de estudo,  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros a serem estudados e  $X_i$  são as variáveis independentes.

Nesta pesquisa foram ajustados modelos de regressão de Poisson (MRP) considerando como variável dependente às internações hospitalares por PI. E como variáveis independentes, foram utilizadas as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação).

A distribuição de Poisson é muito utilizada para descrever dados de contagem. Uma importante propriedade dessa função de probabilidade é a igualdade entre a média e a variância. Em situações em que se tem uma variável resposta com dados de contagem e deseja-se estudar a relação com as variáveis explicativas, pode-se utilizar o modelo de regressão de Poisson que pertence a classe especial dos modelos lineares generalizados.

A variável resposta de uma regressão de Poisson deve seguir uma distribuição de Poisson onde a média da variável resposta deve ser igual a variância. No entanto, quando se trabalha com dados experimentais nem sempre isso acontece podendo ocorrer uma superdispersão (variância maior que a média) ou uma subdispersão (variância menor que a média). Mesmo assim, ainda é possível se aplicar o modelo de regressão de Poisson realizando-se transformações (TADANO et al., 2009).

O teste  $f$  da análise de variância (ANOVA) foi utilizado para verificar a significância das estimativas dos parâmetros do modelo e seus respectivos desvios padrão, teste  $t$  e o correspondente  $p$ -valor para a variável dependente PI em relação à significância das variáveis independentes (variáveis meteorológicas).

Para avaliar o ajuste do modelo deve-se realizar uma análise dos resíduos. Esta análise pode ser através do gráfico dos desvios residuais de cada observação em relação aos valores ajustados pelo modelo. Um modelo bem ajustado possui o gráfico com pontos o mais próximo possível de zero no intervalo de -2 e 2.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os registros de internações por causas associadas à influenza para Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP), no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013 (Figura 2a), foram verificados no período em análise 7.082 casos de internações por PI, com média anual de 590 casos. O ano de 2013 foi responsável pelo maior registro com 913 casos, e o ano de 2002 pelo menor registro com 369 casos. As maiores médias mensais foram observadas nos meses de maio e junho com 55 casos. De acordo com os registros mensais para o mês de maio, no ano de 2013 verificou-se o pico de 90 ocorrências e o mínimo no ano de 2002 com 22 registros. Em contrapartida, o mês de fevereiro apresenta as menores ocorrências. Verificou-se valor médio de 43 internações. Os valores máximos e mínimos foram da ordem de 80 e 28 intervenções, respectivamente.

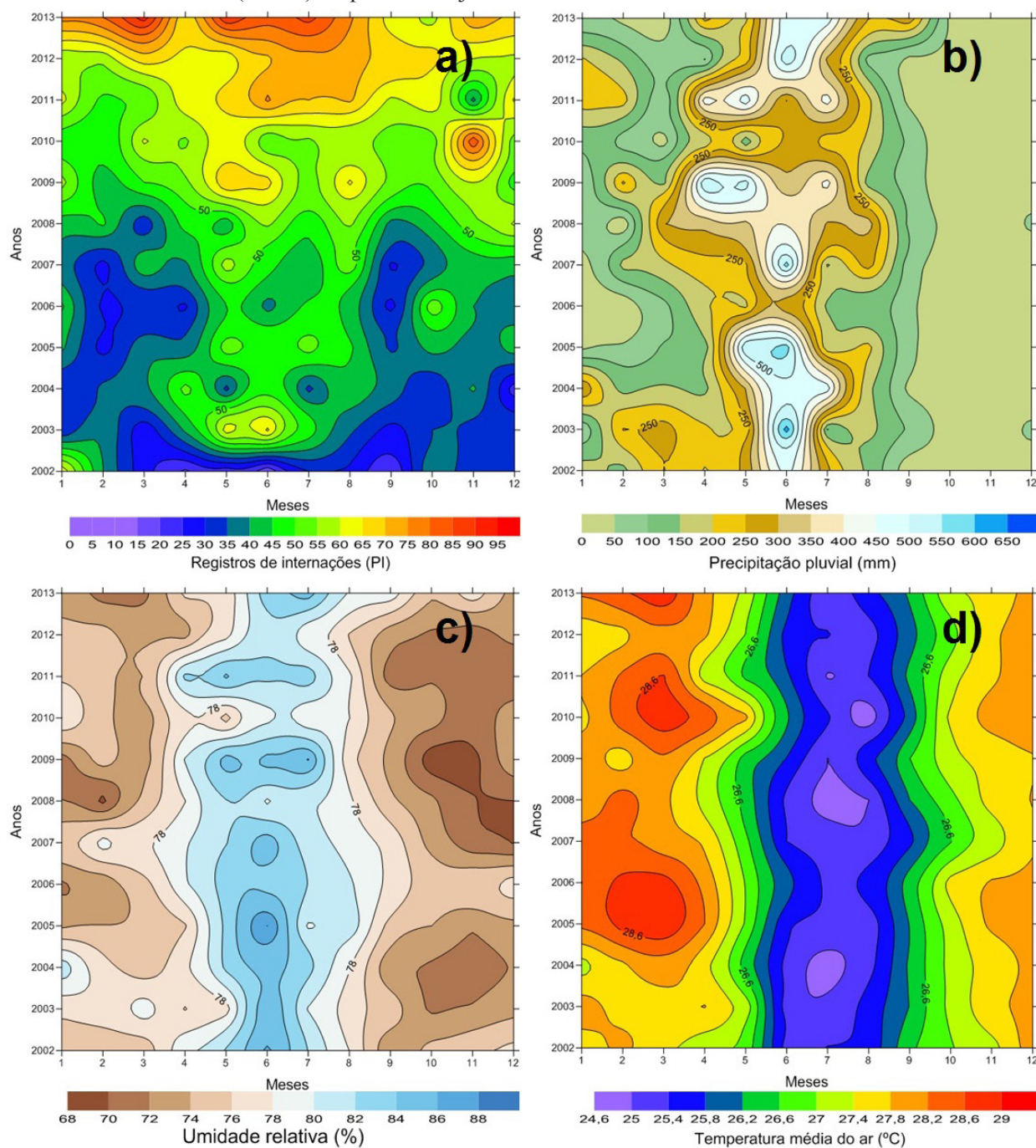
O padrão de sazonalidade da influenza varia entre as diversas regiões, sendo mais marcado naquelas que têm estações climáticas bem definidas, ocorrendo com maior frequência nos meses mais frios, em locais de clima temperado, ou no período chuvoso, em locais de clima tropical (BRASIL, 2009). Segundo o Grupo de Observação Regional da Gripe (GROC), no Brasil a epidemiologia do vírus influenza é atualmente bem conhecida nas regiões Sul e Sudeste onde a sazonalidade está bem caracterizada ocorrendo nos meses de outono e inverno. Não sendo bem conhecida nas demais regiões do país, como trata-se de um país com grande extensão territorial, é possível que mais de um padrão epidemiológico possa ser observado. Para a RMJP, a distribuição da precipitação pluvial e da umidade relativa, Figuras (2b e 2c), respectivamente, apresenta significativa correspondência para a RMJP no período estudado. Verifica-se que nos meses de maio a julho são registrados os maiores valores das variáveis supracitadas.

A precipitação pluvial (Figura 2b) apresentou média anual de 1986,8 mm, sendo que a distribuição do acumulado anual é bastante regular ao longo do período, a quadra chuvosa representou 63,5% do total anual, tal período é verificado entre os meses de abril a julho. Ao longo da série ainda verificou-se que os anos de máximos e mínimos acumulados foram 2009

(2544,5 mm) e 2006 (1178,3 mm), respectivamente.

Para RMJP, as temperaturas mais elevadas ocorrem entre os meses de novembro a abril (Figura 2d), com picos máximos no mês de março (28,3 °C). Os menores registros foram observados de junho a agosto, com picos mínimos no mês de julho (25,2 °C). A amplitude térmica registrada é da ordem de 3,1 °C, ou seja, entre os meses de março e julho há um decréscimo significativo na temperatura média do ar. A média anual para o período em análise foi de 27 °C, o máximo (27,3°C) foi verificado para o ano de 2013. Enquanto o menor (26,7 °C) registro médio anual foi para o ano de 2004.

Figura 2 - Distribuição dos registros de internações por causas associadas a influenza (a) precipitação pluvial (b), umidade relativa (%) (c), temperatura média do ar (°C) (d) para Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP) no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013



Fonte: Org. dos Autores



Os resultados obtidos para a RMJP podem ser justificados por condições meteorológicas típicas associadas às estações do ano. No verão a alta temperatura, a baixa umidade relativa do ar, e o início do período chuvoso, no final da estação, coincidem com o aumento dos casos de PI. No outono, à medida que as temperaturas, média, máxima e mínima estão baixando e, a umidade relativa do ar e a precipitação, aumentando, o número de casos registrados de internação por doença começa a aumentar, e se mantém até o final desta estação, no que se refere ao pico de incidência desta enfermidade, durante a estação chuvosa.

O número de casos vem aumentando ao longo da série estudada, tornando duvidosa a eficácia das medidas gerais de prevenção. Sobretudo, a vacinação que vem sendo aplicada já no período de maior circulação do vírus da influenza.

No inverno, é possível que o aumento da temperatura juntamente, com a redução da umidade relativa do ar e da precipitação em meados deste período, favoreça o decréscimo do número de casos notificados nesta estação, nas duas localidades. A alta temperatura, a baixa umidade relativa do ar e a escassez de chuvas, durante a primavera, parecem contribuir discretamente na redução do número de casos no decorrer desta estação.

Corroborando com estes resultados, Murara et al. (2013) identificaram relações entre os elementos climáticos e as principais doenças do aparelho respiratório (DAR) em Florianópolis (SC), verificando uma moderada correlação que explicou 43% das internações. As doenças respiratórias (influenza, pneumonia, doença pulmonar obstrutiva crônica e asma) apresentaram, nos períodos de inverno e outono, os

maiores registros de internações, correlacionando-se moderadamente com as médias mensais de temperatura e com a pressão atmosférica.

Os resultados obtidos pela ANOVA indicaram que as variáveis independentes (precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa) foram significativas ao nível de 5% de probabilidade, no que se refere à explicação da taxa de (aumento/decréscimo) nos casos de PI na RMJP. O coeficiente  $\beta_1 = 0,00103$  (Tabela 1) indicando a aumento das internações em função do aumento da precipitação, ou seja, existe uma relação direta entre as variáveis em análise. Logo, se espera que para os meses com maiores registros de precipitação se observa os maiores índices de internações. Os coeficientes relacionados temperatura média do ar e umidade relativa,  $\beta_2$  (-0,03622) e  $\beta_3$  (-0,03669), respectivamente, foram negativos indicando a diminuição das internações em função do aumento da temperatura e aumento da umidade relativa, ou seja, existe uma relação inversa entre as variáveis em análise. Assim, se espera que para os meses com maiores registros de temperatura média do ar e da umidade relativa sejam observados os menores índices de internações.

Sendo assim espera-se que para cada aumento de 1 mm e mantendo as demais variáveis constantes o acréscimo da ordem de 0,1% dos casos de internações por PI. Do mesmo modo e mantendo-se a precipitação pluvial e umidade relativa constantes, o aumento de 1 °C na temperatura média do ar representa o decréscimo de 3% dos casos de internações por PI. Por fim modificando apenas a variável umidade relativa em relação aos casos de internações por PI, tem-se a relação de decréscimo da ordem de 3% para cada acréscimo de 1% da UR.

Tabela 1 - Estimativa dos parâmetros do modelo e seus respectivos desvios padrão, teste t e o correspondente p valor para a variável dependente PI na RMJP

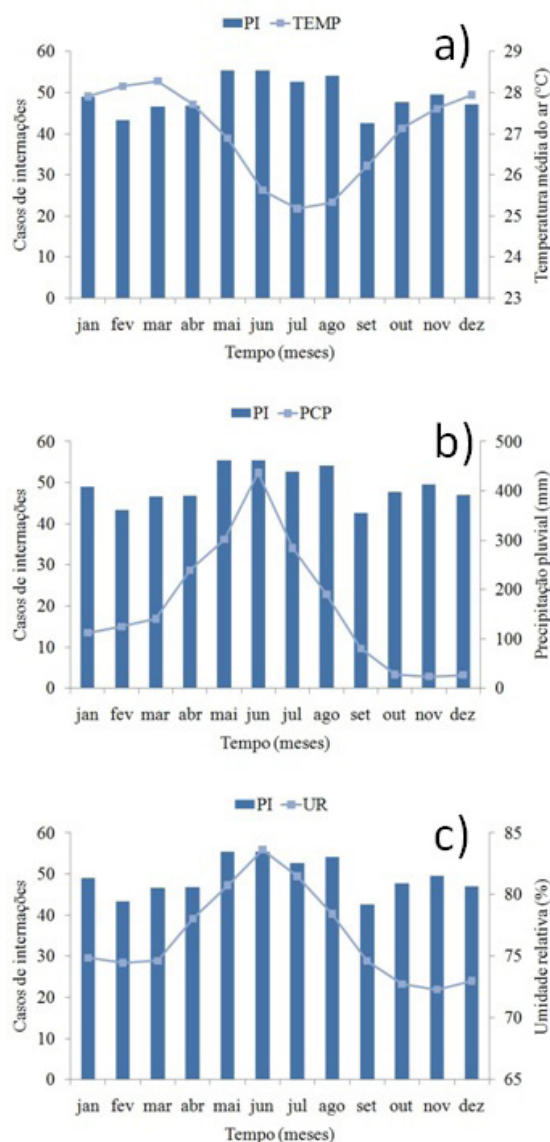
Coeficientes	Estimativa	Desvio padrão	Teste t	p-valor
Intercepto ( $\beta_0$ )	7,51199	0,62923	11,938	< 0,001
Precipitação pluvial ( $\beta_1$ )	0,00103	0,00014	7,314	< 0,001
Temperatura média do ar ( $\beta_2$ )	-0,03622	0,01311	-2,763	< 0,001
Umidade relativa ( $\beta_3$ )	-0,03669	0,00548	-6,684	< 0,001

Fonte: Org. dos Autores

De acordo com a Figura (3a), é possível observar a distribuição média mensal dos casos de internações e da temperatura média do ar (°C) para a RMJP no período de estudo. É evidente a relação direta entre a diminuição da temperatura média do ar e o aumento dos casos de PI, principalmente no período do outono-inverno, todavia os registros médios de internações apresentam valores superiores aos 40 casos mensais, e não apenas no período mais frio. Sendo assim, pode-se inferir que a significância das

demais variáveis meteorológicas (precipitação pluvial e umidade relativa) possa também estar associada à elevada ocorrência de casos na RMJP, e, de acordo com Milam e Smillie (1991), por razões biológicas. A causa mais aceita entre os efeitos entre umidade do ar e as doenças respiratórias estão diretamente relacionados às alterações funcionais das vias aéreas, resultante do aumento da exposição de organismos patogênicos dispersos no ar e infecções intercorrentes do ambiente interno.

Figura 3 - Distribuição média mensal dos casos de internações e da temperatura média do ar (a) precipitação pluvial (b) e umidade relativa (c) para Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP) no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013.



Fonte: Org. dos Autores

Stark (2000) sugere que o efeito da temperatura nos casos de internações por PI seja indireto, por influenciar outras variáveis como sobrevivência de microorganismos e concentração de gases e partículas em aerossóis, que são influenciadas por sedimentação diferenciada em relação a níveis de umidade variados. No nosso meio, existe a percepção de que as doenças respiratórias são mais frequentes e severas nos meses frios do ano, provavelmente porque os ambientes são mantidos mais fechados, por presença de excesso de gases, pó, bactérias em suspensão e endotoxinas. Existe também o efeito das flutuações de temperatura do ar, comuns nas fases frias e de transição estacional durante o ano, que acabam por estressar os indivíduos, agravando o problema. Umidades relativas do ar altas demais prejudicam o trânsito de muco (por torná-lo excessivamente fluido) e umidades muito baixas prejudicam por torná-lo excessivamente viscoso. Para permitir um deslocamento adequado do tapete mucoso sobre os cílios do trato respiratório, uma umidade relativa do ar na faixa de 60-80% é considerada adequada.

Em países de clima temperado, as epidemias de gripe são mais comuns no inverno (STEPHENSON E ZAMBON, 2002). Porém, observações em um número de países nos trópicos têm mostrado um padrão sazonal de infecções por influenza. Chew et al. (1998) encontraram para Cingapura consistente picos anuais de influenza A (junho-julho e novembro-janeiro) no entanto os autores não encontraram associação direta com fatores meteorológicos. Todavia ainda identificaram que os surtos de gripe tendem a ocorrer durante a estação chuvosa.

Dosseh et al. (2000) em estudos durante um período de 2,5 anos na localidade de Dakar, Senegal, observaram que em pacientes que apresentaram sintomas de gripe foi identificado em cerca de 5,9% dos pacientes com vírus influenza, com picos registrados durante os períodos de alta pluviosidade, temperatura do ar e umidade relativa do ar.

No presente estudo, foi possível perceber um padrão sazonal não muito marcante da morbidade hospitalar por causas relacionadas à influenza nas localidades utilizadas, nos anos observados, sendo principalmente associados aos meses com menores registros de temperatura média do ar. Entretanto alguns

anos apresentam-se de forma anômala, possivelmente em decorrência de fatores não descritos na composição do processo de modelagem do estudo. A RMJP apresentou para todos os anos os maiores registros de internações por PI, justificado pelo cômputo de ocorrências de 4 municípios (João Pessoa, Bayeux, Santa Rita e Cabedelo).

Todavia as condições meteorológicas observadas para essa região se apresentam de forma mais homogênea, não apresentando grandes amplitudes em suas variáveis, com exceção a precipitação pluvial. Dessa forma fica evidente que localidades com estações climáticas mais definidas, os picos de internações foram geralmente identificados com os meses relacionados ao inverno. A aglomeração populacional em decorrências de baixa temperatura e alta pluviosidade, em determinadas épocas do ano, contribuem para a maior transmissibilidade do vírus.

Em Manaus, nos anos de 2002 a 2009, as maiores taxas de internações por doenças respiratórias, principalmente, pneumonia, influenza e asma, ocorreram no período chuvoso, com destaque para abril. Já os focos de queimada com maior ocorrência foi na estação seca, não sendo a relação com as internações estatisticamente significativas. Foi observada, também, a relação direta com a temperatura do ar e número de focos e relação inversa com umidade e precipitação (ANDRADE FILHO et al., 2013).

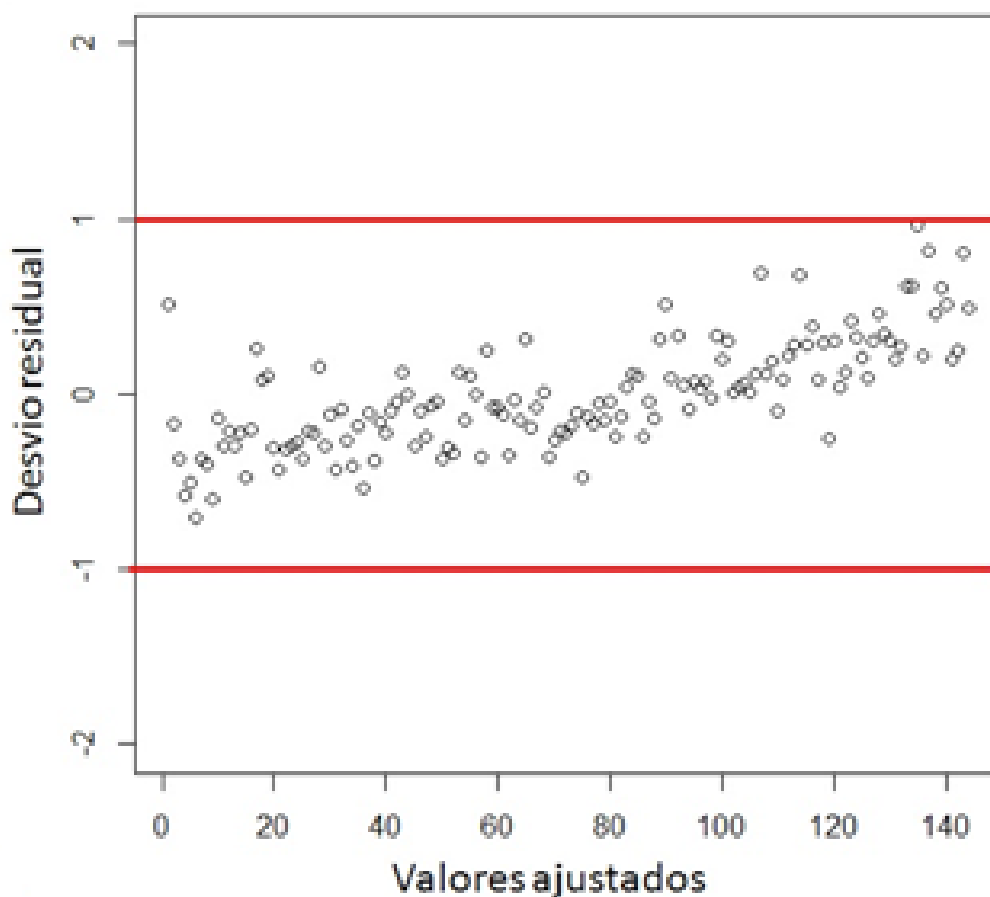
As internações por PI e a variáveis meteorológicas apresentaram respostas significativas principalmente para temperatura média do ar (°C). Ainda foi possível observar que a umidade relativa (%) e a precipitação pluvial (mm) também foram significativas na construção do MLG. Todavia as respostas dos modelos necessitam de ajustes para geração das melhores repostas possíveis, tornando-os o mais próximo da resposta real e satisfatória. As análises dos resíduos apresentam-se como a principal ferramenta de avaliação dos ajustes do modelo.

De acordo com Baxter et al. (1997), um modelo bem ajustado possui a distribuição dos pontos o mais próximo possível de zero no intervalo entre -2 e 2. Tal ajuste está diretamente associado à capacidade de explicação do modelo, no que se refere à variabilidade dos casos de internações (PI) para cada localidade utilizada neste estudo e as características das

variáveis meteorológicas que descrevem as condições do tempo, identificados no modelo como variáveis independentes. A partir da Figura (4) verificou-se que as distribuições dos desvios residuais obtidos

da regressão de Poisson apresentaram satisfatórias aderências, com poucos pontos saindo do intervalo, sem apresentar visivelmente estruturas temporais de tendência ou sazonalidade.

Figura 4 - Distribuição dos desvios residuais obtidos da regressão de Poisson para Região Metropolitana de João Pessoa – RMJP.



Fonte: Org. dos Autores

## CONCLUSÕES

O presente estudo foi capaz de identificar os picos de internações por influenza para RMJP e de forma geral pode-se verificar que os maiores picos de internações por PI ocorrem no outono e inverno. Ainda sim verificou-se ao longo da série padrões sazonais de reincidência de períodos de maiores registros de PI associados aos meses mais frios. Os resultados obtidos pela modelagem estatística sugerem assim uma maior associação (peso) entre a redução da temperatura do ar e as internações por influenza e causas associadas em

comparação com as demais variáveis independentes utilizadas no estudo. Possivelmente pelo fato da mudança nos padrões de vida e de comportamento nos meses mais frios do ano, ou seja, o aumento na frequência de convívio em ambientes fechados e úmidos.

A modelagem estatística se apresentou satisfatória para análise dos casos de internações por PI, contribuindo para políticas públicas, ajudando nas tomadas de decisão evitando desperdícios econômicos e humanos. No entanto, é necessário o aprofundamento dessas análises temporais, pois a ocorrência de doenças não depende apenas de fatores ambientais.



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO, V.S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; CARMO, C.N.; CIRINO, G. Aerosols from biomass burning and respiratory diseases in children, Manaus, Northern Brazil. *Revista de Saúde Pública*, v.47, n.2, p.239-247, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047004011>
- ASSAAD, F.; COCKBURN, W.C.; SUNDARESAN T.K. Use of excess mortality from respiratory diseases in the study of influenza. *Bulletin of the World Health Organization*, v.49, n.3, p.219-233, 1973.
- BAXTER, L.A.; FINCH, S.J.; LIPFERT, F.W.; YU, Q. Comparing estimates of the effects of air pollution on human mortality obtained using different regression methodologies. *Risk Analysis*, v.17, n.3, p.273-278, 1997.
- BRASIL. Ministério da saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de vigilância epidemiológica. *Guia de vigilância em saúde*. Caderno 1, 7.ed, Brasília, 2009.
- COELHO, M.S.Z.S. *Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo*. 2007. 196f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação do Departamento de ciências atmosféricas, São Paulo, 2007.
- CONCEIÇÃO, G. M. S.; SALDIVA, P. H. N.; SINGER, J. M. Modelos GLM e GAM: uma tradução para leigos e aplicação a um estudo de mortalidade e poluição atmosférica na cidade de São Paulo. *Revista Brasileira Epidemiologia*, v.4, n.3, p.206-19, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2001000300007>
- DOSSEH, A.; NDIAYE, K.; SPIEGEL, A.; SAGNA, M.; MATHIOT, C. Epidemiological and virological influenza survey in Dakar, Senegal: 1996–1998. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.62, n.5, p.639-643, 2000.
- EPSTEIN, P. Climate Change and Human Health. *NEJM*, v.353, p.1433-1436, 2005.
- FREITAS M.P.D. *Estudo temporal da mortalidade de idosos por doenças respiratórias à influenza no Brasil, 1996-2001*. [Dissertação de Mestrado]. Belo Horizonte (MG): Universidade Federal de Minas Gerais; 2004.
- GOUVEIA, N.; FREITAS, C.U.; MARTINS, L.C.; MARCILIO, I.O. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v.22, n.12, p. 2669-2677, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006001200016>
- HAINES A.; PATZ J. Health effects of climate change. *Journal American Medicine Association*, v.291, p.99-103, 2004.
- IANNI, A. M. Z.; QUITÉRIO, L. A. A questão ambiental urbana no Programa a de Saúde da Família: avaliação da estratégia ambiental numa política pública de saúde. *Ambiente & Sociedade*, v.9, n.1, p.169-182, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2006000100009>.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em :<<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>Acesso: 20 de janeiro de 2015.
- MILAM, D. F.; SMILLIE, W. G. A bacteriological study of “colds” on an isolated tropical island (St John, United States Virgin Islands, West Indies). *Journal of Experimental Medicine*, v.53, n.30, p.733-752, 1991.
- MOLD. Una breve guía para el moho y la humedad y su hogar. Agency. [sitena internet]. Washington, DC, United States Environmental Protection; 2008. Disponível em: <<http://www.epa.gov/mold/moldresources.html>>. Acesso em: 18 jul. 2015.
- MURARA, P.G.; MENDONÇA, M.; BONETTI, C. O clima e as doenças circulatórias e respiratórias em Florianópolis/SC. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v.9, n.16, p.86-102, 2013.

- SALDIVA, P. H. N.; LICHTENFELS, A. J. F. S.; PAIVA, P. S. O.; BARONE, I. A.; MARTINS, M. A.; MASSADE, E.; PEREIRA, J. C. R.; XAVIER, V. P.; SINGER, J. M.; BOAHM, J. M. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. *Environmental Research*, v.65, n.2, p.218-25, 1994. DOI: 10.1006/enrs.1994.1033
- SIMONSEN, L.; FUKUDA K.; SCHONBERGER, L. B., Cox NJ. The impact of influenza epidemics on hospitalizations. *Journal of Infectious Diseases*, v.181, n.3, p.831-837, 2000. DOI: 10.1086/315320
- SOUNIS, E. *Epidemiologia Aplicada*. Livraria Atheneu. Rio de Janeiro. 1985
- STARK, K. Epidemiological investigation of the influence of environmental risk factors on respiratory diseases in swine- a literature review. *The Veterinary Journal*, v.159, n.1, p.37-56, 2000. DOI: 10.1053/tvjl.1999.0421
- STEPHENSON, I.; ZAMBON, M. The epidemiology of influenza. *Occup. Med.* v.52, p.241–247, 2002.
- TADANO, Y.S.; UGAYA, C.M.L.; FRANCO, A.T. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200003>
- THOMAZELLI, L.M. Vigilância de oito vírus respiratórios em amostras clínicas de pacientes pediátricos no sudeste do Brasil. *Jornal de Pediatria*, v.83, n.5, p.422-428, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0021-75572007000600005>.
- TOMÉ, E.A.; LATORRE, M.R.D.O. Tendências da mortalidade infantil no Município de Guarulhos: análise do período de 1971 a 1998. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.4, n.3, p.153-67, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2001000300003>
- TROMP, S.W. *Biometeorology* - The impact of the weather and climate on Human and their environment (animals and plants). Editor L.C. Thomas, Heyden & Son Ltd. 1980.
- WHO - World Health Organization. 2014. [http://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/en/](http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/en/). Acesso em: 10. Fev 2015.
- YANG P, DUAN W, LV M. Review of an influenza surveillance system, Beijing, People's Republic of China. *Emerging Infectious Diseases Journal.*, v.15, n.10, p.1603-1608, 2009. DOI: 10.3201/eid1510.081040