

## Avaliação do comportamento e previsão da morbidade respiratória pela técnica de análise harmônica

Anderson Spohr Nedel<sup>1</sup>  
João Batista da Silva<sup>2</sup>

### Resumo

O conhecimento do comportamento das internações hospitalares de indivíduos humanos, especialmente os mais vulneráveis, como crianças e idosos, ao longo do tempo é de grande importância para a sociedade, uma vez que seria possível prognosticar problemas futuros e planejar ações, contribuindo para uma melhor gestão de recursos. Nesse sentido, pretende-se observar o comportamento das admissões hospitalares de crianças da cidade de Santa Maria/RS através da técnica estatística de análise harmônica, buscando uma previsibilidade para tais enfermidades. Informações baseadas em dados do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) sobre internações diárias por influenza e pneumonia (IP) foram obtidas, e, posteriormente, calculados os totais mensais. Inicialmente, os dados foram reduzidos a meses com 30 dias, e as propriedades de homogeneidade de variância e distribuição normal foram verificadas. As médias mensais foram calculadas e submetidas à análise harmônica utilizando o programa Statistica 8. Os resultados mostraram um modelo matemático para as médias mensais da raiz quadrada de Influenza e Pneumonia:  $Y_t = 4.0708 - 1,26915 \cos(0,5236t) + 0,05091 \sin(0,5236t)$ ,  $t = 0,1,2,3,11$  meses e o primeiro harmônico (annual wave) como o mais importante, dada a magnitude da sua amplitude, com destaque para o periodograma com representação de 83%.

**Palavras chaves:** Gripe; Pneumonia; Regressão periódica; Internação hospitalar.

### Abstract

Respiratory illnesses, especially in children and in the elderly represent a global public health problem and require attention. Knowledge of the variability of these admissions over a long period of time is important, so as to predict and anticipate problems and therefore to provide a better management of human and hospital resources. The aim of this study is to analyze the pattern of children hospital

<sup>1</sup> Docente da Universidade Federal de Pelotas. E-mail: [asnedel@gmail.com](mailto:asnedel@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas

admissions in Santa Maria city, Rio Grande do Sul state (RS), by using the harmonic analysis technique. Daily information of influenza and pneumonia (IP) admissions were obtained from the Health System Database of the Ministry of Health of Brazil (DATASUS). Initially, the data were reduced to 30-day months, as required by the harmonic analysis method, and the properties of variance and normal distribution homogeneity were checked, so as to calculate the total monthly admissions. The monthly averages were calculated and submitted to harmonic analysis using *Statística 8* software. The results showed a mathematical model for the monthly averages of the square root of Influenza and Pneumonia:  $Y_t = 4.0708 - 1,26915 \cos(0,5236t) + 0.05091 \sin(0,5236t)$ ,  $t = 0,1,2,3 \dots 11$  months and the first harmonic (annual wave) as the most important, given the magnitude of its scale, especially the periodogram with a representation of 83%.

**Keywords:** Influenza; Pneumonia; Periodic regression; Hospital admissions.

## 1. Introdução

As doenças respiratórias, sobretudo em crianças, representam um grande problema de saúde pública, (Boletim de Pneumologia Sanitária, 2002). Segundo Cardoso (2007), essas doenças podem ser originárias de um quadro infeccioso (causado por vírus e bactérias), como gripes e pneumonias, ou terem uma origem não infecciosa, como asma e bronquite. Algumas crianças apresentam sibilos respiratórios como manifestação de doença pulmonar, às vezes, acompanhado de cansaço ou dispnéia, sendo tal manifestação mais comum em filhos de mães com asma ou história familiar de alergia (rinite alérgica, por exemplo).

Analisando a gravidade da morbidade hospitalar por Infecção Respiratória Aguda (IRA), Botelho et al (2003) estudaram uma possível associação entre alguns fatores ambientais e a necessidade de tratamento hospitalar em crianças diagnosticadas com IRA, na cidade de Cuiabá, estado do Mato Grosso (MT). Prontuários de atendimento do Pronto Socorro Municipal (PSM), de crianças menores de cinco anos foram analisados, para dois períodos climáticos da região: seco (maio-outubro) e chuvoso (novembro-abril). As variáveis: temperatura do ar,

umidade relativa do ar e focos de queimada foram consideradas. Os resultados mostraram que a prevalência de IRA é alta e sua gravidade está associada ao período seco do ano. Além disso, observaram-se que baixos valores de umidade relativa do ar estão associados com maior necessidade de tratamento hospitalar. Segundo Tromp (1980), o tempo e o clima podem influenciar episódios respiratórios na população, e, além disso, a maioria das doenças pode ser desencadeada ou mesmo causada por fatores meteorológicos. Deal (2004) afirma que essas influências podem se dar por efeitos diretos e indiretos. Influências diretas seriam rápidas flutuações de temperatura, como períodos repentinos de frio durante o outono, os quais parecem estar associados com a diminuição da função pulmonar nos asmáticos. Em outro estudo, que incluía uma identificação subjetiva de eventos climáticos Goldstein y Cuzick (1983) encontraram que quase a totalidade das epidemias por asma nas cidades de Nova Orleans e Nova York eram precedidas pela passagem de uma frente fria, seguida por um sistema de alta pressão atmosférica.

Muitos estudos têm evidenciado que massas de ar específicas podem ser importantes para causar aumentos nas admissões hospitalares por doenças respiratórias, como por exemplo, asma. Tal impacto varia sazonalmente, com as condições climáticas tendo uma particular importância nas admissões principalmente durante as estações de outono e inverno (JAMASON et al,1997; KASSOMENOS et al.,2007; MAIA 2002, BRAUN 2003; GONÇALVES et al.,2005; COELHO, 2008).

Na região sul do Brasil, alguns estudos têm sido realizados, enfatizando que esta região apresenta uma grande variabilidade de tempo e clima, a qual favorece o aparecimento (e a gravidade) de diferentes tipos de doenças nos seres humanos. Somam-se a isso às recentes (e frequentes) mudanças bruscas nas condições de tempo a que a população tem sido exposta - muitas vezes chegando a ocorrer ao longo de um mesmo dia, situações típicas (climáticas) das quatro estações do ano. Tais variações acarretam os mais diversos tipos de

enfermidades, especialmente em crianças e idosos, que são os mais suscetíveis. Um exemplo disso são as “doenças sazonais”: transmitidas por vetores (por exemplo, dengue) e as doenças respiratórias (por exemplo, gripe e pneumonia.), que durante o verão (dengue) e o inverno (gripe, e pneumonia) ocasionam graves problemas à saúde humana, aumentando sobremaneira as admissões hospitalares e as taxas de mortalidade.

Para entender a variação ao longo do ano das internações hospitalares por doenças respiratórias (Influenza e Pneumonia: IP) - variável que tem caráter periódico, por suas estreitas associações com os elementos climáticos -, pode-se utilizar o método de análise harmônica dos registros mensais (adequado para esse tipo de investigação).

O objetivo desta pesquisa é analisar o comportamento das internações hospitalares de crianças, nas cidades de Santa Maria/RS, através da aplicação da técnica de análise harmônica aos dados, e assim obter uma ferramenta útil para realizar estimativas de tais enfermidades ao longo dos anos.

## **2. Materiais e Métodos**

O Rio Grande do Sul (RS) situado na região sul do Brasil, em uma região de latitudes médias – entre latitudes 27°S e 34°S e longitudes 50°W e 57°W - apresenta grande variabilidade nas condições de tempo e clima. A intensidade dessa variação ocorre de acordo com as características geográficas de cada região (Serra, Planalto, Depressão Central, Campanha, Litoral, etc...) chegando-se a registrar temperaturas superiores aos 40°C, durante o verão, e, temperaturas abaixo de zero, ao longo do inverno. Merecem destaque os extremos de temperaturas já registradas no estado do RS, estabelecendo recordes de temperaturas: -6.4°C em Vacaria (inverno, 2016) e 41,4°C (verão, 2012) em Torres, (INMET, 2013).

Este estudo foi realizado em crianças menores de 14 anos da cidade de Santa Maria/RS internadas por doenças respiratórias, entre os anos 2000 a 2010. A cidade de Santa Maria situa-se na depressão central do estado do Rio Grande do Sul (RS) e caracteriza-se climaticamente por invernos e verões bastante rigorosos, cujas temperaturas frequentemente alcançam valores próximos a zero e 40°C, respectivamente, o que impacta diretamente à saúde da população (Figura 1). Foram utilizados dados diários de internações hospitalares (morbidade respiratória) por Influenza e Pneumonia – IP, oriundos do Banco de dados do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), através dos registros das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) - obtidos de maneira *online* no site ([www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br)). Foram selecionadas para o desenvolvimento dessa pesquisa a data de internação da criança, o sexo, a idade do paciente, o endereço, a localização do hospital e o diagnóstico apresentado pelo médico (catalogadas pela Codificação Internacional de Doenças, décima edição, CID10, como Influenza e Pneumonia; IP).

Os dados utilizados no trabalho foram os totais mensais de IP calculados a partir dos dados diários. Estes dados, inicialmente, foram reduzidos a um mês de 30 dias, por exigência do método de análise harmônica. Verificaram-se, a seguir, as propriedades de homogeneidade de variâncias pelo teste de Cochran (DIXON & MASSEY Jr.,1969) e de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO,1990). Quando estas características não ocorrem nos dados busca-se uma transformação adequada, visando estes objetivos. Deve-se considerar ainda, que a série seja estacionária (sem tendência), para isso, se faz uma verificação da tendência por meio da análise de regressão linear, podendo eliminá-la, caso contida nos dados, tornando a série estacionária. Uma expressão usada pelo método da análise harmônica (PRIESTLEY, 2004) é a seguinte (descrita em maiores detalhes mais adiante):

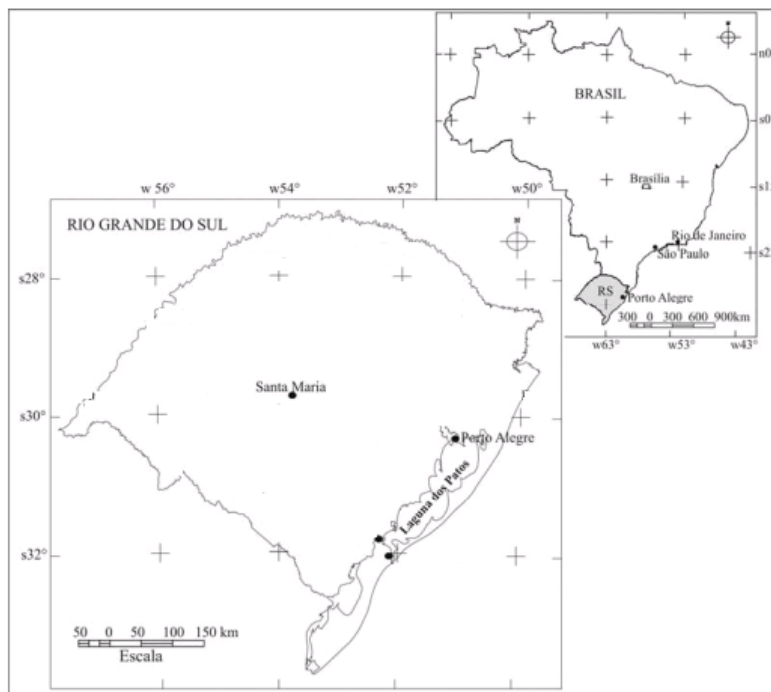
$$Y_t = p_0 + \sum ( p_k * \cos \omega_k t + q_k * \text{sen} \omega_k t ) + e_t , t=0,1,2, \dots , N-1,$$

onde tem-se:  $Y_t$  = valores da variável de estudo estimados pelo modelo;  $p_0$  = média das observações;  $p_k$  e  $q_k$  = parâmetros do modelo a serem estimados;  $\omega_k$  = frequência angular de cada harmônica;  $N$  = número de observações da série;  $k = 1, 2, 3, \dots, N/2$ , ordem das harmônicas,

A fração da variação total explicada por cada harmônica é:  $\text{Var}_k = a_k^2 / 2\sigma^2$ , sendo  $a_k = (p_k^2 + q_k^2)^{1/2}$ , a amplitude da harmônica e  $\sigma^2$ , a variância da série.

As estimativas dos parâmetros, que caracterizam as seis harmônicas, foram obtidas pelo periodograma e a seleção delas, para a composição do modelo, baseou-se na magnitude das amplitudes das harmônicas e no fato do modelo ser representativo ( $r^2 \geq 0,80$ ) e parcimonioso. Uma descrição mais detalhada da Análise Harmônica é apresentada a seguir.

Figura 1: Mapa de localização da cidade de Santa Maria.



Fonte: Adaptado de base cartográfica do INPE

## 2.1. A técnica da análise harmônica

A análise harmônica é baseada no estudo de funções trigonométricas periódicas. Portanto, o melhor método de se estudar o comportamento periódico dos dados é por meio da técnica de análise harmônica. Esta técnica decompõe a série de dados em componentes independentes chamadas harmônicos, que no modelo resultante, são representadas através de funções senoidais.

Esta técnica é recomendada, quando existe um período fundamental subdividido em partes iguais. Neste caso, de dados mensais, sendo o ano expresso em 12 meses e, daí o uso correto da análise. Quando isto não ocorre, quando se dispões de totais anuais, usa-se a análise espectral. Portanto, para a aplicação do modelo de análise harmônica, é necessário que os dados originais sejam ajustados a um mês de 30 dias, visto que, a quantidade de dias em cada mês não é igual, procedimento indicado por Amaral (1968) e Bliss (1958). Antes da utilização de técnicas estatísticas aplicadas a um conjunto de dados, é importante, segundo Bliss (1958), Amaral (1968), Baptista da Silva (1977) e Assis et al.(1996) verificar a homogeneidade de variâncias e a normalidade da distribuição. Há basicamente duas razões para se transformar os dados originais, ou seja, estabilizar a variância e tornar o efeito sazonal aditivo. Outra razão, para efetuar transformações é obter uma distribuição para os dados, mais simétrica e próxima da normal (MORETTIN& TOLOY, 2004).

Portanto, previamente à aplicação da análise harmônica, os dados são testados para verificar sua homogeneidade de variâncias e a normalidade. ( Acho desnecessária essa menção). Caso os dados não sigam a distribuição normal e não apresentem variâncias homogêneas, deve-se fazer a transformação destes, para que os resultados obtidos na análise sejam mais significativos e confiáveis. Ao final, quando utilizada alguma transformação, a partir dos dados estimados pelo modelo, retorna-se aos dados originais, por meio de conveniente transformação inversa.

Para este trabalho os dados ajustados de internações hospitalares foram testados utilizando os conhecidos testes de Cochran, para a homogeneidade de variâncias e o de Shapiro-Wilk, para a normalidade, respectivamente.

Para o estudo de uma série de dados, a suposição mais freqüente que se faz, é de que a série seja estacionária, ou seja, se desenvolva no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estável (série sem tendência). Porém, segundo Morettin & Tolo (2004), a maioria das séries encontradas na prática apresentam alguma forma de não-estacionariedade. O procedimento utilizado na estimativa da tendência, para eliminá-la da série original, é ajustar a curva dos valores observados da série através de um polinômio. Estimada a tendência e subtraindo da série original, obtém-se uma estimativa da série livre de tendência, isto é, uma série estacionária.

A equação utilizada para análise de Fourier ou análise harmônica, geralmente é representada por:  $y_t = a_0 + a_1 \text{sen}(wt + A_1) + a_2 \text{sen}(2wt + A_2) + a_k \text{sen}(kwt + A_k) + e_t$ , onde:  $a_0$  = valor médio;  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_k$  = amplitudes das harmônicas;  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_k$  = ângulos-fase das harmônicas;  $k$  = k-ésima ordem da onda senoidal (da harmônica),  $w = 360/T = 2\pi/T$  = freqüência angular;  $e_t$  = erro;  $t$  = tempo;  $T$  = período fundamental = período da função original

A componente senoidal com freqüência angular  $kw$  é o k-ésimo harmônico da função periódica. O primeiro harmônico também chamado de onda ou harmônico fundamental tem o mesmo período e a mesma freqüência que a função. O segundo harmônico tem um período igual à metade do período do harmônico fundamental; o terceiro harmônico tem o período igual a um terço deste e, assim por diante. Conseqüentemente, para o segundo harmônico, a freqüência é o dobro; para o terceiro é o triplo e, assim sucessivamente.

Os parâmetros do modelo apresentado na equação são as amplitudes  $a_k$  e os ângulos fase  $A_k$ . Desenvolvendo a equação através da relação:  $\text{sen}(a + b) = \text{sen}(a)\cos(b) + \text{sen}(b)\cos(a)$ , e usando as transformações dos parâmetros  $A_k$  e



$a_k$  em  $p_k$  e  $q_k$ , de acordo com a representação gráfica da Figura 2, dadas por:  $p_1 = a_1 \sin A_1$ ,  $q_1 = a_1 \cos A_1$ ;  $p_2 = a_2 \sin A_2$ ,  $q_2 = a_2 \cos A_2$ ;  $p_k = a_k \sin A_k$ ,  $q_k = a_k \cos A_k$ .

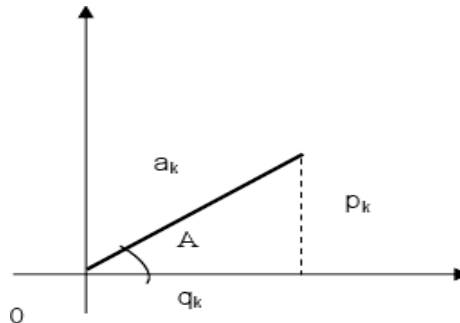


Figura 2 – Representação gráfica de  $A_k$ ,  $a_k$ ,  $p_k$  e  $q_k$ .

Fazendo-se  $a_0 = p_0$ , obtém-se:  $y_t = p_0 + q_1 \sin wt + p_1 \cos wt + q_2 \sin 2wt + p_2 \cos 2wt + \dots + q_k \sin kwt + p_k \cos kwt$ . Agrupando-se os  $p_k$  e  $q_k$  e considerando-se uma série finita de  $N$  dados, obtém-se, na forma sintetizada, a análise harmônica da série que é constituída, portanto, de uma série finita de somas de senos e cossenos. A previsão do valor do elemento climático para cada mês será, obtida pela soma algébrica, na forma (já apresentada anteriormente):  $y_t = p_0 + \sum_{k=1}^m [p_k \cos(kwt) + q_k \sin(kwt)]$  onde  $m$  é a maior ordem harmônica para uma série finita de dados, assumindo valores de  $m=T/2$ , quando  $T$  é par e  $m=(T-1)/2$ , quando  $T$  for ímpar, sendo  $T$  o período fundamental. Esse período é igual ao comprimento da série ( $T=N$ ). No caso deste trabalho, em que se estuda a variável IP, o período é igual a 12 meses, ou seja, se considera o mês como unidade de tempo. Assim, a variação anual de IP será decomposta em 6 ( $m=T/2$ ) ondas senoidais de períodos 12; 6; 4; 3; 2,4 e 2 meses.

Para a estimativa dos coeficientes  $p_0$ ,  $p_k$  e  $q_k$ , pela resolução de um sistema de equações através da álgebra matricial, são válidas as seguintes expressões:

$$\hat{p}_0 = \bar{y} \quad ; \quad \hat{p}_k = \frac{2}{T} \sum_{t=0}^{T-1} (y_t \cos wkt) \quad ; \quad \hat{q}_k = \frac{2}{T} \sum_{t=0}^{T-1} (y_t \sin wkt) \quad .$$

(Observação: se  $T$  é par, tem-se:  $\hat{p}_{(T/2)} = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} y_t \cos \left( \frac{T}{2} wt \right)$ ;  $\hat{q}_{(T/2)} = 0$ ).

A partir das estimativas de  $p_0$ ,  $p_k$  e  $q_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, T/2$  (se  $T$  é par) ou  $(T-1)/2$  (se  $T$  é ímpar), pode-se voltar ao modelo original, obtendo-se as estimativas de  $a_0$ ,  $a_k$  e  $A_k$ . Veja-se, pois, que:  $\hat{p}_k = \hat{a}_k \text{sen} \hat{A}_k$  e  $\hat{q}_k = \hat{a}_k \text{cos} \hat{A}_k$ . Daí, elevam-se essas expressões ao quadrado, e tem-se:  $\hat{p}_k^2 = \hat{a}_k^2 \text{sen}^2 \hat{A}_k$  e  $\hat{q}_k^2 = \hat{a}_k^2 \text{cos}^2 \hat{A}_k$ . Somando-se, tem-se:  $\hat{p}_k^2 + \hat{q}_k^2 = \hat{a}_k^2 \text{sen}^2 \hat{A}_k + \hat{a}_k^2 \text{cos}^2 \hat{A}_k = \hat{a}_k^2 (\text{sen}^2 \hat{A}_k + \text{cos}^2 \hat{A}_k) = \hat{a}_k^2$ . E assim,  $\hat{a}_k = \sqrt{\hat{p}_k^2 + \hat{q}_k^2}$ . Por outro lado,  $\frac{\hat{p}_k}{\hat{q}_k} = \frac{\hat{a}_k \text{sen} \hat{A}_k}{\hat{a}_k \text{cos} \hat{A}_k} = \tan \hat{A}_k$ , logo  $\hat{A}_k = \arctan \frac{\hat{p}_k}{\hat{q}_k}$ .

Em nosso caso, para o período fundamental  $T$  de 12 meses (par), as equações podem ser reescritas como:  $\hat{y}_t = \hat{p}_0 + \hat{p}_1 \cos wt + \hat{p}_2 \cos 2wt + \hat{p}_3 \cos 3wt + \hat{p}_4 \cos 4wt + \hat{p}_5 \cos 5wt + \hat{p}_6 \cos 6wt + \hat{q}_1 \text{sen} wt + \hat{q}_2 \text{sen} 2wt + \hat{q}_3 \text{sen} 3wt + \hat{q}_4 \text{sen} 4wt + \hat{q}_5 \text{sen} wt$ .  $w = 360^\circ/12 = 30^\circ$  e os coeficientes calculados por  $\hat{p}_0 = \frac{1}{12} \sum_{t=0}^{11} y_t$  ;  $\hat{p}_k = \frac{1}{6} \sum_{t=0}^{11} y_t \cos 30kt$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots, 5$  ;  $\hat{q}_k = \frac{1}{6} \sum_{t=0}^{11} y_t \text{sen} 30kt$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots, 5$  ;  $\hat{p}_6 = \frac{1}{12} \sum_{t=0}^{11} y_t \cos 180t$

Com os coeficientes calculados, podem-se determinar os parâmetros  $a_k$  e  $A_k$  das equações conhecidas. Se todas as harmônicas forem computadas e então adicionadas à média, o resultado é exatamente o dado original do evento analisado. A utilização de todas as harmônicas, no processo de modelagem, não é necessária porque, em geral, as primeiras já explicam a maior proporção da variação total da série de dados analisados. A seleção das ondas utilizadas na composição do modelo será feita de modo que ele constitua-se por um número adequado de ondas para garantir uma boa representatividade dos dados, ou seja, cerca de 80% ( $R^2 \geq 0,80$ ). Para o cálculo da representatividade do modelo utiliza-se a seguinte equação:  $R^2 = \frac{\sum a_k^2}{2\sigma^2}$ ;  $R^2$  = coeficiente de determinação, representa a variabilidade do modelo;  $a_k$  = amplitude do  $k$ -ésimo harmônico, selecionado para o modelo.  $\sigma^2$  é a variância populacional. Para as estimativas dos parâmetros do

modelo de análise harmônica utilizou-se o periodograma, por meio do pacote computacional STATISTICA 8.

### 3. Resultados e discussões

Os dados mensais de IP, inicialmente, foram reduzidos a um mês com 30 dias. A seguir, foram calculadas as variâncias mensais destes dados e submetidas ao teste de Cochran (Tabela 1). O valor de  $C=0,2666$  mostrou-se significativo ao nível de probabilidade de 5% ( $C_{12;10;0,05}=0,2020$ ). Após o uso da transformação raiz quadrada (Tabela 2), recomendada para este tipo de variável, obteve-se  $C=0,1953$ , não significativo a 5%. Concluiu-se que as variâncias são homogêneas. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk, unilateral à esquerda, ( $W=0,8767;0,9124;0,9504;0,9589;0,8809;0,9082;0,8545;0,9513;0,9543;0,9409;0,9703;0,9059$ ), para todos os meses do ano, respectivamente, apresentou resultados não significativos ( $W_{12;0,05}=0,8590$ ) para a grande maioria deles, com exceção apenas do mês de julho, com  $W=0,8545$ , significativo, embora a diferença do valor limite da tabela seja mínima.

Pelos resultados, pode-se notar que os dados seguem aproximadamente à distribuição normal. Quanto à estacionariedade, a regressão linear mostrou uma tendência positiva  $y = 4,07 + 0,1742 X$ ,  $X=1, 2, 3, \dots, 12$ , significativa a 5%. Depois de eliminada a tendência, a regressão linear tornou-se não significativa e, portanto, os dados são agora estacionários e podem ser submetidos à análise harmônica. A seguir, as médias mensais foram calculadas (3,31;2,97;3,94;4,01;4,10;5,18;5,91;5,12;4,39;4,27;3,51;2,14) e submetidas à análise harmônica, com o uso do programa Statística 8. A análise harmônica dos dados indicou a primeira harmônica (onda anual) como a mais importante, em vista da magnitude de sua amplitude, destacada no periodograma, com uma representatividade de 83%. O modelo matemático para as médias mensais da raiz quadrada de IP é apresentado na Figura 3.

$Y_t = 4,0708 - 1,26915 \cos (0,5236t) + 0,05091 \sin (0,5236t)$  ,  $t=0,1,2,3,$   
 ...,11meses .

Tabela. 1: Internações hospitalares com suas médias e variâncias mensais, para crianças da cidade de Santa Maria-RS, 2000/2010.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	7,7	3,1	5,8	4,0	1,9	15,0	6,8	4,8	5,0	4,8	5,0	1,0
2001	1,9	2,1	1,9	5,0	3,9	2,0	1,9	27,1	17,0	20,3	14,0	6,8
2002	15,5	12,9	17,4	29,0	26,1	38,0	51,3	32,9	29,0	24,2	22,0	22,3
2003	20,3	27,9	29,0	31,0	35,8	60,0	73,5	38,7	45,0	55,2	30,0	25,2
2004	16,5	13,4	31,9	29,0	28,1	65,0	76,5	49,4	36,0	35,8	37,0	18,4
2005	13,5	13,9	24,2	18,0	23,2	28,0	59,0	57,1	42,0	31,9	29,0	31,0
2006	24,2	2,1	20,3	21,0	26,1	44,0	46,5	22,3	28,0	34,8	38,0	20,3
2007	15,5	12,9	21,3	16,0	28,1	59,0	58,1	60,0	76,0	53,2	47,0	28,1
2008	22,3	16,6	43,5	57,0	40,6	56,0	126,8	94,8	45,0	61,9	53,0	23,2
2009	11,6	8,6	8,7	17,0	25,2	29,0	75,5	57,1	38,0	35,8	17,0	5,8
2010	1,0	24,6	41,6	45,0	68,7	77,0	61,9	62,9	59,0	70,6	59,0	39,7
SOMA	150,0	138,1	245,8	272,0	307,7	473,0	637,7	507,1	420,0	428,7	351,0	221,6
MÉDIA	13,6	12,6	22,3	24,7	28,0	43,0	58,0	46,1	38,2	39,0	31,9	20,1
Variância	52,86	65,56	169,67	231,11	288,87	478,73	1052,73	542,21	337,60	346,70	258,81	123,25

Tabela. 2: Internações hospitalares (transformação da raiz quadrada) com suas médias e variâncias mensais, para crianças da cidade de Santa Maria/RS, 2000/2010.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	2,8	1,8	2,4	2,0	1,4	3,9	2,6	2,2	2,2	2,2	2,2	1,0
2001	1,4	1,5	1,4	2,2	2,0	1,4	1,4	5,2	4,1	4,5	3,7	2,6
2002	3,9	3,6	4,2	5,4	5,1	6,2	7,2	5,7	5,4	4,9	4,7	4,7
2003	4,5	5,3	5,4	5,6	6,0	7,7	8,6	6,2	6,7	7,4	5,5	5,0
2004	4,1	3,7	5,7	5,4	5,3	8,1	8,7	7,0	6,0	6,0	6,1	4,3
2005	3,7	3,7	4,9	4,2	4,8	5,3	7,7	7,6	6,5	5,7	5,4	5,6
2006	4,9	1,5	4,5	4,6	5,1	6,6	6,6	4,7	5,3	5,9	6,2	4,5
2007	3,9	3,6	4,6	4,0	5,3	7,7	7,6	7,7	8,7	7,3	6,9	5,3
2008	4,7	4,1	6,6	7,5	6,4	7,5	11,3	9,7	6,7	7,9	7,3	4,8
2009	3,4	2,9	3,0	4,1	5,0	5,4	8,7	7,6	6,2	6,0	4,1	2,4
2010	1,0	5,0	6,5	6,7	8,3	8,8	7,9	7,9	7,7	8,4	7,7	6,3
SOMA	38,3	36,5	49,1	51,8	54,7	68,5	78,4	71,6	65,5	66,1	59,7	46,5
MÉDIA	3,5	3,3	4,5	4,7	5,0	6,2	7,1	6,5	6,0	6,0	5,4	4,2
Variância	1,50	1,55	2,46	2,57	3,28	4,21	7,16	3,69	2,73	2,81	2,44	2,27

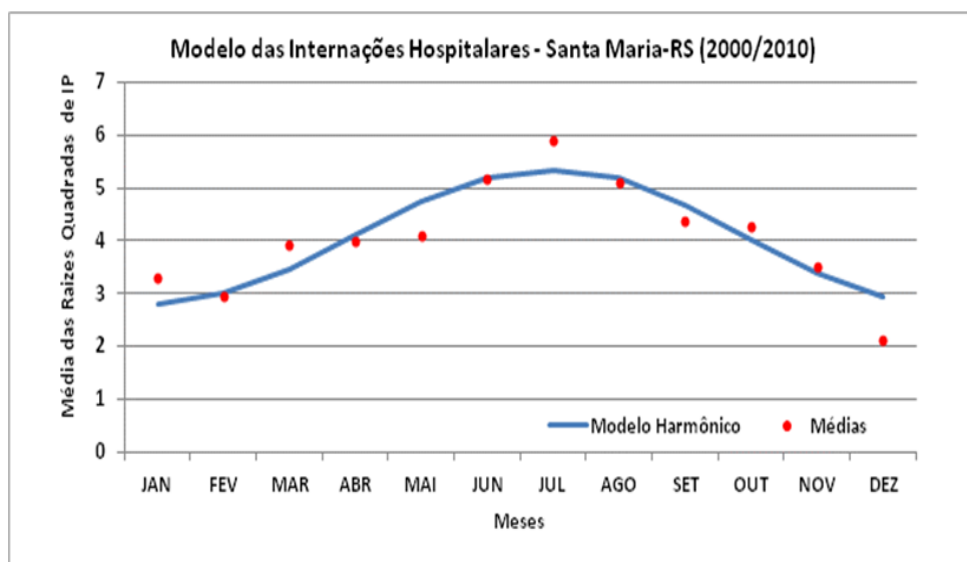


Figura. 3: Modelo harmônico de internações hospitalares de crianças na cidade de Santa Maria/RS, para o período 2000/2010.

Por fim, para voltar aos dados originais, a partir das estimativas do modelo, incrementa-se a tendência linear retirada dos dados, antes de utilizar a transformação inversa. Por exemplo, o valor estimado para janeiro foi de  $Y=2,8$ , mais o incremento da tendência ( $y=0,1742$ ), correspondeu a  $X = 8,85$ , que é a média mensal esperada de janeiro para IP, supondo um mês com 30 dias. Como janeiro possui 31 dias obtém-se, finalmente,  $X = 9,14$  como valor esperado deste mês. Na Tabela 3, tem-se todos os valores esperados das médias mensais de IP, obtidas a partir dos valores estimados pelo modelo, mais o incremento da tendência e submetidos à transformação inversa da raiz quadrada. Esses resultados, finalmente são ajustados ao número de dias de cada mês, visto que, inicialmente todos os dados foram reduzidos a um mês de 30 dias, por exigência do método de análise.

Tabela. 3: Valores esperados das médias mensais de IP, para crianças na cidade de Santa Maria-RS, 2000/2010.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>OBS</b>	3.3	2.97	3.94	4.01	4.1	5.18	5.91	5.12	4.39	4.27	3.51	2.14
<b>EST</b>	2.8	3	3.48	4.12	4.75	5.19	5.34	5.14	4.66	4.02	3.39	2.95
<b>IP</b>	9.1	10.6	18.0	23.2	32.7	38.9	<b>44.5</b>	44.1	38.8	34.3	28.2	26.2

OBS: observado; EST: estimado; IP: Valor de IP

#### 4. Conclusões

O modelo representou adequadamente (de maneira satisfatória) a variabilidade das internações hospitalares por doenças respiratórias de crianças, na cidade de Santa Maria-RS, ao longo dos onze anos estudados (2000 a 2010), com uma representatividade de 83%, sendo parcimonioso, por constituir-se apenas da onda anual. As médias mensais de IP apresentam um valor máximo

esperado de 44,5 internações no mês de julho. O menor valor da variável, cerca de nove internações, é esperada no mês de janeiro.

Por fim, conclui-se com o desenvolvimento deste trabalho, utilizando o método de análise harmônica nos dados, que uma previsibilidade de internações hospitalares por Influenza e Pneumonia (IP), na cidade de Santa Maria-RS, possa ser realizada. Dessa maneira, seria possível emitir alertas aos órgãos governamentais competentes, antecipadamente, a fim de auxiliá-los na prevenção destas enfermidades, para que a adoção de medidas possa ser feita (como por exemplo, na administração hospitalar, através de melhor distribuição dos recursos humanos e de leitos hospitalares). Salienta-se que o método de análise harmônica utilizado nesse estudo, apresenta uma "estimativa de internação" baseada somente nas influências meteorológicas (condições de Tempo), bem destacadas no clima do estado do Rio Grande do Sul. Não se considerou, por exemplo, outras características como fatores pessoais (genética, tabagismo na família, higiene, hábitos familiares, etc.), características da habitação, geografia do local, entre outras, alheias ao meio ambiente. Em princípio, para outras regiões do Brasil o modelo de internação proposto não deve ser aplicado, pois estaria inserido em regiões com comportamentos climáticos diferentes, e cujas variantes não exerceriam as mesmas influências (e intensidade), o que o torna limitante somente ao Rio Grande do Sul. Adotando a exigência de representatividade de no mínimo 80%, talvez não se conseguisse modelar os dados por meio deste método de análise, ou ele deixaria de ser parcimonioso (simples, com poucas ondas), o que devemos evitar. Mas, somente testando os dados pode-se concluir sobre isso. Estes podem mostrar sazonalidades que aparentemente não se percebe, porém, que existem nos mesmos.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro, ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) pela cedência dos dados.

## Referências

Amaral, E. Análise harmônica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, v.3, n. 1: 7-34, 1968.

Assis, F.N.; Arruda, H.V; Pereira, A.R. *Aplicações de Estatística à Climatologia: Teoria e Prática*. Editora Universitária. UFPel. Pelotas. 161p, 1996.

Baptista da Silva, J. *Análise harmônica das precipitações pluviométricas pentadais*. Programa de Pós graduação em Matemática, *Universidade Federal de Pelotas, Tese de Livre Docência*, 216p, 1977.

Bliss, C.I. Periodic Regression in biology and climatology. *The Connecticut Agricultural Experiment Station*, New Haven. v. 615, n. 1, 55p, 1958.

Boletim de Pneumologia Sanitária. *As infecções respiratórias agudas na infância como problema de saúde pública*. Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, 25p, 2002.

Braun, S. *Influências meteorotrópicas nas doenças cardiovasculares na cidade de São Paulo*. Programa de Pós Graduação em Meteorologia, *Universidade de São Paulo*, Dissertação de Mestrado, 134p, 2002.

Cardoso, M.R.A. Micro-clima nos domicílios e doenças sibilantes na cidade de São Paulo. Programa de Pós Graduação em Epidemiologia. *Universidade de São Paulo*, Tese de Livre Docência, 160p, 2007.

Coelho, M.S.Z. *Uma análise estatística com vistas à previsibilidade de doenças respiratórias em função das condições meteorotrópicas na cidade de São Paulo*. Programa de Pós Graduação em Meteorologia, *Universidade de São Paulo*, Tese de doutorado, 178p, 2007.



Denny, F.W. & Loda F.A. Acute respiratory infections are the leading cause of death in children in developing countries. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.35, n.1, 1-2, 1986.

Dixon, W.J.R. & F.J. Massey. *Introduction to statistical analysis*. McGraw-Hill Kogakusha Ltda. Tóquio: 639p, 1969.

Gonçalves et al. Influences of the weather and air pollutants on cardiovascular disease in the metropolitan area of Sao Paulo. *Environmental research*, v.104, n.1, 275-281, 2007.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Acesso em novembro de 2013. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>

Jamason et al. A synoptical evaluation of asthma hospital admission in New York City. *American Journal Critical Care Medicine*, v.156, n.1, 1781-1788, 1997.

Katsouanny et al. The Athens heat wave. *The Lancet*, vol3, n.1, 373p, 1998.  
Maia, J.A. *Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorotrópicas na cidade de São Paulo*. Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 134p, 2002.

Morettin, P.A., Toloi, C.M.C. *Análise de Séries Temporais*. Edgar Blücher, São Paulo, 624p, 2004.

Priestley, M.P. *Spectral analysis and time series*. Vols. I e II. Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA, 890p, 2004.

Shapiro, S.S. *How to test normality and other distributional assumptions*. ASQC Quality Press, v.3, n.1, 92p, 1990.

Tromp, S.W. 1980. *Biometeorology: The impact of the weather and climate on humans and their environment (animals and plants)*. Heiden: London. 209p.