



Faculdade de Pindamonhangaba



Gabriele da Silva Garufe

Karina de Souza Melo

**Modelo Computacional Neuro-Fuzzy para avaliar os efeitos da
poluição do ar sobre o número de internações por asma e
pneumonia**

Pindamonhangaba –SP

2014



Faculdade de Pindamonhangaba



Gabriele da Silva Garufe

Karina de Souza Melo

Modelo Computacional Neuro-Fuzzy para avaliar os efeitos da poluição do ar sobre o número de internações por asma e pneumonia

TCC apresentado como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Bacharel em Fisioterapia pelo Curso de Fisioterapia da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Eustáquio Chaves

**Pindamonhangaba-SP
2014**



Faculdade de Pindamonhangaba



**GABRIELE DA SILVA GARUFE
KARINA DE SOUZA MELO**

**MODELO COMPUTACIONAL NEURO-FUZZY PARA AVALIAR OS EFEITOS DA
POLUIÇÃO DO AR sobre o número de internações por asma e pneumonia**

TCC apresentada como parte dos requisitos para obtenção do
Diploma da Fundação Universitária Cristã pelo Curso de
Fisioterapia da Faculdade de Pindamonhangaba

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Dedicamos o nosso TCC para todos aqueles que fizeram do nosso sonho real, nos proporcionando forças para que não desistíssemos de ir atrás do que nós buscávamos para nossas vidas. Muitos obstáculos foram impostos para nós durante esses últimos anos, mas graças a vocês não fraquejamos. Obrigado por tudo família, namorada, professores, amigos e colegas.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e forças para superar as dificuldades.

A esta faculdade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior, enviado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao nosso orientador Luciano, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos nossos pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

**MODELO COMPUTACIONAL NEURO-FUZZY PARA AVALIAR OS EFEITOS DA
POLUIÇÃO DO AR**

NEURO-FUZZY COMPUTER MODEL TO ASSESS THE EFFECTS OF AIR POLLUTION

Título abreviado: poluição do ar, neuro-fuzzy, asma e pneumonia

Gabriele da Silva Garufe. Curso de Fisioterapia – FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba - SP.

Aluna do Curso de Fisioterapia.

Karina de Souza Melo. Curso de Fisioterapia – FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba - SP.

Aluna do curso de Fisioterapia.

Luciano E. Chaves. Curso de Fisioterapia – FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba - SP. Doutor em Engenharia Mecânica.

FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba – SP

Avenida radialista percy lacerda, 1000

Pindamonhangaba - SP

(12) 3648-8325

e-mail: lucianoechaves@uol.com.br

Conflito de interesse: não há

Fonte Financiadora: não há

Resumo: 190 palavras

Abstract : 178 palavras

Texto: 2089 palavras

tabelas: 1

Figuras: 1

Objetivo: O objetivo deste estudo é prever o número de internações por asma e pneumonia relacionadas à exposição de poluentes do ar no município de São José dos Campos-SP.

Métodos: A metodologia utilizada foi dividida em três módulos: limpeza e elaboração de dados, utilização do modelo neuro-*fuzzy* (ANFIS). Foram coletados dados reais de internações do DATASUS, os quais foram utilizados como saída do modelo. Os dados de entradas foram os poluentes do ar material particulado (MP₁₀), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃) e a temperatura aparente (Tap). As saídas geradas pelos modelos foram comparadas e correlacionadas com os dados reais de internações através do Coeficiente de Correlação de Pearson.

Resultados: No ano de 2010 foram considerados 343 dias e foram registradas 1464 internações por pneumonia e asma em São José dos Campos-SP, com média diária de 4,9 internações e desvio padrão de 2,9. Este estudo mostrou correlação positiva significativa entre os dados reais e os dados gerados pelo modelo neuro-*fuzzy*.

Conclusão: Neste estudo foi possível realizar a previsão do número de internações por asma e pneumonia no município de médio porte do Brasil.

Palavras-chave: poluição do ar. neuro-*fuzzy*. asma e pneumonia.

Abstract

Objective: The aim of this study is to predict the number of hospitalizations for asthma and pneumonia related to exposure to air pollutants in São José dos Campos.

Methods: The methodology was divided into three modules: cleaning and preparation of data, use of neuro-fuzzy model (ANFIS). We collected actual data DATASUS admissions, which were used as the output of the model. The inputs were air pollutants particulate matter (PM 10), sulfur dioxide (SO₂), ozone (O₃) and the apparent temperature (T_{ap}). The outputs generated by the model were compared and correlated with the actual data of admissions by the Pearson correlation coefficient.

Results: In the year 2010 were considered 343 days and were recorded in 1464 for pneumonia and asthma in São José dos Campos, with a daily average of 4.9 admissions and standard deviation of 2.9. This study showed a significant positive correlation between actual data and the data generated by neuro-fuzzy model.

Conclusion: In this study was possible to predict the number of hospitalizations for asthma and pneumonia in medium-sized municipality of Brazil.

Keywords: air pollution, neuro-fuzzy, asthma and pneumonia.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores das médias, desvio padrão, mínimos e máximos das variáveis: material particulado (PM10), ozônio (O3), dióxido de enxofre (SO2), temperatura aparente (TEMap), segundo tipo de saída número de internações (NINTER), São José dos Campos-SP, Brasil, 2010.....	15
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figua 1 – Estrutura ANFINS.....14

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Método.....	13
3. Resultados.....	15
4. Discussão.....	17
5. Conclusão.....	19
5. Referências.....	20

1 INTRODUÇÃO

A exposição aos poluentes atmosféricos representa fator de risco para a exacerbação de doenças cardiovasculares e respiratórias, gerando alto custo para rede pública.

Segundo a Organização Mundial da Saúde¹ em 2012 foram estimados cerca de sete milhões de mortes em todo planeta como resultado da exposição à poluição do ar. Nos países americanos ocorreram cerca de 230 mil óbitos; nos países do Sudeste Asiáticos e Pacífico Ocidental representaram aproximadamente de cinco milhões de mortes.

Atualmente, este problema se estende além dos grandes centros urbanos^{2,3} e está afetando também cidades de médio e pequeno porte.^{4,5,6} Os custos da pneumonia e asma foram em 2011, no Brasil, de aproximadamente 350 milhões de dólares com 900 mil internações; 70 milhões de dólares no estado de São Paulo com 150 mil internações e 800 mil dólares no município de São José dos Campos com 1900 internações (<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>), o que caracteriza um grande risco ambiental para a saúde pública.

Estudos realizados no Brasil, em especial em grandes centros urbanos, apontam exposição aos poluentes material particulado (PM), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x) como associada às internações por doenças respiratórias como asma e pneumonia pelo fácil alcance dos poluentes no trato respiratório.^{7,8}

O material particulado pode levar a irritação das vias aéreas, inflamação, aumento da reatividade brônquica, diminuição da atividade muco ciliar e tendo como consequências aumento nas crises asmáticas e das infecções respiratórias.¹⁶

Um número maior de internações hospitalares por alterações respiratórias como a bronquite, pneumonia e asma ocorre em dias em que há aumento a exposição do material particulado no ar.¹⁷

Este é um dos primeiros estudos, até o presente momento, desenvolvido em São José dos Campos, sobre os efeitos da poluição nas internações por asma e pneumonia. Seus resultados permitiram evidenciar o efeito agudo da exposição nas internações, mostrando o papel importante desses poluentes nas internações.

O presente estudo propõe utilizar um novo modelo de predição que utiliza um sistema híbrido neuro-fuzzy. Sistemas neuro-fuzzy possuem uma característica interessante na modelagem por conseguir extrair o aprendizado das redes neurais artificiais (RNA) com as vantagens de interpretação linguística da lógica fuzzy (LF).

Por apresentar uma grande funcionalidade, os sistemas neuro-fuzzy constituem a tendência para as aplicações na área ambiental.⁹

Destaca-se, dentre os sistemas neuro-fuzzy, os sistemas que criam regras a partir de observações anteriores, especialmente usados na previsão de séries como o Sistema de Inferência Neuro-Fuzzy Adaptativo - ANFIS. Neste sistema não é necessário o especialista para gerar as regras.¹⁰

O método ANFIS aplica inferência fuzzy ao sistema. As funções de pertinência são escolhidas automaticamente através de aprendizado neuro-adaptativo.¹⁰

O ANFIS é uma rede neural proposta por Jang¹¹, cuja idéia básica é de implementar um sistema de inferência fuzzy por meio de uma arquitetura paralela distribuída, neste caso, a de uma rede neural artificial, de tal forma que os algoritmos de aprendizado possam ser usados para ajustar este sistema de inferência fuzzy.¹² Dado um conjunto de padrões entrada-saída, o ANFIS constrói um sistema de inferência neural e fuzzy equivalente.

O objetivo deste estudo é utilizar um modelo computacional com as propriedades do sistema de inferência neuro-fuzzy adaptativo (ANFIS) para estimar o papel dos poluentes do ar no número de internações hospitalares por asma e pneumonia.

2 MÉTODO

Trata-se de um modelo computacional utilizando as ferramentas da lógica fuzzy e rede neural artificial com dados reais de internações por pneumonia e asma brônquica (Classificação Internacional de Doenças 10: J 12-18 e J45) em indivíduos de todas as idades no município de São José dos Campos, no período de 01/01/2010 a 31/12/2010. Esses dados foram obtidos do Departamento de Informações e Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS. Também foram coletados os dados reais dos níveis dos poluentes ambientais: material particulado (MP10), dióxido de enxofre (SO₂) e ozônio (O₃), em suas médias diárias, obtidos da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, que conta com uma estação medidora no município de São José dos Campos-SP. Os dados de temperatura e umidade foram obtidos da Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais – FUNCATE no mesmo período de 2010 e utilizados para calcular a temperatura aparente (Tap) de acordo com Barnett.¹³

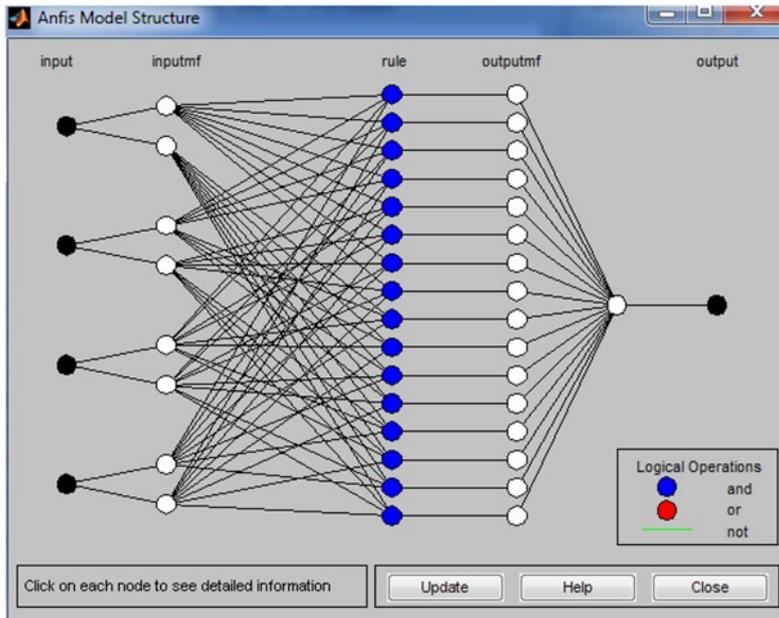
São José dos Campos é uma cidade de médio porte do interior do Estado de São Paulo que possui importante parque industrial. Situa-se nas coordenadas 23° 10' S e 45° 52' O, no Alto Vale do Paraíba, a 600 m acima do nível do mar, tem clima úmido e tropical de altitude, localizando-se entre São Paulo e Rio de Janeiro – as duas maiores cidades do Brasil; é cortada pela Via Dutra, rodovia mais importante do país e que tem tráfego intenso de ônibus e caminhões. Sua população é estimada em torno de 650 mil habitantes e uma frota veicular de aproximadamente 390 mil veículos.¹⁴

O modelo neuro-fuzzy utilizado neste estudo foi desenvolvido por Chaves¹⁵ que teve como ferramenta para implementação, o programa computacional Matlab no módulo denominado Toolbox ANFIS, método proposto por Roger Jang.¹¹

Para criar o conjunto de treinamento do sistema ANFIS foi necessário elaborar uma planilha composta pelos seguintes dados de entrada: 1- Material particulado (MP10); 2- Ozônio (O₃); 3- Dióxido de enxofre (SO₂); 4-Temperatura aparente (Tap); e 5- como saída o número de internações por doenças respiratórias (pneumonia e asma) na cidade de São José dos Campos. Para isso, a planilha foi dividida em duas partes: a metade dos dados foi utilizada para realizar o treinamento do sistema e a segunda metade dos dados foi utilizada para realizar o teste (25% dos dados) e a validação dos dados treinados (25% dados) do modelo. Estes dados foram selecionados aleatoriamente. Para maiores detalhes sobre o ANFIS, acessar o tutorial em <http://www.mathworks.com/help/fuzzy/anfis-and-the-anfis-editor-gui.html>.

Por meio da rotina do programa MATLAB® obteve-se saída numérica resultante do modelo neuro-fuzzy fornecendo o número de internações para cada combinação de entrada do banco de dados. Após ser gerado o resultado do modelo foi realizada a correlação de Pearson com os dados de internações reais, utilizando até dois dias de defasagem (lag2).

Na figura 1 é possível visualizar a arquitetura da rede gerada pelo ANFIS.



Este sistema possui quatro entradas, a camada um apresenta duas funções de pertinência para cada uma das entradas; a dois apresenta o número de regras; na camada três tem-se a agregação das 16 regras; e por último, uma saída.

3 RESULTADOS

Os valores médios, desvios-padrão (dp), valores mínimo e máximo das variáveis material particulado, ozônio, dióxido de enxofre, temperatura aparente e número de internações são apresentados na Tabela 1.

	Média	dp	Mínimo	Máximo
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28,6	14,5	10,0	103,0
O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	67,4	31,2	3,0	195,0
SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4,1	3,3	1,0	31,0
TEMap ($^{\circ}\text{C}$)	19,2	1,2	12,4	26,5
NINTER	4,3	2,9	0,0	14,0

No período de 2010 foram registradas 1464 internações por asma e pneumonia em São José dos Campos-SP, com média diária de 4,3 e desvio padrão de 2,9, variando de zero a 14 internações por dia.

O valor médio da concentração PM10 ficou em 28,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com nível máximo em 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para o O3 a média foi de 67,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com nível máximo em 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, já para o SO2 a média ficou em 4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com concentração máxima de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

O material particulado (103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e o dióxido de enxofre (31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) não ultrapassaram os novos valores adotado pelos Padrões Estaduais de Qualidade do Ar.¹⁴ O ozônio (195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ultrapassou, por 13 dias, o valor adotado pela CETESB.

Os dados de saída do modelo foram correlacionados com os dados reais de internação e este estudo, utilizando lógica fuzzy e redes neurais, mostrou correlação positiva significativa entre os dados reais e os propostos pelo modelo para o mesmo dia (lag0) e também para defasagem de 1 e 2 dias (lag1 e lag2), respectivamente (0,34; 0,15 e 0,11). Observa-se que com o aumento da defasagem diminui a correlação, demonstrando o efeito agudo que o aumento dos níveis de poluentes tem sobre a saúde dos expostos.

O modelo neuro-fuzzy apresentado nesse estudo obteve uma correlação menor do que o modelo original que foi de 0,44. Porém, os dois modelos apresentaram uma correlação positiva e efeito agudo dos poluentes.

4 DISCUSSÃO

No estudo aqui apresentado observou-se uma concentração de material particulado de no máximo 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nível bem menor do que o padrão de qualidade do ar preconizado pela CETESB¹⁴, que é de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Porém, segundo a CETESB¹⁴ que descreve sobre a qualidade do ar e efeito à saúde, índices entre 100 e 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado pode causar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta; tosse seca e cansaço em indivíduos com doenças respiratórias ou cardíacas, principalmente em crianças e idosos.

Em estudo realizado por Gouveia¹⁷ na cidade de São Paulo-SP, observou-se que com o aumento em 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração do material particulado gerou-se um aumento de aproximadamente 5% no número de internações por asma em crianças. Da mesma forma Nascimento et. Al⁷, observaram a associação entre a concentração de poluentes do ar e o aumento na morbidade em crianças por problemas respiratórios na cidade de São José dos Campos, onde foi observado que para um aumento de 24,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração houve um aumento de 9,8% nas internações.

A concentração média do O₃ ficou em 67,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e a máxima de 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante o período de 2010, esse valor ficou muito próximo ao valor encontrado no estudo de Amâncio⁴ com uma média de 74,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O O₃ ultrapassou por 13 dias os valores de níveis aceitáveis pela CETESB¹⁴ que é de 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No relatório da CETESB¹⁴, os valores inadequados para o O₃ situa-se entre 160-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e pode causar em crianças e pessoas com doenças pulmonares agravos aos sintomas da asma e na população em geral sintomas como ardor no nariz, garganta e olhos bem como tosse seca e cansaço. O O₃ teve um crescimento significativo no último ano no município de São José dos Campos¹⁴

Em estudo realizado na cidade de São Paulo-SP, as internações hospitalares diárias em crianças por sintomas respiratórios aumentaram em 5% e especificamente por pneumonias foram acrescidas em 8% para aumento dos níveis de O₃.¹⁸

O SO₂ apresentou uma média de em 4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que não difere muito do que encontrado em pesquisa realizado na mesma cidade com dados coletados entre 2004 e 2005 por Amâncio⁴ e por Chaves¹⁵ em 2007.

As concentrações médias encontradas no presente estudo estão dentro dos valores toleráveis pela OMS, que aceita nível de exposição máxima de até 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 24 horas.

Em pesquisa realizada por Gouveia¹⁷ no município de São Paulo, encontrou-se uma média de concentração de SO₂ de 17,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o que difere do valor encontrado nesse estudo. Essa diferença pode ser explicada pela maior emissão desse poluente em São Paulo, devido à maior frota de veículos, uma das principais fontes desse poluente.

Mesmo em concentrações consideradas seguras, os poluentes podem causar efeitos adversos à saúde, principalmente sobre o sistema cardiovascular e respiratório.

Este estudo se diferencia de outros que estimam os riscos ou chances de ocorrerem internações por exposição aos poluentes do ar utilizando regressão logística, estudos retrospectivos ou regressão de Poisson^{4,5}. Ao contrário das regressões, o modelo neuro-fuzzy realiza a previsão do número de internações.

Em estudos epidemiológicos é comum encontrar uma relação entre as concentrações de poluentes do ar de um dia com os efeitos na saúde do dia seguinte, de dois dias depois ou até mesmo após uma semana. Então, os pesquisadores geralmente ajustam o modelo para diferentes arranjos do mesmo banco de dados com defasagens (lags). Em estudos de séries temporais, defasagens de um a sete dias são frequentemente aplicadas.^{19,20} Na análise da estrutura de defasagem, verificou-se um efeito sempre positivo que se torna estatisticamente significativo ($p < 0,01$) nas lag 0 (0,34), 1 (0,15) e 2 (0,11), sendo o melhor resultado para a lag 0.

A vantagem de previsão das internações aqui apresentado está em que após ser construído, o modelo pode ser utilizado com base em dados reais para as simulações, não necessitando da opinião de mais especialistas. O modelo pode ser implementado em sistemas de saúde pública e pode servir como um importante instrumento para a prevenção e tomadas de decisões quanto às variações do nível de poluentes. O desenvolvimento de um modelo neuro-fuzzy sobre o impacto da poluição atmosférica na saúde pode ser visto como um avanço tecnológico.

O modelo neuro-fuzzy é de baixo custo financeiro, tornando-o, assim, possível de implantação e pode ser apresentado em um programa computacional específico para esta finalidade.

O modelo neuro-fuzzy mostrou um nível muito satisfatório ao relacionar os poluentes e os números de internações quando comparado com as saídas reais, com correlação de Pearson 0,34; este valor pode indicar um modelo adequado aos dados de apenas um ano.

No presente estudo foi possível utilizar um modelo neuro-fuzzy para predizer o número de internações hospitalares por asma e pneumonia de forma satisfatória.

1. http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=4609:oms-estima-que-sete-milhoes-de-mortes-ocorram-por-ano-devido-a-contaminacao-atmosferica&Itemid=839
acesso em 21 de maio de 2014.
2. Gouveia N, Mendonça GAS, Ponce de Leon A, Correia JEM, Junger WL, Freitas CU. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiol Serv Saúde*. 2003;1(12):29-40.
3. Cançado JED, Braga A, Pereira LAA, Arbex MA, Saldiva PHN, Santos UP. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *J Bras Pneumol*. 2006;32 Suppl 1:S5-11.
4. Amâncio CT, Nascimento LFC. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. *Rev Assoc Med Bras*. 2012;58(3):302-307.
5. Bueno FF, Fonseca AR, Braga FA, Miranda PSC. Qualidade do ar e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum Health Sciences*. 2010;32(2):185-189.
6. Carmo CN, Hacon S, Longo KM, Freitas S, Ignotti E, Leon PLA, Artaxo P. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Rev Panam Salud Publica*. 2010;27(1):10-6.
7. Nascimento LF, Pereira LA, Braga AL, Módolo MC, Carvalho JJA. Effects of air pollution on children's health in a city in Southeastern Brazil. *Rev Saude Publica*. 2006;40:77-82.
8. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PHN, Pereira LAA, Braga ALF. A poluição do ar e o sistema respiratório. *J Bras Pneumol*. 2012;38(5):643-655.
9. Bruni AC, Redes neurais: uma nova perspectiva na interpretação de informações ambientais. Dissertação de mestrado. São Paulo: USP. 2000.154f.
10. Brusaferrro G. Previsão do mercado automotivo brasileiro usando modelos matemáticos e inteligência artificial. Dissertação de Mestrado, São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica. 2006. 157f

11. Jang JSR. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. Department of Electrical Engineering and Computer Science University of California, Berkeley, CA 94720. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics.1993;23(23):665-685 May.
12. Teixeira RA,CORRÊA MV, ASSIS JCO. Redes Neuro-Fuzzy: Algoritmo de Treinamento e Aplicações. Principiu, Online: Iniciação Científica no Unileste-MG, Coronel Fabriciano.2007;1(3):152-168.
13. Barnett AG, Tong S, Clements ACA. What measure of temperature is the best predictor of mortality? Environmental Research. 2010;110: 604–611.
14. CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Padrões Estaduais de Qualidade do ar no estado de São Paulo, 2013. [recurso eletrônico] / CETESB. 2014 São Paulo: CETESB.
15. Chaves LE. Modelos computacionais fuzzy e neuro-fuzzy para avaliarem os efeitos da poluição do ar. Tese de Doutorado- FEG –Unesp. 2013 113.
16. Arbex MA, Cançado JED, Pereira LAA, Braga ALF, Saldiva PHN. Queima de Biomassa e efeitos sobre a saúde. J Bras Pneumol. 2004;30(2):158-175.
17. Gouveia N, Freitas C, Martins LC, Marcilio IO. Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil. Cad Saude Publica. 2006;22:2669.
18. Gouveia N, Fletcher T.Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in São Paulo, Brazil: a time series analysis. Occup Environ Med.2000; (57): 477-83.
19. Bakonyi SMC, Danni OIM, Martins LC, Braga ALF. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. Rev Saúde Pública 2004;38:695-700.
20. Martins MCH, Fatigati FL, Véspoli TC, Martins LC, Pereira LAA, Martins MA. Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health in elderly people: an analysis of six regions in São Paulo, Brazil. J Epidemiol Community Health 2004;48:41-6.

