

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS  
PROGRAMA DE MESTRADO EM SAÚDE COLETIVA**

**RELAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES DE CRIANÇAS POR  
DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E A POLUIÇÃO DO AR NO  
ESTADO DE RORAIMA ENTRE 2009 E 2013.**

**ROBERTA LEONTINA XISTO ACIOLY**

**SANTOS-SP**

**2018**

**ROBERTA LEONTINA XISTO ACIOLY**

**RELAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES DE CRIANÇAS POR DOENÇAS  
RESPIRATÓRIAS E A POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE RORAIMA  
ENTRE 2009 E 2013.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade Católica de Santos para obtenção do grau de Mestre em Saúde Coletiva.

Área de Concentração: Ambiente, Saúde e Mudanças Sociais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lourdes Conceição Martins.

**SANTOS – SP**

**2018**

[Dados Internacionais de Catalogação]  
Departamento de Bibliotecas da Universidade Católica de Santos

---

A181r Acioly, Roberta Leontina Xisto.

Relação entre internações de crianças por doenças respiratórias e a poluição do ar no Estado de Roraima entre 2009 e 2013. – / Roberta Leontina Xisto Acioly; orientadora Lourdes Conceição Martins. – 2018. 79 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Santos, Programa de Mestrado em Saúde Coletiva.

Bibliografia:

1. Queimadas. 2. Crianças. 3. Doenças respiratória. 4. Mapeamento. I. Martins, Lourdes Conceição. II. Universidade Católica de Santos. III. Título.

CDU 1997 – 614(043.3)

**ROBERTA LEONTINA XISTO ACIOLY**

RELAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES DE CRIANÇAS POR DOENÇAS  
RESPIRATÓRIAS E A POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE RORAIMA  
ENTRE 2009 E 2013.

Aprovado em: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lourdes Conceição Martins**

Presidente da Banca- Membro Nato (UNISANTOS)

---

**Prof<sup>º</sup>. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira**

Membro Titular da Banca Examinadora

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luzana Mackevicius Bernardes**

Membro Titular da Banca Examinadora

## **DEDICATÓRIA**

Em especial ao meu esposo, Rodrigo, pelo companheirismo e paciência ao longo dessa caminhada de grandes desafios, e que sempre me encorajou e motivou para a realização deste trabalho.

A minha mãe, que é minha inspiração e exemplo, a qual eu sempre irei dedicar todas as minhas vitórias.

Aos meus filhos, por serem essenciais em minha vida.

Aos meus amigos, por acreditarem nesta conquista.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser tudo em minha vida.

À Prof. Dra. Lourdes Martins, o meu agradecimento todo especial, pois foi ela quem me resgatou quando até eu mesma já estava desacreditada, e que sempre me motivou e incentivou me dando forças que eu jamais pensava que ainda existia. Com seu jeito meigo, sua fala mansa, consegue alcançar o inimaginável através de sua luz própria e única, e iluminou o meu caminho, até esta conquista. Ela é de uma sabedoria admirável e de uma humildade invejável, é referência de ser humano a que eu quero seguir como exemplo.

Professora, nada que eu disser ou fizer poderia mensurar a proporção da minha eterna gratidão a ti.

Muito obrigada de coração.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

(Cora Coralina)

# ACIOLY, R.L.X. RELAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES DE CRIANÇAS POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E A POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE RORAIMA ENTRE 2009 E 2013.

[Dissertação]. Santos: Universidade Católica de Santos; 2018.

## RESUMO

A poluição atmosférica mesmo que esteja com seus níveis abaixo do que se é permitido por lei, ainda sim ela é danosa à saúde humana. As pessoas atingidas pela poluição do ar desenvolvem principalmente doenças do trato respiratório. Afetando, sobretudo as populações mais suscetíveis que são as crianças e idosos. Roraima é um dos estados que não possuem uma rede de monitoramento dos poluentes atmosféricos. O estado faz parte da região Amazônica que por sua vez, é constituída de extensas matas e vegetações, que são cada vez mais exploradas, através da derrubada e conseqüentemente queimadas, gerando um acúmulo de poluentes no ar, e assim trazendo vários prejuízos à saúde da população. Para que se tenha uma qualidade de vida adequada, é necessário que haja um equilíbrio entre a população, recursos naturais e poluição, objetivando todos os esforços necessários para tal. **Objetivo geral:** Analisar a relação entre internações de crianças por todas as doenças respiratórias e a poluição do ar no estado de Roraima entre 2009 e 2013. **Metodologia:** Trata-se de um estudo analítico observacional tipo ecológico de séries temporais. Foi realizada a análise descritiva de todas as variáveis do estudo que são população, taxa de internação por doenças respiratórias, número de frota veicular e números de queimadas. As tabulações e análises dos dados foram realizadas para o estado de Roraima estratificado por município. A cartografia temática foi a opção escolhida para a geração de mapas de risco ao considerar seu potencial como ferramenta intuitiva e de fácil visualização, para comunicar os resultados das avaliações de risco ambiental. Foi realizada a análise descritiva, testes de Qui-quadrado, Kruskal-Wallis, e de comparações múltiplas de Dunn. O nível de significância foi de 5%. **Resultados:** Após dividir o estado de Roraima em quatro microrregiões, observou-se que a microrregião 1, teve as maiores taxas de internações de crianças menores de cinco anos de idade, em conjunto com os maiores números de focos de queimadas e frota veicular nos anos estudados. corroborando com os achados em diversos estudo que faz a associação entre a poluição do ar e efeitos adversos à saúde. **Conclusão:** O presente estudo demonstrou que no estado de Roraima, entre o período de janeiro de 2009 e dezembro de 2013, houve uma associação entre as internações de crianças menores de cinco anos de idade por doenças respiratórias e a poluição do ar, e que este trabalho sirva de referencia para tomadas de decisões para a efetiva implantação de estações de controle e monitoramento dos poluente do ar no estado, para beneficio de toda a população.

**Palavras-chave:** Poluição do ar. Queima de biomassa. Doenças respiratórias. Poluentes atmosféricos.

## ABSTRACT

Even though air pollution levels are below what is permitted by law, it is still damaging to human health. People affected by air pollution mainly develop diseases of the respiratory tract. Affecting, above all, the most susceptible populations that are the children and the elderly. Roraima is one of the states that do not have a monitoring network for air pollutants. The state is part of the Amazon region which, in turn, consists of extensive forests and vegetation, which are increasingly exploited, through felling and consequently burned, generating an accumulation of pollutants in the air, and thus bringing various damages to the health of population. In order to have an adequate quality of life, a balance must be struck between population, natural resources and pollution, with the utmost effort to do so. Overall objective: To analyze the relationship between hospitalizations of children for all respiratory diseases and air pollution in the state of Roraima between 2009 and 2013. Methodology: This is an observational analytical ecological type study of time series. A descriptive analysis was made of all the study variables that are population, rate of hospitalization for respiratory diseases, number of vehicular fleet and numbers of fires. The tabulations and analyzes of the data were performed for the state of Roraima stratified by municipality. Thematic mapping was the chosen option for the generation of risk maps considering its potential as an intuitive and easy to use tool to communicate the results of environmental risk assessments. Descriptive analysis, chi-square, Kruskal-Wallis, and Dunn's multiple comparisons were performed. The level of significance was 5%. Results: After dividing the state of Roraima into four microregions, it was observed that microregion 1 had the highest hospitalization rates of children under five years of age, together with the highest numbers of outbreaks of fires and vehicle fleet in the years studied. corroborating with findings in several studies that make the association between air pollution and adverse health effects. Conclusion: The present study demonstrated that in the state of Roraima, between January 2009 and December 2013, there was an association between hospitalizations of children under five years of age due to respiratory diseases and air pollution, and that this work as a reference for decision-making for the effective implementation of stations of control and monitoring of air pollutants in the state, for the benefit of the entire population.

**Keywords:** Air pollution. Biomass burning. Respiratory diseases. Atmospheric pollutants.

## LISTA DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1</b> - Pirâmide dos efeitos da poluição do ar na saúde.....                            | <b>20</b> |
| <b>Figura 2</b> - Mecanismos hipotéticos pelos quais a inalação de partículas pode levar à morte. | <b>21</b> |
| <b>Figura 3</b> - O Material Particulado e seus principais componentes.....                       | <b>27</b> |
| <b>Figura 5</b> - Particularidades das vias aéreas na criança.....                                | <b>32</b> |
| <b>Figura 6</b> - Mapa das microrregiões do estado de Roraima –RR .....                           | <b>36</b> |
| <b>Figura 7</b> - Mapa do estado de Roraima –RR.....  | <b>37</b> |
| <b>Figura 8</b> - Estado de Roraima estratificado por mesorregiões e microrregiões.....           | <b>41</b> |
| <b>Figura 9</b> - Mapa de risco para o ano de 2009.....   | <b>51</b> |
| <b>Figura 10</b> - Mapa de risco para o ano de 2010.....  | <b>52</b> |
| <b>Figura 11</b> - Mapa de risco para o ano de 2011.....  | <b>53</b> |
| <b>Figura 12</b> - Mapa de risco para o ano de 2012.....  | <b>54</b> |
| <b>Figura 13</b> - Mapa de risco para o ano de 2013.....  | <b>55</b> |

## LISTA DE TABELAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabela 1:</b> ANÁLISE DESCRITIVA DA FROTA DE VEÍCULOS DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 - 2013.....  | <b>45</b> |
| <b>Tabela 2:</b> ANÁLISE DESCRITIVA DE QUEIMADAS DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.....  | <b>46</b> |
| <b>Tabela 3:</b> ANÁLISE DESCRITIVA DA TAXA DE INTERNAÇÃO DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.....   | <b>46</b> |
| <b>Tabela 4:</b> ANÁLISE DESCRITIVA DE FROTAS, QUEIMADAS E TAXA DE INTERNAÇÕES DAS MESORREGIÕES DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.....                         | <b>47</b> |
| <b>Tabela 5:</b> ANÁLISE DESCRITIVA DAS MICRORREGIÕES REFERENTE A FROTA VEICULAR DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.....  | <b>48</b> |
| <b>Tabela 6:</b> ANÁLISE DESCRITIVA DAS MICRORREGIÕES REFERENTE AOS FOCOS DE QUEIMADAS DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013....                                   | <b>49</b> |
| <b>Tabela 7:</b> ANÁLISE DESCRITIVA DAS MICRORREGIÕES REFERENTE A TAXA DE INTERNAÇÕES EM CRIANÇAS MENORES DE CINCO ANOS NO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013..... | <b>50</b> |

## LISTA DE QUADROS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Quadro 1</b> - Poluição do ar e efeitos respiratórios: evidências atuais.....       | <b>23</b> |
| <b>Quadro 2</b> - Principais poluentes oriundos da queima de biomassa .....            | <b>25</b> |
| <b>Quadro 3</b> - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº03/90)..... | <b>26</b> |
| <b>Quadro 4</b> - Descrição das variáveis.....   | <b>33</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

**CID** – Código Internacional de Doenças

**CO** – Monóxido de Carbono

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**COV's** – Compostos Orgânicos Voláteis

**DATASUS** – Dados do Sistema Único de Saúde

**DP** – Desvio Padrão

**DPOC** – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

**FMC** – Fumaça

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**KM<sup>2</sup>** – Kilômetro Quadrado

**MP** – Material Particulado

**NO<sub>2</sub>** – Dióxido de Nitrogênio

**NO<sub>x</sub>** – Óxidos de Nitrogênio

**O<sub>3</sub>** – Ozônio

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**PI** – Partícula Inaláveis

**PM<sub>10</sub>** – Material Particulado Inalável - Partículas com diâmetro menor ou igual a 10µm.

**PM<sub>2,5</sub>** – Material Particulado Inalável - Partículas com diâmetro menor ou igual a 2,5µm.

**PRONAR** - Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar

**PTS** – Partículas Totais em Suspensão

**SO<sub>2</sub>** – Dióxido de Enxofre

**SP** – São Paulo

**SIG-** Sistema de Gerenciamento de Informação

**SUS** – Sistema Único de Saúde

**$\mu\text{g}/\text{m}^3$**  – Micrograma por Metro Cúbico

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 14 |
| 1.1 - QUEIMA DE BIOMASSA E EFEITOS NA SAÚDE.....                                      | 17 |
| 1.2 - PRINCIPAIS POLUENTES DA QUEIMA DE BIOMASSA E EFEITOS NA SAÚDE..                 | 24 |
| 1.3 - PROBLEMAS RESPIRATÓRIOS EM CRIANÇAS RELACIONADOS À POLUIÇÃO<br>ATMOSFÉRICA..... | 31 |
| 1.4 – VULNERABILIDADE E RISCO .....   | 33 |
| 1.5 -AMAZÔNIA LEGAL – RORAIMA.....  | 35 |
| 2. OBJETIVOS.....   | 39 |
| 3. METODOLOGIA.....   | 40 |
| 3.1 Desenho do estudo .....   | 40 |
| 3.2 - Cenário Do Estudo.....  | 41 |
| 3.3 – Construção da Comunicação do Índice de Risco.....                               | 42 |
| 4. RESULTADOS .....   | 45 |
| 5. DISCUSSÃO.....   | 56 |
| 6. CONCLUSÃO.....   | 61 |
| 7. REFERÊNCIAS .....  | 62 |

## 1. INTRODUÇÃO

Com a Revolução industrial, o número de pessoas afetadas pela poluição do ar subiu consideravelmente devido ao aumento do consumo de energia que emite poluentes nocivos à saúde humana. Um agravante para este fato é que entre o meio ambiente e a superfície do sistema respiratório existe uma grande área de contato em que a saúde respiratória é atingida diretamente pela qualidade do ar, podendo ter efeitos ainda mais devastadores quando além dos pulmões. Esses poluentes atingem a circulação sistêmica afetando os demais órgãos e sistemas. (ARBEX et al., 2012).

Quando diferentes substâncias se encontram presentes na atmosfera, provenientes de alguma atividade humana ou de processos naturais em aglomerados suficientes que possam intervir direta ou indiretamente na saúde, bem-estar e segurança dos seres vivos, podemos dizer que estamos diante de uma atmosfera poluída (AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012).

A poluição do ar é definida como uma mistura de partículas - material particulado (MP) - e gases lançados para a atmosfera proveniente das indústrias, termoelétricas, veículos automotores, queima de biomassa e de combustíveis fósseis, estes podem ser classificados como primários, quando enviados diretamente para a atmosfera e secundários, quando são decorrentes de reações químicas dos poluentes primários (ARBEX et al., 2012).

A poluição atmosférica ou do ar é diretamente responsável pelo impacto negativo no bem-estar humano. Dessa forma há uma motivação generalizada para o seu controle e o estudo dos seus efeitos na saúde, pois mesmo que os níveis de poluição do ar estejam abaixo do que preza a legislação vigente, ainda assim ela é danosa à saúde da população (MARTINS et al., 2001; MASCARENHAS et al., 2008). Além dos resultados clínicos desfavoráveis, como aumento nas admissões hospitalares, mortalidade, e perda da função pulmonar, os efeitos

maléficos da poluição do ar na saúde da população também incluem redução da qualidade de vida (CASTRO; ARAÚJO; SILVA, 2013).

O equilíbrio entre a população, recursos naturais e poluição, constitui o maior nível de qualidade de vida. Porém, em virtude das atividades antrópicas, este equilíbrio vem sendo ameaçado, com vastas alterações em nível local, regional e global, através das mudanças no padrão de consumo, a intensificação das atividades econômicas, o avanço tecnológico, bem como o crescimento populacional. Neste contexto, observa-se que a saúde humana e os ecossistemas, estão sendo atingidos negativamente (BRAGA et al, 2005).

Desde o início do século passado observa-se a associação entre poluição do ar gerada através da emissão de combustíveis fósseis (são combustíveis formados por meio de processos naturais, como a decomposição de organismos mortos soterrados, por exemplo o carvão mineral, gás natural e o petróleo) e o aumento da morbi-mortalidade por doenças respiratórias na população em países desenvolvidos (ARBEX et al.,2004).

No mundo cerca de dois milhões de pessoas foram mortas em 2011, segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS pela poluição atmosférica, um acréscimo de mais de 200% comparados aos 800 mil mortos há duas décadas anteriores. Estudos apontam que em 2050, caso não haja medidas ou políticas públicas voltadas ao controle da poluição do ar, a contaminação pelo material particulado (MP) e o ozônio (O<sub>3</sub>), serão a principal causa de morte a nível mundial relacionado ao meio ambiente (SAMPAIO, 2015).

Nas cidades de São Paulo, Santiago do Chile e Cidade do México, localizadas na América Latina foi realizado um estudo prospectivo que demonstra um cenário para os próximos vinte anos, onde os efeitos da poluição do ar serão responsáveis por 156 mil mortes, 300 mil atendimentos médicos em crianças e quatro milhões de casos de asma, e serão gastos cerca de 21 a 165 bilhões de dólares (IGNOTTI et al., 2007).

Atualmente, os dois maiores problemas ambientais enfrentados pelo Brasil são: os desmatamentos e as queimadas, que na grande maioria das vezes estão atrelados, visto que, logo após a derrubada da vegetação, geralmente há a queima desse material (GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012).

Diferentemente do que a maioria das pessoas pensam, associando apenas a poluição do ar a centros urbanos causados por veículos automotores e indústrias, uma grande massa da população mundial, especificamente as que vivem em países em desenvolvimento também estão expostas e sofrem os malefícios dos poluentes oriundos da queima de biomassa (CANÇADO; ARBEX; BRAGA, 2006), que ocorre em maior extensão e intensidade na Amazônia Legal (NASCIMENTO; MEDEIROS, 2012).

A queima de biomassa é utilizada como fonte de energia por cerca de 90% da população rural, através da queima de madeira, carvão, esterco de animais ou resíduos agrícolas, causando elevados níveis de poluição que afeta principalmente as mulheres e crianças que permanecem mais tempo em seus lares (CANÇADO et al., 2006). Os poluentes lançados no ar oriundos da queima de biomassa, têm como característica principal uma sazonalidade bem definida, que variam de três a seis meses, e que consiste em uma grande produção de fumaça nesse período, sendo a região Amazônica a região que mais sofre com esse tipo atividade no país (SILVA et al., 2010).

Na estação da seca na região norte acontecem cerca de 85% dos incêndios que ocorrem no Brasil (IGNOTTI et al., 2010), através das emissões de partículas que afetam o funcionamento do ecossistema e o clima dessa região (ARTAXO et al., 2006).

Foi a partir das grandes queimadas que ocorreram em Bornéu (1983 e 1997), Tailândia (1997), Indonésia (1997), Roraima (1997 – 1998), Mato grosso (1998) e Pará (1998) e Acre (2005) que o interesse pela saúde pública foi despertado, devendo ainda assim, criar medidas

de prevenção e controle de incêndios mais resolutivos, visto que as existentes são insuficientes (COCHRANE, 2000).

De um modo geral, apesar de anos de estudos sobre os impactos maléficos relativos à saúde, através dos poluentes atmosféricos sejam eles em aéreas urbanas ou rurais, os potenciais efeitos desses poluentes oriundos da queima de biomassa ainda tem sido pouco estudados pela comunidade científica, principalmente na região norte (ARBEX et al., 2004; GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012).

Apesar da criação do PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DO AR - PRONAR que determina a criação de uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar. Apenas os estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e Sergipe, incluindo o Distrito federal, possuem o monitoramento da qualidade do ar. Isso significa apenas 40% das unidades federativas. Vale ressaltar que na região norte onde Roraima está inserido, nenhum dos seus estados foram contemplados com este serviço (ALVES et al., 2014).

Portanto, este estudo pretende contribuir com o PRONAR, avaliando a relação entre interações de crianças por doenças respiratórias e a exposição à poluição do ar.

## 1.1 - QUEIMA DE BIOMASSA E EFEITOS NA SAÚDE

A queima de biomassa se refere a queima de qualquer matéria de origem animal ou vegetal como fonte de energia, ocorre predominantemente nas regiões próximas aos trópicos, incluindo: África, sudeste da Ásia, América do sul e parte da Oceania (RODRIGUES, 2012).

Em ambientes internos a exposição à queima de biomassa se dá há mais de 200 mil anos atrás, desde os tempos pré-históricos. Evidenciado através de fuligens encontradas em

cavernas no sul da África, indicando que o fogo era utilizado pela raça humana há 1,5 milhões de anos (ARBEX et al, 2004).

A queima de biomassa produz uma fumaça que além de causar vários danos diretos, apresenta também alguns danos indiretos, estes relacionados à exposição em ambientes externos, como o bloqueio dos raios ultravioletas A e B que favorece a proliferação de microrganismos patogênicos na água e no ar; diminuição da fotossíntese; e aumento das sobrevivências das larvas de mosquitos transmissores de doenças (SOUZA, 2008).

O fogo é um grande inimigo das florestas tropicais brasileiras, causando problemas crescentes, muitas vezes incontroláveis, gerando um impacto à saúde das populações expostas (MENDES et al., 2017).

Durante o fenômeno El Niño, em 1997 e 1998, ocorreu um dos grandes exemplos de perdas florestais. O incêndio de 1998 registrado em Roraima, foi um dos mais importantes em termos de magnitude, atingindo uma área total entre 38.144 e 40.678 Km<sup>2</sup>, e surpreendentemente uma área de floresta primária entre 11.394 e 13.928 Km<sup>2</sup>, essa ação desenfreada se deu em virtude da maneira como a população está ocupando cada vez mais essas áreas florestais, que visam o garimpo e/ou abertura de fronteiras agrícolas (BARBOSA; FEARNSTIDE, 1999).

Os incêndios ocorridos na floresta amazônica, em 1997, ocasionaram uma procura por atendimentos ambulatoriais 20 vezes mais que o normal, por doenças respiratórias, devido ao elevado nível de material particulado que se espalhou pela região sul da Amazônia (SILVA et al., 2010).

O fogo na Amazônia brasileira a cada ano abrange uma área dez vezes maior que o tamanho da Costa Rica (GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012). O uso do fogo nos sistemas agrícolas junto aos incêndios florestais desequilibra o ecossistema, a saúde humana, e conseqüentemente o planeta. A perda florestal nos últimos anos tem sido dramática, onde 20%

da floresta foram destruídas, principalmente na região do “arco do desmatamento” iniciando com a era “moderna” do desmatamento, através da inauguração da rodovia Transamazônica em 1970 (FEARNSIDE, 2005).

Devido ao vasto desmatamento e grandes regiões queimadas de áreas florestadas, a população está ocupando de forma significativa a região Amazônica. Essa alteração do padrão do uso do solo principalmente através das queimadas, afetam intensamente a saúde da população, que reside principalmente na região do “arco do desflorestamento” (DE ANDRADE FILHO et al., 2013; FEARNSIDE, 2006), cujos limites se estendem do sudeste do estado do Maranhão, ao norte do Tocantins, sul do Pará, norte do Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do estado do Acre.

São várias as sequelas que as inalações de poluentes causam a saúde humana, porém a mensuração de sua magnitude está sujeita a concentração do ar que se respira, as características físico-químicas desses poluentes e quantidade inalada, principalmente se a contaminação do ar ocorra por material particulado (MP) de dimensões finas e ultrafinas que são as mais nocivas à saúde (ANDRÉS, 2009).

A figura 1 apresenta os efeitos maléficos a saúde nessas populações observando-se que a relação da gravidade do problema é proporcionalmente oposta a quantidade de pessoas afetadas, e os agravos são o aumento da mortalidade, de admissões hospitalares, de visitas à emergência e de utilização de medicamentos, devido a doenças respiratórias e cardiovasculares, e diminuição da função pulmonar (CANÇADO; ARBEX; BRAGA, 2006).

Figura 1- Pirâmide dos Efeitos da poluição do ar na Saúde

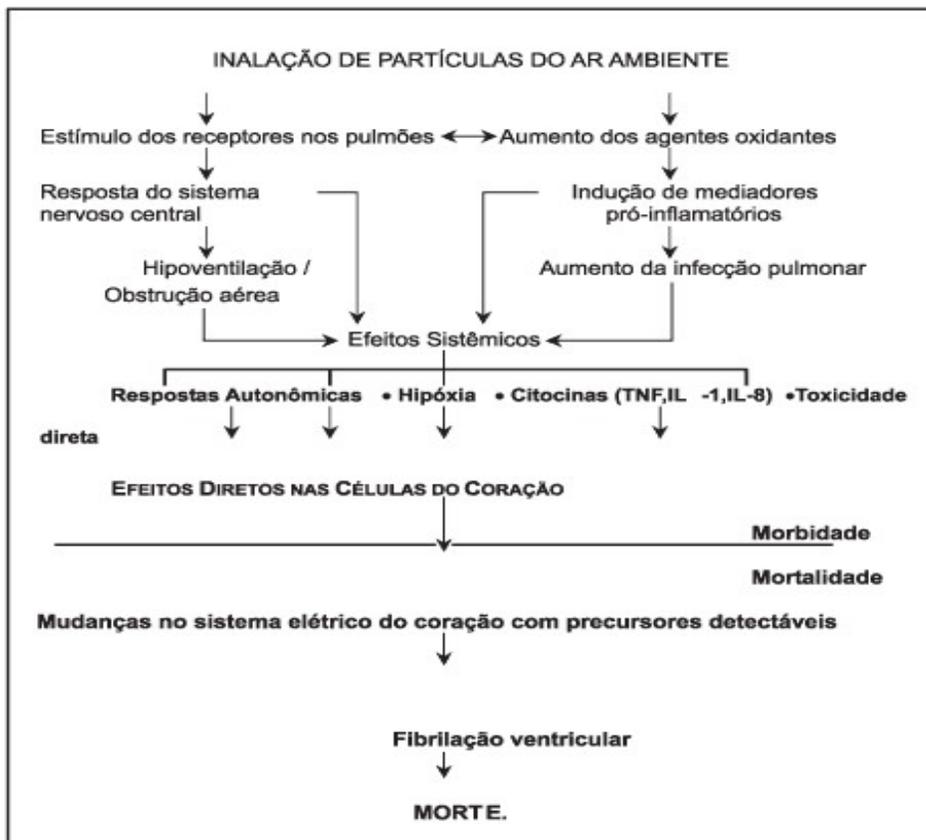


Fonte: Adaptado de WHO,1999

Principalmente em países em desenvolvimento, os efeitos prejudiciais à saúde causada por exposição a fumaça (FMC) proveniente da queima de biomassa, sobretudo em ambientes fechados, têm sido relacionadas com IRA em crianças; DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica); tuberculose pulmonar; pneumoconiose, catarata e cegueira; e efeitos adversos na gestação (ARBEX et al, 2004).

A Figura 2 demonstra hipoteticamente o caminho percorrido das partículas de ar ao entrar no sistema respiratório, e como reage o organismo humano desde a morbidade até a morte. (ARBEX et al., 2004).

Figura 2- Mecanismos hipotéticos pelos quais a inalação de partículas pode levar a morte.



Fonte: ARBEX et al., 2004

De acordo com Gonçalves, Castro, Hacon (2012) a OMS recomenda ao tratar os riscos à saúde por emissão de queimadas, quatro abordagens básicas, são elas:

- A composição das emissões e suas transformações no decorrer do transporte, evidenciando sua magnitude;
- Em áreas povoadas, deve-se mensurar as concentrações resultantes dos poluentes tóxicos;
- Estimar para as populações afetadas (ambientes abertos e fechados) possíveis cenários da exposição;
- Analisar as ameaças à saúde para as exposições humanas.

A poluição atmosférica, na região norte, devido a queima de biomassa, tem como uma peculiaridade principal a sazonalidade bem definida, ocorrendo no período anual de três a seis meses de queimadas na região amazônica, que representam o maior índice de exposição da

população, devido aos baixos índices pluviométricos, diferentemente dos ambientes urbanos que são caracterizados por uma exposição constante a poluição do ar (ANDRADE et al., 2012; DA SILVA et al., 2013). Essa situação é corroborada tendo em vista que, o material particulado fino proveniente das queimadas gera uma pluma facilmente transportada por longas distancias, afetando a saúde da população da bacia amazônica em quase todo o seu território (TURN et al., 1997).

Essa exposição as queimadas pode gerar danos sobre o sistema respiratório com efeitos agudos e crônicos, como descritos por Lombardi e colaboradores (2010), apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Poluição do ar e efeitos respiratórios: evidências atuais.

| Efeitos associados a exposições agudas (horas ou dias após elevação da poluição)   | Efeitos associados a exposição crônica (horas ou dias após elevação da poluição)   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da mortalidade por doenças Respiratórias;</li> <li>• Exacerbação dos sintomas em indivíduos com DPOC e asma;</li> <li>• Maior frequência de infecções respiratória agudas;</li> <li>• Aumento do número de internações hospitalares por pneumonia;</li> <li>• Aumento da prevalência de sintomas e sinais de irritação nos olhos, narinas e garganta;</li> <li>• Aumento da prevalência de sintomas respiratórios agudos (sibilância, tosse e expectoração);</li> <li>• Necessidade de aumentar a dose de uso de medicamentos;</li> <li>• Alterações agudas na função pulmonar;</li> <li>• Aumento do número de consultas médicas, de atendimento de emergência, de internação e da mortalidade por doenças respiratórias;</li> <li>• Maior taxa de absenteísmo no trabalho e escolar.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da mortalidade por doenças Respiratórias;</li> <li>• Aumento da incidência e prevalência de DPOC e asma;</li> <li>• Aumento da incidência e mortalidade por câncer de pulmão;</li> <li>• Aumento da incidência e da mortalidade por pneumonia e influenza;</li> <li>• Alterações crônicas na função pulmonar:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Redução crônica do AEF1 e CVF.</li> <li>2. Menor desenvolvimento pulmonar em crianças e jovens.</li> <li>3. Aumento da prevalência de pessoas com VEF1 abaixo da normalidade.</li> <li>4. Aumento da taxa de declínio do VEF1.</li> </ol> </li> </ul> |

FONTE: (LOMBARDI et al., 2010).

## 1.2 - PRINCIPAIS POLUENTES DA QUEIMA DE BIOMASSA E EFEITOS NA SAÚDE

A emissão de poluentes gasosos no mundo, como os gases do efeito estufa, e material particulado, tem como principal contribuinte a queima de biomassa, expondo a população humana a níveis elevados de diversos poluentes atmosféricos. Esses poluentes na sua grande maioria têm efeitos danosos à saúde humana, principalmente os que possuem 2,5  $\mu\text{m}$  de diâmetro, podendo se depositar nas partes mais profundas do trato respiratório, isto é, os alvéolos pulmonares, evitando assim, as trocas gasosas. (DE ANDRADE FILHO et al., 2013).

A quantidade da emissão de gases que provocam o efeito estufa liberado pelo desmatamento tem como uma das suas causas mais importantes, a biomassa das florestas onde cerca de 48% a 50% da biomassa seca são constituídas de carbono (FEARNSIDE; BARBOSA; PEREIRA, 2013).

No quadro 2, está apresentado alguns compostos/poluentes e suas fontes de emissão devido a queima de biomassa.

Quadro 2 – Principais poluentes oriundos da queima de biomassa

| Compostos  | Exemplos                                   | Fontes  | Notas   |
|--|--|---|---|
| <b>Partículas</b>  | Partículas inaláveis (PM <sub>10</sub> )   | Condensação após combustão de gases; combustão incompleta de material inorgânico; fragmentos de vegetação e cinzas; | Partículas finas e grossas não são transportadas e contêm principalmente cinzas e material do solo; |
|  | Partículas Respiráveis                     | Condensação após combustão de gases; combustão incompleta de material orgânico;                                     | No caso de fumaça proveniente da queima de biomassa comporta-se como partículas finas;              |
|  | PM <sub>2,5</sub>                          | Condensação por combustão de gases; combustão incompleta de material orgânico;                                      |   |
| <b>Aldeídos</b>  | Acroleína                                  | Combustão incompleta de material orgânico;  | Transportadas através de longas distâncias. Produção primária e secundária;                         |
|  | Formaldeídos                               | Combustão incompleta de material orgânico;  |   |
| <b>Ácidos Inorgânicos</b>  | CO- Monóxido de carbono                    | Combustão incompleta de material orgânico;  | Transportado através de longas distâncias;  |
|  | O <sub>3</sub> - Ozônio                    | Produto secundário de óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos;   | Presentes somente adiante do fogo, transportado através de longas distâncias;                       |
|  | (NO <sub>2</sub> ) - Dióxido de nitrogênio | Oxidação de altas temperaturas de nitrogênio do ar;   | Espécies reativas; a concentração diminui com a distância do fogo                                   |
| <b>Hidrocarboneto</b>  | Benzeno                                    | Combustão incompleta de material orgânico;  | Transporte local, também reage com outras formas de aerossol orgânico;                              |
| <b>Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH<sub>s</sub>)</b> | Benzopireno (BaP)                          | Condensação após combustão de gases; combustão incompleta de material orgânico.                                     | Compostos específicos que variam de acordo com a composição de biomassa.                            |

FONTE: (ARBEX et al., 2012).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), através da RESOLUÇÃO CONAMA 03/90, define os padrões Nacionais de Qualidade do Ar (quadro 3) em que as concentrações de poluentes, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e a fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral (M.M.A, 1990).

Quadro 3 -Padrões Nacionais da Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº03/90).

| Poluente                              | Tempo de Amostragem   | Padrão Primário $\mu\text{m}/\text{m}^3$ | Padrão Secundário $\mu\text{m}/\text{m}^3$ | Método de Medição             |
|---------------------------------------|-----------------------|--|--|-------------------------------|
| <b>Partículas Totais em Suspensão</b> | 24 horas <sup>1</sup> | 240                                      | 150  | Amostrador de grandes volumes |
|                                       | MGA <sup>2</sup>      | 80                                       | 60   |                               |
| <b>Partículas Inaláveis</b>           | 24 horas <sup>1</sup> | 150                                      | 150  | Separação inercial/filtração  |
|                                       | MAA <sup>3</sup>      | 50                                       | 50   |                               |
| <b>Fumaça</b>                         | 24 horas <sup>1</sup> | 150                                      | 100  | Refletância                   |
|                                       | MAA <sup>3</sup>      | 60                                       | 40   |                               |
| <b>Dióxido de Enxofre</b>             | 24 horas <sup>1</sup> | 365                                      | 100  | Pararosanilina                |
|                                       | MAA <sup>3</sup>      | 80                                       | 40   |                               |
| <b>Dióxido de Nitrogênio</b>          | 24 horas <sup>1</sup> | 320                                      | 190  | Quimiluminescência            |
|                                       | MAA <sup>3</sup>      | 100                                      | 100  |                               |
| <b>Monóxido de Carbono</b>            | 1 hora <sup>1</sup>   | 40.000                                   | 40.000                                     | Infravermelho não dispersivo  |
|                                       | 8 horas <sup>1</sup>  | 35 ppm                                   | 35 ppm                                     |                               |
|                                       |                       | 10.000                                   | 10.000                                     |                               |
| <b>Ozônio</b>                         | 1 hora <sup>1</sup>   | 9 ppm                                    | 9 ppm                                      | Quimiluminescência            |
|                                       |                       | 169                                      | 160  |                               |

<sup>1</sup>Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. <sup>2</sup>Média Geométrica Anual. <sup>3</sup>Média Aritmética Anual.

Fonte: M.M.A, 2017

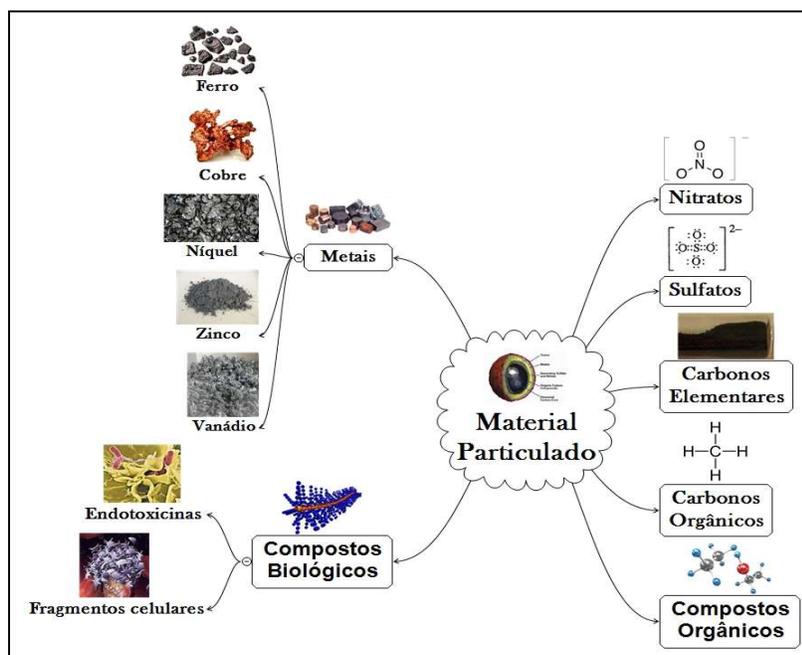
O Material particulado (MP), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Oxidantes Fotoquímicos, como o Ozônio (O<sub>3</sub>), Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>) são os poluentes atmosféricos que regulam a qualidade do ar, a nível universal, escolhidos em razão de sua frequência e seus efeitos adversos (CETESB, 2017).

- **Material Particulado (MP)**

É uma mistura complexa e heterogênea formada por partículas sólidas e líquidas, de origem primária ou secundária, e que devido ao seu tamanho bastante reduzido situa-se suspensas na atmosfera (CASTRO; ARAÚJO; SILVA, 2013). Esse material constitui o poluente com maior toxicidade (ARBEX, 2004), como mostra a figura 3 abaixo.

Suas principais fontes de emissão para a atmosfera são: processos industriais, veículos automotores, queima de biomassa e ressuspensão da poeira do solo (CETESB, 2017).

Figura 3- O Material Particulado e seus principais componentes



FONTE: (PAMPLONA, Y.A.P, 2016)

Vários são os efeitos danosos a saúde causado pelo MP, entre eles estão: arteriosclerose, câncer respiratório, inflamação do pulmão, agravamento dos sintomas de asma, aumento das internações hospitalares, podendo levar à morte (CETESB, 2017).

O material particulado pode ser classificado pelo seu tamanho, sendo que quando relacionados com os riscos danosos à saúde, observa-se que quanto menor for o MP mais

maléfico ele é para população, pois conseguem atingir níveis bem profundos do trato respiratório (CETESB, 2017), como se verifica na figura 4.

Os riscos do MP variam de acordo com seu tamanho, são eles:

➤ Partículas Totais em Suspensão (PTS)

Vários autores divergem sobre o tamanho das PTS que segundo Arbex et al (2012) são partículas em que o diâmetro vai até  $30\mu\text{m}$ . Já (CASTRO; ARAÚJO; SILVA, 2013) apontam que são partículas cujo tamanho são igual ou superior a  $100\mu\text{m}$ , e de  $50\mu\text{m}$  de diâmetro aerodinâmico afirma (CETESB, 2017). Parte dessas partículas podem ser inaladas prejudicando a saúde, bem como, afetar esteticamente o ambiente e interferindo nas atividades e qualidade de vida da população (CETESB, 2017).

➤ Partículas Inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ )

São partículas cujo tamanho varia de 0 a  $10\mu\text{m}$  diâmetro aerodinâmico (CETESB, 2017). Podem ser oriundas de fontes antropogênicas como atividades agrícolas e poeira de ruas e estradas, e de fontes naturais: esporos, fungos e cinzas vulcânicas. Instala-se na traqueia, brônquios e bronquíolos, causando entre outros sintomas, irritação das vias aéreas, diminuição da atividade mucociliar e dos macrófagos e inflamação pulmonar e sistêmica (ARBEX et al., 2012).

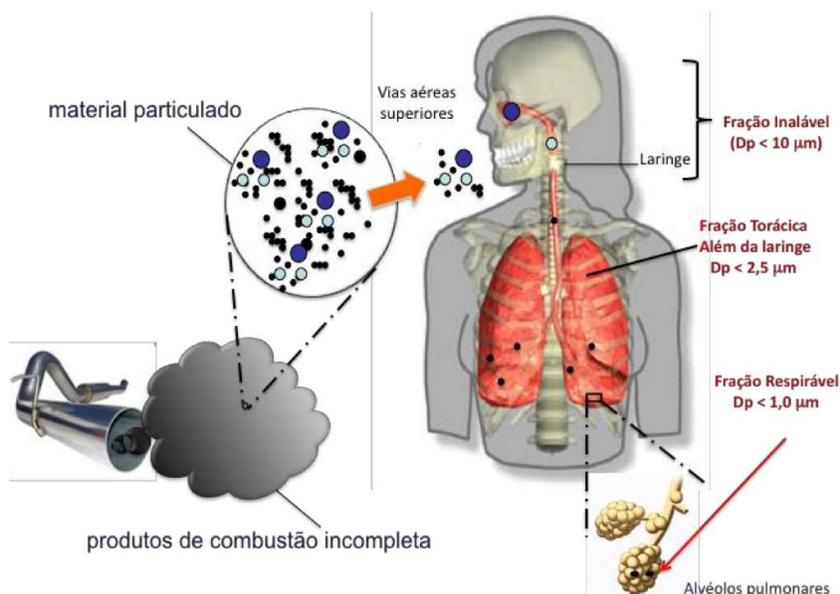
➤ Partículas Inaláveis Finas ( $\text{MP}_{2,5}$ )

São partículas de tamanho menor ou igual a  $2,5\mu\text{m}$  de diâmetro aerodinâmico, e que por ser extremamente pequeno pode alojar-se na porção mais interna do sistema respiratório, chegando aos alvéolos pulmonares (CETESB, 2017). Essa partículas possuem como fonte a queima de combustíveis fósseis e de biomassa e usinas termoeletricas, causando vários efeitos danosos a saúde como exacerbações de DPOC (ARBEX et al., 2004), e podendo ainda ser cancerígeno (ARBEX et al., 2012).

➤ Fumaça (FMC)

É um poluente derivado do processo de combustão é vinculado ao MP suspenso na atmosfera e está diretamente relacionado ao teor de fuligem da mesma (CETESB, 2017). Tem como efeito adverso a saúde humana a absorção de toxinas no interior da lente, causando mudanças oxidativas, podendo levar a catarata (ARBEX et al., 2004).

Figura 4: Representação das áreas de depósito do material particulado conforme o tamanho das particular inaladas.



FONTE: <http://qnint.s bq.org.br>

- **Monóxido de Carbono (CO)**

É um gás inodoro e incolor formado pelo processo da queima incompleta de combustíveis (fósseis, biomassa, etc). Por ser emitido principalmente por veículos automotores, é encontrado em grandes concentrações nos centros urbanos (CETESB, 2017). Este gás é prejudicial a oxigenação dos tecidos, por haver uma afinidade com a hemoglobina causa uma diminuição de

oxigênio no sangue, provocando sintomas como tontura, náuseas, cefaléia e ainda está associado a nascimento de recém-nascidos com baixo e aumento de mortes fetais (ARBEX et al., 2004; ARBEX et al., 2012).

- **Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)**

Este gás é formado pela reação do oxigênio e monóxido de nitrogênio presentes na atmosfera (AMBIENTE BRASIL, 2017). Possui ação oxidante e é responsável na formação do ozônio troposférico na atmosfera. Oriundo de fontes naturais e antropogênicas, causando efeitos adversos a saúde como: irritação da mucosa nos olhos, nariz, garganta e trato respiratório inferior (ARBEX et al., 2012) aumenta reatividade brônquica e suscetibilidade as infecções (ARBEX et al., 2004; ARBEX et al., 2012). Além, dos efeitos nocivos à saúde, o NO<sub>2</sub> também é responsável pela formação da chuva ácida e do ozônio (AMBIENTE BRASIL, 2017).

- **Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)**

É um gás incolor e tóxico, resultante principalmente da queima de combustível que contem enxofre, como óleo combustível industrial, óleo diesel e gasolina. Formam partículas de sulfato após reação com outras substâncias presentes no ar, ocasionando invisibilidade na atmosfera, e ainda é um dos principais poluentes responsáveis pela formação da chuva ácida (CETESB, 2017).

Resulta principalmente da queima de combustíveis que contém enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina. O dióxido de enxofre pode reagir com outras substâncias presentes no ar formando partículas de sulfato que são responsáveis pela redução da visibilidade na atmosfera (CETESB, 2007).

Por ser um gás altamente solúvel nas mucosas do trato aéreo superior, pode provocar irritação e aumento na produção de muco, desconforto na respiração (traquéia, brônquios e bronquíolos, causando tosse e aumentando a reatividade brônquica), agravamento de problemas

respiratórios e cardiovasculares, irritação da mucosa dos olhos, nariz, garganta e trato respiratório (ARBEX et al, 2012).

- **Ozônio (O<sub>3</sub>)**

É um gás que não é emitido diretamente e sim formado a partir de outros poluentes atmosféricos. É considerado um poluente altamente tóxico a troposfera e presente na estratosfera (cerca de 25 km de altitude) onde nessa localização é benéfico à saúde por ter a função de proteção da terra contra os raios ultravioletas produzidos pelo sol (CETESB, 2017).

Este gás produz uma nevoa de fumaça na atmosfera, ocasionando a diminuição da visibilidade (BRAGA, 2005).

Este poluente aloja-se na traquéia, brônquios, bronquíolos e alvéolos, provocando inflamação e obstrução das vias aéreas a estímulos como o frio e exercícios (ARBEX et al, 2012).

### 1.3 - PROBLEMAS RESPIRATÓRIOS EM CRIANÇAS RELACIONADOS À POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.

Em países em desenvolvimento cerca de cinco milhões de crianças menores de cinco anos morrem a cada ano por infecções respiratórias, sendo desse total, 80 mil só na América Latina e quase 50% dessas mortes ocorrem no Brasil (FARIA BUENO et al., 2010).

As doenças do aparelho respiratório são responsáveis pela segunda maior causa de internação hospitalar no Brasil, e acomete principalmente as crianças menores de cinco anos de idade, tendo em vista, as aglomerações urbanas de caráter metropolitano, onde cerca de 60% de toda a população brasileira reside na área urbana (NÓBREGA, 2014).

Nascimento e Medeiros (2012) afirmam que entre as principais causas de internações no Sistema Único de Saúde (SUS) são as doenças respiratórias agudas e crônicas, sendo responsáveis no ano de 2009, por 13,8% de todas as internações.

A figura 5 mostra as particularidades das vias aéreas de uma criança, que comparado ao de um adulto demonstra ser mais suscetíveis às doenças respiratórias.

Figura 5 - Particularidades das vias aéreas na criança



Fonte: Carraretto (2015).

O sistema respiratório possui entre outras funções a de filtrar os contaminantes do ar inspirados, identificando a qualidade do ar inalada em determinado ambiente (SHUSTERMAN, 2011).

Como demonstra a figura acima, fisiologicamente e anatomicamente as crianças estão mais predispostas a inalar uma maior quantidade de ar, isto é, contribuindo para que elas estejam mais propensas às doenças do aparelho respiratório, já que respiram mais poluentes em um menor intervalo de tempo.

Os efeitos prejudiciais à saúde causados pela poluição do ar tornam-se mais exacerbados nas crianças devido a sua debilidade física, outras doenças prevalentes da infância e uma menor resistência fisiológica a doenças respiratórias (SILVA et al., 2013).

Aumentos nos níveis de poluentes atmosféricos podem acarretar decréscimo da função pulmonar, aumento do uso de medicamentos em crianças, absenteísmo escolar, decréscimo nas taxas de *peak flow* em crianças normais e redução do “clearance” mucociliar (MARTINS, 2002).

César e colaboradores (2016) relatam que as doenças como a pneumonia e a asma são de caráter multifatorial, dentre estes fatores está a exposição aos poluentes atmosféricos, que tanto os gerados por queima de biomassa como os gerados por fontes moveis, são responsáveis pelas internações em crianças por doenças respiratórias, tendo como destaque o material particulado fino com menos de 2,5 micra de diâmetro aerodinâmico (PM<sub>2,5</sub>).

#### 1.4 – VULNERABILIDADE E RISCO

A palavra vulnerável tem origem do verbo latim *vulnerare*, que tem como significado furar, magoar. Geralmente este termo vulnerabilidade é usado na citação da tendência a desordens ou susceptibilidade ao estresse (JANCZURA, 2012).

Estar exposto ao risco de perigo é apenas uma das condições na qual as pessoas se tornam ou não vulneráveis a determinada situação, pois além da exposição, se faz necessário saber como essas pessoas irão se comportar frente aos riscos e ao novo cenário em transição (PANTELIC; SRDANOVIC; GREENE, 2005).

As áreas de humanas, mais precisamente as sociais, possuem uma óptica sobre a vulnerabilidade vinculada sob três dimensões que são: a susceptibilidade ao risco, nível de exposição ao risco, o comportamento mediante a concretização do risco. Por esse ponto de vista,

as pessoas mais vulneráveis seriam aquelas com menor capacidade de adaptação, as expostas ao maior grau de risco e as mais fragilizadas (NASCIMENTO, 2018).

A vulnerabilidade de um sistema está correlacionada a uma escala de espaço e tempo. Torna-se importante na análise, conhecer como os riscos e vulnerabilidades mudam no curto e longo espaço de tempo e como afetam a efetividade das ações tomadas para reduzir ou eliminar o risco (FLORES et al., 2012).

O risco, segundo Yunes e Szymanski (2001), foi usado pelos epidemiologistas quando havia a associação a grupos e populações, já a vulnerabilidade quando se referiam aos indivíduos e às suas formas de se adaptarem as mudanças ou consequências negativas.

O risco pode ser definido como sendo a probabilidade de dano ou os efeitos adversos provocados a um sistema devido à exposição ao perigo. Por essa razão, que se faz necessário identificar e classificar o risco para determinar se o nível de risco apresentado é aceitável ou necessita ser reduzido, tendo em vista que todas as atividades humanas possuem um certo nível de risco (FLORES et al., 2012).

Vale ressaltar que existe uma relação entre o risco e a vulnerabilidade, que apesar de ter conceitos distintos, há uma relação entre os dois, no qual a vulnerabilidade só funciona quando o risco está presente, quando não, a vulnerabilidade não tem resultado (JANCZURA, 2012).

No estudo em questão, foi necessária a construção de um método para analisar os riscos à saúde associados à poluição atmosférica, devido a não disponibilidade de dados para a medição de poluição e a necessidade dos órgãos públicos serem capazes de elaborar as políticas públicas de controle à poluição.

#### 1.4.1- COMUNICAÇÃO DO ÍNDICE DE RISCO

A comunicação do risco é algo desafiador, especialmente quando os dados se referem a residentes e usuários de uma área particular. Sendo que cientistas e não cientistas classificam

os riscos de maneiras diferentes, sendo o público, na grande maioria das vezes, incrédulo das chamadas “ameaças invisíveis” como radiação, doenças infecciosas e poluentes ambientais (LAHR; KOOISTRA, 2010).

Existem muitos fatores que influenciam na percepção do risco, a saber: tipo de percepção de risco e dimensões sociais do risco. E para cada indivíduo, existe a influência de fatores comportamentais e de personalidade. Portanto, especial atenção deve ser dada à comunicação do risco.

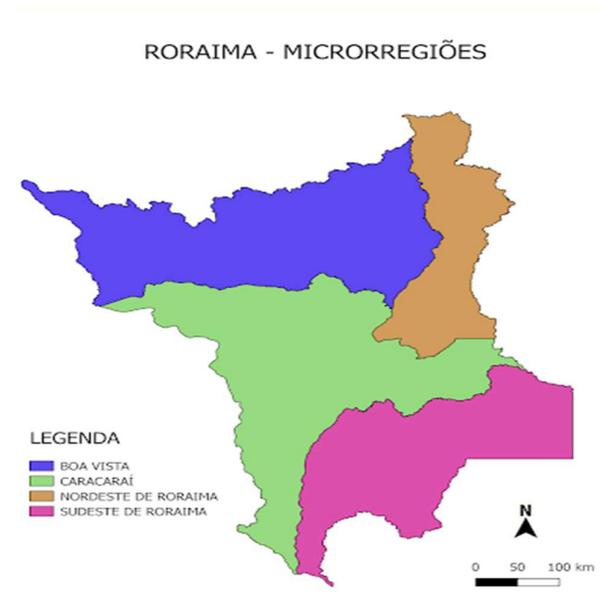
A comunicação do risco é um processo de duas vias, sendo necessário que todos envolvidos no projeto (*stakeholder*) e o público em geral participem, tendendo a uma maior consciência e aceitação do risco, assim como um maior consentimento das estratégias de administração do risco. Para a comunicação de mapas de risco, torna-se quase indispensável a utilização de Sistema de Gerenciamento da Informação (SIG) para a resolução de possíveis conflitos (LAHR; KOOISTRA, 2010).

A utilização correta do método para fins de comunicação do risco é fundamental para o processo de gerenciamento desse risco, de tomada de decisão e de desenvolvimento e implementação de políticas públicas satisfatórias (LAHR; KOOISTRA, 2010).

### 1.5 -AMAZÔNIA LEGAL – RORAIMA

O estado de Roraima encontra-se localizado na região norte do país, faz fronteira com a Venezuela (noroeste e noroeste), Guiana Inglesa (leste), Pará (sudeste) e Amazonas (sudeste e oeste), possui quinze municípios, e sua capital é Boa Vista. E ainda é subdividido em quatro microrregiões (Boa Vista, Caracará, Nordeste e Sudeste), como mostra a figura 6 e duas mesorregiões a norte e sul. Ocupa uma área de 224.300,506 de km<sup>2</sup>, e grande parte de sua área é coberta por floresta amazônica, mas este não é o único tipo de vegetação da região, pois na sua parte central o tipo predominante é a savana ou lavrados (IBGE, 2017).

FIGURA 6 – Mapa das microrregiões do estado de Roraima –RR



Fonte: IBGE, 2010

Ao norte a vegetação vai mudando devido à presença das serras altas. O clima no local é bem parecido com o do resto dos estados da Região Norte, ou seja, com um inverno um pouco mais seco e o verão úmido e com chuvas. A bacia do Amazonas e do Rio Branco fazem parte da hidrografia do estado e são as suas principais bacias hidrográficas. (IBGE, 2017)

Metade do território do estado é de reservas indígenas, e quase 8,5% são de áreas de preservação ambiental. O Roraima é o segundo estado com maior percentual de áreas protegidas, perdendo apenas para o Amapá, seja por reserva indígena ou ambiental.

O relevo do estado é predominantemente plano, e a maioria do estado está a altitudes inferiores a 200 metros acima do nível do mar. A figura 7, abaixo, mostra o estado de Roraima e suas fronteiras. As estruturas geológicas que mais se destacam são o Planalto Ondulado, que é parte do planalto das Guianas, e o Monte Caburá, é o ponto mais ao norte do país (IBGE, 2007).

FIGURA 7 – Mapa do estado de Roraima –RR



FONTE: lusofoniapress.blogspot.com

Fearnside, Barbosa e Pereira (2013) dizem que toda a Amazônia, incluindo o estado de Roraima, o manuseio habitual das áreas florestais para a abertura de pastagens, cultivos agrícolas temporários ou permanentes é baseado no sistema de corte e queima. Isto é, logo após a derrubada da floresta ela é queimada, onde o fogo é utilizado para “limpar” os resíduos. Quando esse fogo, atinge dimensões que fogem do controle, ocorrem os incêndios florestais.

A partir do impacto desencadeado pelo incêndio florestal ocorrido no estado em 1998, órgãos públicos e atores locais, desenvolveram ações com rotinas integradas de monitoramento e combate de queimadas, onde as responsabilidades foram distribuídas entre os participantes, com o intuito de controle de incêndios florestais no período de estiagem (XAUD et al., 2003). Através do Decreto Federal nº 2959 de 10/02/1999, também foi criado o programa de Prevenção

e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal logo esse desastre ecológico (FEARNSIDE, BARBOSA, PEREIRA, 2013).

Tendo em vista tudo o que já foi citado acima, este trabalho se faz pertinente devido à escassez de estudo nessa região, com o agravante de possuir inúmeros focos de queimadas, bem como um elevado número de internações em crianças causadas por problemas respiratórios.

Dessa forma, faz-se necessário que sejam conhecidos os efeitos da emissão do material particulado de queimadas sobre a saúde humana, no intuito de avaliar, identificar e estabelecer linhas de base para a realização de estudos analíticos dos resultados das queimadas à saúde humana na Amazônia brasileira, bem como o comportamento da incidência de doenças respiratórias e os possíveis fatores de risco (ANDRADE et al., 2012).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 - Objetivo Geral

Analisar a relação entre internações de crianças por todas as doenças respiratórias e a poluição do ar no estado de Roraima entre 2009 e 2013.

### 2.2 - Objetivos específicos

- Analisar a taxa de internações por problemas respiratórios em crianças por ano no estado de Roraima;
- Analisar a quantidade de frota veicular por ano no estado de Roraima;
- Analisar a quantidade de focos de queimadas por ano no estado de Roraima;
- Comparar a quantidade de frota veicular por mesorregiões e microrregiões do estado de Roraima entre 2009 e 2013;
- Comparar a quantidade de queimadas por mesorregiões e microrregiões do estado de Roraima entre 2009 e 2013;
- Comparar a taxa de internações por problemas respiratórios em crianças por mesorregiões e microrregiões do estado de Roraima entre 2009 e 2013;
- Construir o mapa de risco por município de Roraima entre 2009 a 2013.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo analítico observacional tipo ecológico de séries temporais. O estudo ecológico faz a comparação da condição relacionada à saúde (doença) e a exposição de um grupo de pessoas de uma área geográfica delimitada, por exemplo, de países, estados e ou municípios, no intuito de verificar uma provável relação entre ambos (LIMA-COSTA; BARRETO, 2003).

O estudo ecológico de séries temporais está sendo bastante aplicado para avaliar o comportamento da população exposta a poluição do ar. Possui a vantagem de coibir que fatores como condição socioeconômica, tabagismo ou ocupação venham confundir a relação entre a poluição do ar e os efeitos a saúde, visto que, estes fatores não possuem variações diárias (MASCARENHAS et al., 2008).

Um dos problemas encontrados no estudo ecológico é que ele geralmente analisa dados secundários adquiridos para outros fins, dessa forma, podem ficar de fora algumas informações que seriam relevantes à pesquisa. Além disso, não há um elo individual entre a exposição e o efeito, por se tratar de análises de grupos e/ou populações (BONITA, 2010).

A análise de séries temporais viabiliza a antecipação de situações futuras para a distribuição de doenças na população e os elementos aptos para interferir na melhoria ou piora dessa distribuição (ANTUNES, CARDOSO, 2015).

Optou-se pela utilização da cartografia temática para a geração de mapas de risco ao considerar seu potencial como ferramenta intuitiva e de fácil visualização para comunicar os resultados das avaliações de risco ambiental às partes interessadas.

### 3.2 - Cenário Do Estudo

O estudo foi realizado no estado de Roraima-RR, incluindo seus 15 municípios.

Primeiramente o estado foi dividido em duas grandes áreas que são:

- Mesorregião Norte: composta por oito municípios (Alto Alegre, Amajari, Boa Vista-capital, Bonfim, Cantá, Normandia, Pacaraima e Uiramutã).
- Mesorregião Sul: composta por sete municípios (Caracará, Caroebe, Iracema, Mucajá, Rorainópolis, São João da Baliza e São Luiz).

Figura 8: Estado de Roraima estratificado por mesorregiões e microrregiões



FONTE: dreamstime.com

Em seguida o estado foi dividido por quatro áreas a saber:

- Microrregião 1 – Boa Vista: constituída por quatro municípios (Amajari, Alto Alegre, Pacaraima e Boa Vista)

- Microrregião 2 – Caracará: constituída por três municípios (Mucajaí, Iracema e Caracará)
- Microrregião 3 – Nordeste: constituída por quatro municípios (Bonfim, Cantá, Normandia e Uiramutã)
- Microrregião 4 – Sudeste: Caroebe, Rorainópolis, São Joao da Baliza e São Luiz)

### 3.3 – Construção da Comunicação do Índice de Risco

Buscando identificar as zonas de risco ambiental e devido à falta de dados disponíveis, tornou-se necessário a construção de um método baseado nos índices de risco. O primeiro passo foi a identificação das variáveis que influenciariam na exposição da população a poluição do ar.

Pela inexistência de estações de monitoramento da qualidade do ar no estado de Roraima, foram utilizados para a construção desta metodologia simplificada de mapa de risco os seguintes indicadores: população, número de internação por doenças respiratórias, taxa de morbidade, número de frota veicular e números de queimadas. O quadro 4 descreve a fonte de obtenção e descrição de cada variável utilizada neste estudo.

**Quadro 4 - Descrição das variáveis**

| Variável                                       | Fonte Principal   | Descrição  |
|--|---|--|
| População                                      | Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS | População residente no Brasil. Dados coletados e agrupados pelo Censo de 2010, segundo faixa etária de 0 a menores de 5 anos de idade. |
| Número de internação por doenças respiratórias | Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS | Número de internação ocorridos em crianças no ano 2009 a 2013 estratificado no Capítulo do CID 10 - Doenças do Aparelho Respiratório   |
| Número de frota veicular                       | Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN                    | Número total de veículos do ano de 2009 a 2013 movidos por motor a combustão.  |
| Número de queimadas                            | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE                | Número de emissões de um material em chamas que emite energia na faixa termal-média de 3,7 mm a 4,1mm do espectro ótico.               |

Neste estudo foram utilizadas as variáveis:

- ✓ Número de internação por doenças respiratórias
- ✓ Número de frota veicular
- ✓ Número de queimadas

Para cada uma das variáveis descritas acima foram calculados os quartis, sendo que temos:

- ✓ Primeiro quartil (até 25% dos valores)
- ✓ Segundo quartil (de 25% a 50% dos valores)
- ✓ Terceiro quartil (de 50% a 75% dos valores)
- ✓ Quarto quartil (de 75% a 100% dos valores)

Após essa nova classificação em quartil de cada variável, se realizou a somatória dos quartis criando-se a variável Risco (quantitativa) que foi transformada em qualitativa através de nova divisão em quartil, posteriormente ficando então classificada da seguinte forma o risco:

- ✓ Muito Baixo (primeiro quartil),
- ✓ Baixo (segundo quartil),
- ✓ Médio (terceiro quartil)

✓ Alto (quarto quartil).

Após a classificação final da variável risco, foram elaborados os mapas de risco utilizando-se o Programa Tabwin 32.

### 3.4 - Análise Estatística

Foi realizada a análise descritiva de todas as variáveis do estudo. As variáveis quantitativas foram apresentadas em termos de seus valores de tendência central e de dispersão e as variáveis qualitativas em termos de seus valores absolutos e relativos (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Para se avaliar a associação entre as variáveis qualitativas foi utilizado o teste de Qui-quadrado (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Para as variáveis quantitativas foi utilizado os testes de Kruskal-Wallis e de comparações múltiplas de Dunn, pois as variáveis não apresentaram distribuição normal (Teste de Kolmogorov-smirnov) e nem variâncias homogêneas (Teste de Levene) (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Dessa forma o nível de significância foi de 5% e o pacote estatístico utilizado foi o SPSS 17.0 for Windows.

#### 4. RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a análise descritiva para a frota de veículos do estado de Roraima por ano de estudo (2009 a 2013). Pelo teste de Kruskal-Wallis, observa-se que não há diferença na quantidade de frota veicular entre os anos ( $p=0,38$ ), apesar do acréscimo na quantidade de veículos a cada ano.

**TABELA 1-** ANÁLISE DESCRITIVA DA FROTA DE VEÍCULOS DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.

| ANOS | MÉDIA    | DESVIO PADRÃO | MÍNIMO | MÁXIMO |
|------|----------|---------------|--------|--------|
| 2009 | 7337,53  | 25449,85      | 18     | 99316  |
| 2010 | 8363,40  | 28876,43      | 23     | 112724 |
| 2011 | 9272,67  | 31811,36      | 25     | 124235 |
| 2012 | 10149,27 | 34526,18      | 27     | 134915 |
| 2013 | 11022,60 | 37264,53      | 28     | 145678 |

**Teste de Kruskal-Wallis,  $p=0,38$**

A tabela 2 apresenta a análise descritiva para o número de queimadas no estado de Roraima por ano de estudo (2009 a 2013). Pelo teste de Kruskal-Wallis, observa-se que há diferença na quantidade de queimadas ( $p<0,001$ ), pelo teste de comparações múltiplas de Dunn temos que o ano de 2010 difere do ano de 2011 ( $p<0,001$ ), e o ano de 2013 difere dos anos de 2011( $p<0,001$ ) e 2012 ( $p<0,001$ ).

**TABELA 2- ANÁLISE DESCRITIVA DE QUEIMADAS DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.**

| <b>ANOS</b> | <b>MÉDIA</b> | <b>DESVIO PADRÃO</b> | <b>MÍNIMO</b> | <b>MÁXIMO</b> |
|-------------|--------------|----------------------|---------------|---------------|
| <b>2009</b> | 327,00       | 160,27               | 101           | 710           |
| <b>2010</b> | 347,20       | 206,84               | 69            | 725           |
| <b>2011</b> | 204,53       | 136,88               | 41            | 473           |
| <b>2012</b> | 231,13       | 111,90               | 82            | 391           |
| <b>2013</b> | 446,80       | 251,17               | 115           | 964           |

**Teste de Kruskal-Wallis,  $p < 0,001$**

A tabela 3 apresenta a análise descritiva para a taxa de internações de crianças menores de cinco anos por doenças respiratórias no estado de Roraima por ano de estudo (2009 a 2013). Pelo teste de Kruskal-Wallis, não foram observadas diferenças entre os anos do estudo ( $p=0,14$ ).

**TABELA 3- ANÁLISE DESCRITIVA DA TAXA DE INTERNAÇÃO DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.**

| <b>ANOS</b> | <b>MÉDIA</b> | <b>DESVIO PADRÃO</b> | <b>MÍNIMO</b> | <b>MÁXIMO</b> |
|-------------|--------------|----------------------|---------------|---------------|
| <b>2009</b> | 322,35       | 202,18               | 151,30        | 965,68        |
| <b>2010</b> | 392,00       | 242,66               | 117,23        | 969,46        |
| <b>2011</b> | 314,32       | 187,99               | 44,10         | 767,82        |
| <b>2012</b> | 355,66       | 334,35               | 21,55         | 1389,89       |
| <b>2013</b> | 340,71       | 199,48               | 122,28        | 848,38        |

**Teste de Kruskal-Wallis,  $p=0,14$**

A tabela 4, apresenta a análise descritiva para a quantidade de frota veicular, de queimadas e a taxa de internação de crianças por doenças respiratórias para o período de 2009 a 2013 por mesorregiões do estado de Roraima. Observam-se pelo teste U de Mann-Whitney, que há diferença entre as duas mesorregiões para a quantidade de frota ( $p < 0,001$ ), quantidade de queimadas ( $p < 0,001$ ) e taxa de internação de crianças por doenças respiratórias ( $p < 0,001$ ), sendo que a mesorregião norte apresenta uma maior quantidade de frota veicular, queimadas e taxa de internação.

**TABELA 4- ANÁLISE DESCRITIVA DE FROTA, QUEIMADAS E TAXA DE INTERNAÇÃO DAS MESORREGIÕES DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.**

|                                 | <b>FROTA</b>      | <b>QUEIMADAS</b> | <b>TX INTERNAÇÃO</b> |
|---------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| <b>MESORREGIÃO NORTE</b>        |                   |                  |                      |
| Média                           | 18181,03          | 369,34           | 426,54               |
| Desvio Padrão                   | 43509,34          | 200,58           | 184,91               |
| Mínimo                          | 18,00             | 82,00            | 195,27               |
| Máximo                          | 145678,00         | 964,00           | 969,46               |
| Percentis                       |                   |                  |                      |
|                                 | 25                | 328,00           | 225,00               |
|                                 | 50                | 782,00           | 340,00               |
|                                 | 75                | 1263,00          | 463,00               |
| <b>MESORREGIÃO SUL</b>          |                   |                  |                      |
| Média                           | 1396,15           | 260,70           | 273,67               |
| Desvio Padrão                   | 826,95            | 175,43           | 247,83               |
| Mínimo                          | 340,00            | 41,00            | 21,55                |
| Máximo                          | 3618,00           | 722,00           | 1389,89              |
| Percentis                       |                   |                  |                      |
|                                 | 25                | 757,00           | 104,25               |
|                                 | 50                | 1195,50          | 232,50               |
|                                 | 75                | 1954,75          | 358,75               |
| <b>Teste U de Mann- Whitney</b> | <b>p&lt;0,001</b> |                  |                      |

A tabela 5 apresenta a análise descritiva para a quantidade de frota veicular por microrregiões do estado de Roraima. Observa-se, pelo teste de Kruskal-Wallis, que há uma diferença significativa entre as 4 microrregiões. Pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, temos que a microrregião 1 difere das demais ( $p < 0,001$ ) apresentando uma maior quantidade de frota veicular que as demais microrregiões.

**TABELA 5- ANÁLISE DESCRITIVA DAS MICRORREGIÕES REFERENTE A FROTA VEICULAR DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.**

|                              |    | <b>MICRO 1</b>    | <b>MICRO 2</b> | <b>MICRO 3</b> | <b>MICRO 4</b> |
|------------------------------|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>FROTA VEICULAR</b>        |    |                   |                |                |                |
| Média                        |    | 31518,30          | 1627,93        | 416,70         | 1453,15        |
| Desvio Padrão                |    | 53924,60          | 850,82         | 298,22         | 756,35         |
| Mínimo                       |    | 211,00            | 426,00         | 18,00          | 750,00         |
| Máximo                       |    | 145678,00         | 3087,00        | 1059,00        | 3618,00        |
| Percentis                    | 25 | 564,00            | 705,00         | 88,00          | 972,00         |
|                              | 50 | 1167,00           | 1731,00        | 408,00         | 1195,50        |
|                              | 75 | 74871,00          | 2390,00        | 599,75         | 1563,25        |
| <b>Teste Kruskal- Wallis</b> |    | <b>p&lt;0,001</b> |                |                |                |

Na tabela 6 está apresentada a análise descritiva das microrregiões do estado de Roraima para o período do estudo com relação a quantidade de queimadas. Observa-se, pelo teste de Kruskal-Wallis, que há uma diferença significativa entre as 4 microrregiões. Pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, temos que as 4 microrregiões são diferentes entre si ( $p < 0,001$ ), a microrregião 4 apresenta as menores quantidades de queimadas ( $p < 0,001$ ), seguida pela microrregião 2 ( $p < 0,001$ ). Já as microrregiões 1 e 3 apresentam os maiores índices de queimadas ( $p < 0,001$ ), sendo a microrregião 1 a que apresenta os maiores índices ( $p < 0,001$ ).

**TABELA 6- ANÁLISE DESCRITIVA DAS MICRORREGIÕES REFERENTE AOS FOCOS DE QUEIMADAS DO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.**

|                              |           | MICRO 1           | MICRO 2 | MICRO 3 | MICRO 4 |
|------------------------------|-----------|-------------------|---------|---------|---------|
| <b>FOCOS QUEIMADAS</b>       | <b>DE</b> |                   |         |         |         |
| Média                        |           | 404,50            | 273,40  | 348,90  | 209,30  |
| Desvio Padrão                |           | 219,99            | 180,72  | 153,17  | 160,11  |
| Mínimo                       |           | 137,00            | 41,00   | 82,00   | 54,00   |
| Máximo                       |           | 964,00            | 722,00  | 731,00  | 710,00  |
| Percentis                    | 25        | 235,00            | 104,00  | 238,50  | 92,75   |
|                              | 50        | 358,00            | 279,00  | 343,50  | 139,00  |
|                              | 75        | 537,00            | 359,00  | 456,25  | 313,00  |
| <b>Teste Kruskal- Wallis</b> |           | <b>p&lt;0,001</b> |         |         |         |

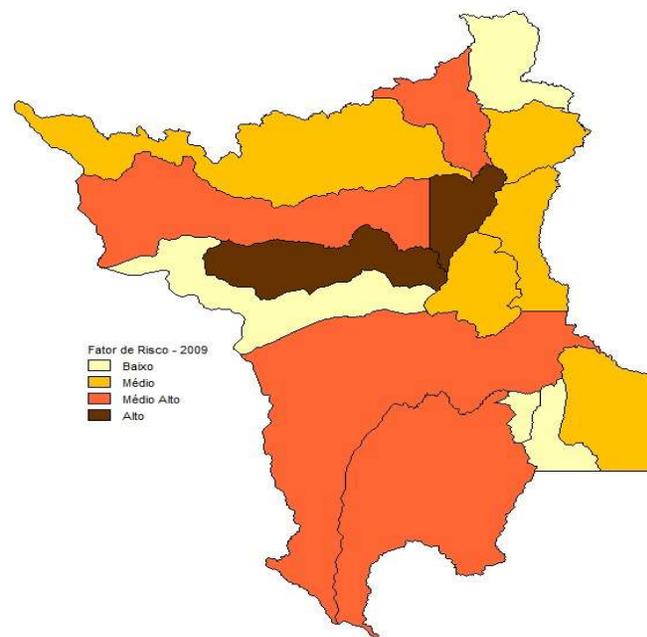
A tabela 7 apresenta a análise descritiva para a taxa de internação de crianças por doenças respiratórias para o período do estudo por microrregião do estado de Roraima. Observa-se, pelo teste de Kruskal-Wallis, que há diferença significativa entre as 4 microrregiões ( $p<0,001$ ). Pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, temos que a microrregião 2 difere das demais ( $p<0,001$ ) pois apresenta as menores taxas de internação por doenças respiratórias.

**TABELA 7- ANÁLISE DESCRITIVA DAS MICRORREGIÕES REFERENTE A TAXA DE INTERNAÇÕES EM CRIANÇAS MENORES DE CINCO ANOS NO ESTADO DE RORAIMA, 2009 – 2013.**

|                                | <b>MICRO 1</b>    | <b>MICRO 2</b> | <b>MICRO 3</b> | <b>MICRO 4</b> |
|--------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>TX DE INTERNAÇÃO</b>        |                   |                |                |                |
| Média                          | 407,38            | 188,19         | 401,64         | 343,61         |
| Desvio Padrão                  | 133,68            | 75,52          | 223,28         | 328,32         |
| Mínimo                         | 249,07            | 68,76          | 162,91         | 21,55          |
| Máximo                         | 835,54            | 370,86         | 969,46         | 1389,89        |
| 25                             | 300,48            | 137,52         | 246,45         | 146,07         |
| 50                             | 386,93            | 191,23         | 310,84         | 201,89         |
| 75                             | 457,99            | 251,48         | 511,36         | 499,82         |
| <b>Teste de Kruskal-Wallis</b> | <b>p&lt;0,001</b> |                |                |                |

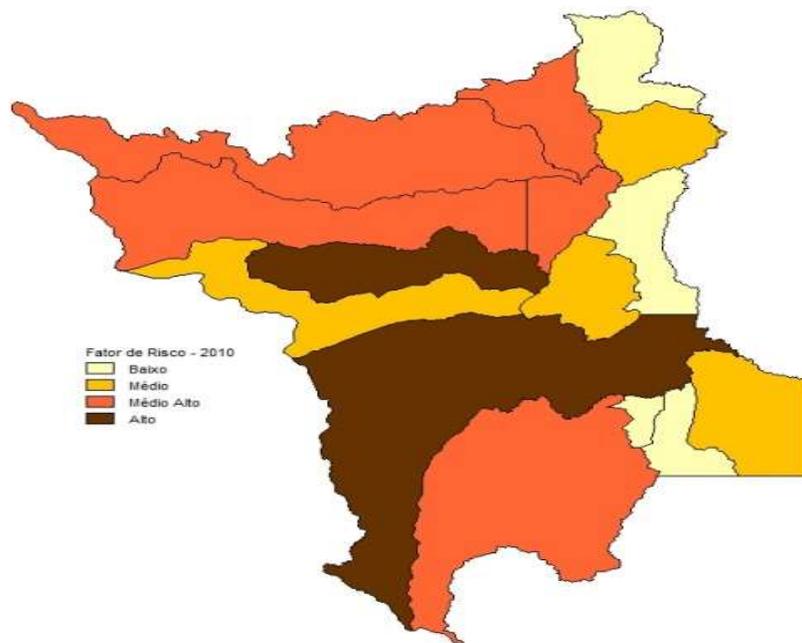
As figuras de 9 a 13 apresentam os mapas de risco das internações de crianças por doenças respiratórias relacionada a exposição a poluição do ar para cada ano de estudo.

FIGURA 9- Mapa de risco para o ano de 2009.



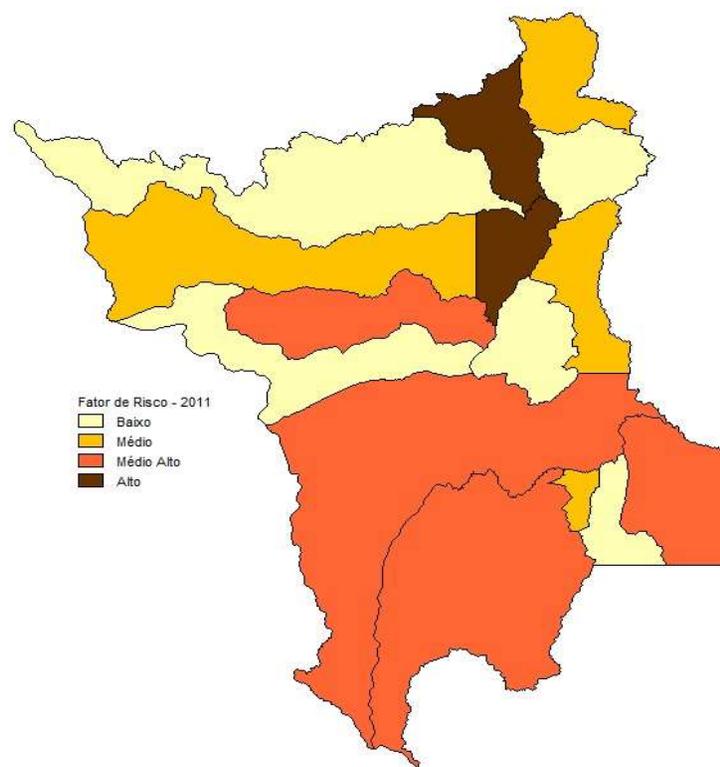
O mapa de risco de Roraima para o ano de 2009 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. O fator de risco alto ocorreu na microrregião Boa Vista, nos municípios de Mucajaí e Boa Vista.

FIGURA 10- Mapa de risco para o ano de 2010.



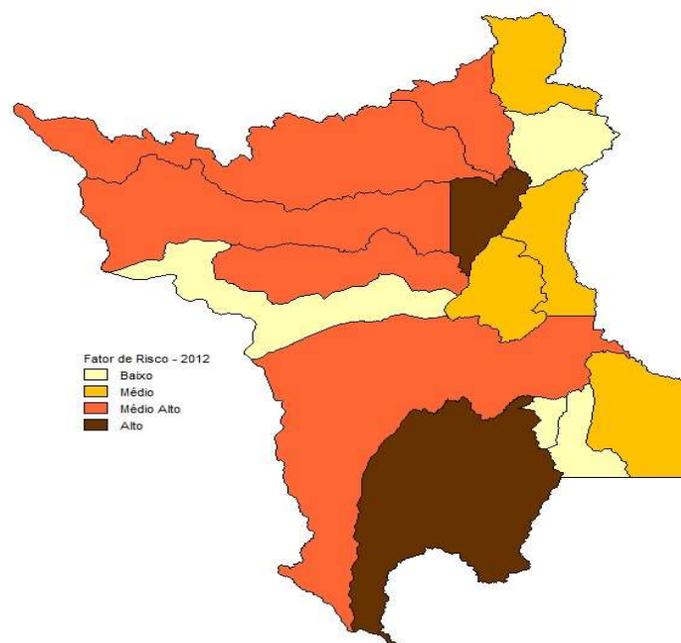
O mapa de risco de Roraima para o ano de 2010 apresenta um predomínio de fator de risco médio alto para todos os municípios da microrregião Boa Vista. Em dois dos três municípios da microrregião Caracará o fator de risco foi alto para o ano em estudo, sendo eles: Mucajaí e Caracará.

FIGURA 11- Mapa de risco para o ano de 2011.



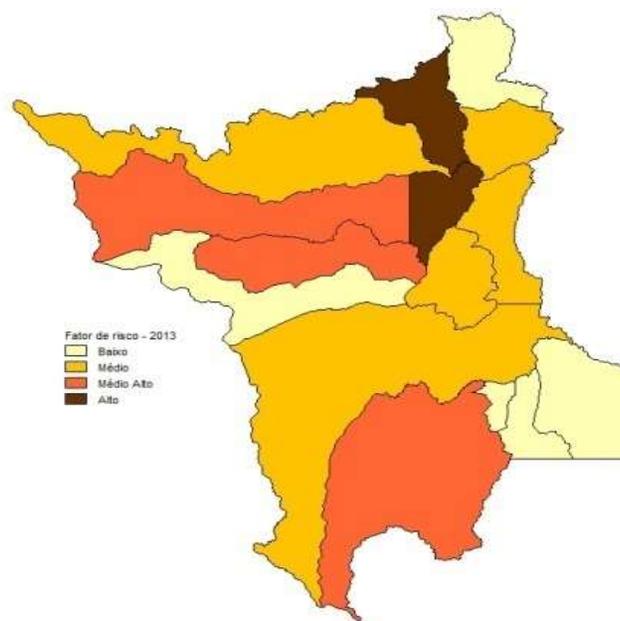
O mapa de risco de Roraima para o ano de 2011 apresenta um predomínio de fator de risco médio alto na microrregião de Caracarái, bem como na microrregião Sudeste. Ocorrendo na microrregião de Boa Vista os riscos mais altos.

FIGURA 12- Mapa de risco para o ano de 2012.



O mapa de risco de Roraima para o ano de 2012 apresenta um predomínio de fator de risco médio alto na microrregião Boa Vista e microrregião Caracaraí. Os níveis mais altos também estiveram presentes na microrregião Boa Vista e microrregião Sudeste de Roraima.

FIGURA 13- Mapa de risco para o ano de 2013.



O mapa de risco de Roraima para o ano de 2013 apresenta um predomínio de fator de risco médio na microrregião Nordeste de Roraima. Os níveis mais baixos ocorreram na microrregião Sudeste de Roraima e os níveis mais altos na microrregião Boa Vista

## 5. DISCUSSÃO

Os efeitos deletérios causados pela poluição atmosférica estão cada vez mais sendo analisados e mensurados pela comunidade científica, tendo em vista que impactos financeiros e de qualidade de vida são atribuídos aos poluentes presentes no ar causando riscos à saúde da população, atingindo principalmente os grupos suscetíveis como as crianças, quando se trata das morbi-mortalidade do sistema respiratório.

Este estudo é o primeiro realizado no estado, sendo exclusivo até o momento. Foi idealizado no intuito de observar se as internações por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos estavam relacionadas à poluição do ar no estado de Roraima, que além das emissões causadas por sua frota veicular, sofre com as queimadas que emitem poluentes gerados pela queima de biomassa.

Foi demonstrado neste estudo que houve um aumento crescente na frota veicular ao longo do tempo, e que em relação as queimadas houve uma variação entre os anos, no qual o maior número de queimadas ocorreu no ano de 2013, já em 2011 foi o ano de menor ocorrência de queimadas. A taxa de internação hospitalar por sua vez, teve seu menor valor registrado em 2011, Já em 2010 esse foi o ano de maior número de crianças menores de cinco anos internadas.

Após dividir o estado por região, ficou evidenciado que a Mesorregião norte diverge da mesorregião sul, apresentando os maiores valores em todas as variáveis estudadas, e é bem compreensível este resultado, visto que, a capital do estado Boa vista está localizada na mesorregião norte e concentra a maioria dos habitantes, cerca de 63% da população (IBGE, 2010). Quando avaliadas as microrregiões, observou-se que na microrregião 1 a taxa de internações em crianças foi maior em relação as demais microrregiões, bem como o número de frota veicular e os focos de queimadas. Neste contexto pode-se afirmar que houve uma

associação entre a poluição do ar e as internações por doenças respiratórias no estado de Roraima nos anos estudados.

Algumas peculiaridades do estado de Roraima são relevantes destacar neste trabalho, como: possui a menor densidade demográfica do país, 2,01 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010), isto é, um estado bastante extenso com a população muito dispersa, detém também de apenas uma unidade hospitalar de referência para o atendimento as crianças que fica localizada em sua capital Boa Vista, e uma grande quantidade de comunidades indígenas e ribeirinhas. Essas informações corroboram para que ao analisarmos este trabalho pensemos em uma subnotificação das informações quanto ao número de internações hospitalares de crianças, visto a dificuldade de acesso as unidades de saúde, bem como o uso de meios alternativos para o tratamento de doenças culturalmente utilizadas pelos indígenas. No último Censo, realizado em 2010 pelo IBGE, verifica-se que 11% da população Roraimense declarou-se como indígena, sendo este o maior percentual do país, seguido do Amazonas (4,84%) e Mato Grosso do Sul (2,99%).

Alguns estudos fazem a associação entre os poluentes atmosféricos, em especial o material particulado e os danos à saúde, como por exemplo, internações e mortes por doenças respiratórias e cardiovasculares e óbitos totais em crianças e idosos (SALDIVA et al., 1994; FREITAS, 2004).

O sistema respiratório das crianças sofre diariamente com os efeitos adversos da poluição do ar (SCHWARTZ, 2004) e (BARNETT et al., 2005). Estudos como o realizado em Sorocaba- SP, corroboram com essa afirmação, que também confirmou a associação entre as ocorrências de internações em crianças por pneumonia com a exposição aos poluentes atmosféricos PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> (NEGRISOLI; NASCIMENTO, 2013). Diferentemente do que foi encontrado por (ANDRADE et al., 2012) na cidade de Manaus, em que o aumento das internações por doenças respiratórias em crianças estão mais associadas às condições climáticas

em especial a umidade do ar, do que aos poluentes oriundos das queimadas, como a fumaça e o  $PM_{2,5}$ .

Por apresentar um metabolismo basal acelerado, maior ventilação por minuto, bem como uma atividade física mais intensa, as crianças apresentam maior suscetibilidade aos poluentes. Com o agravante de ainda não possuir o seu sistema imunológico totalmente desenvolvido, a vulnerabilidade as doenças respiratórias ficam mais acentuada (CÉSAR, 2016; MAURO, 2015). Os efeitos da poluição do ar acometem não só as crianças como também os adolescentes que estão suscetíveis aos poluentes atmosféricos (MARTINS, 2001).

Após estudo realizado em Sorocaba estado de São Paulo, evidencia que o  $NO_2$  produz um efeito agudo nas internações, ao passo que o material particulado produz um efeito mais tardio conforme Negrisoli e Nascimento (2013), mesmo o material particulado não ultrapassando os limites recomendados pelo CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

No município de Cubatão, houve um aumento do risco de internação pediátrica por doenças respiratórias, após um acréscimo de um interquartil nos níveis de concentração do  $PM_{10}$ . Podendo ocorrer um aumento dessas internações em cerca de 10%, quando contado do dia em que elevou-se a concentração deste poluente e o sexto dia subsequente (JASINSKI; PEREIRA; BRAGA, 2011). Efeitos como esses foram encontrados em São José dos Campos, em que houve um aumento das internações de crianças por pneumonia relacionado a exposição desse poluente cuja concentrações médias não ultrapassaram os valores estabelecidos, porém apresentavam picos diários acima do valor permitido que é ( $150 \mu g/m^3$ ). Neste município foram observados os efeitos acumulativos após cerca de oito dias da exposição, e identificou-se um aumento de 10% nas internações assim como em Cubatão (NASCIMENTO et al., 2006).

Conforme estudo realizado por Egypto (2016), o estado da Paraíba mesmo não possuindo as estações de monitoramento da qualidade do ar assim com em Roraima, não o desmereceu e nem o anulou da pesquisa, e pode ser realizado afim de presumir os danos causados pelos poluentes do ar à saúde humana. O estudo citado também teve como objetivo de averiguar a relação entre a poluição do ar e as internações em crianças menores de cinco anos, ratificando os resultados positivos encontrados neste trabalho.

O mapa de risco utilizado demonstra com maior facilidade todos os municípios do estado, expondo o nível de risco que cada um deles apresenta segundo os anos estudados, estes riscos se referem ao maior ou menor risco de internações por doenças respiratórias, que possibilitam uma tomada de decisões e estratégias mais precisa, na programação, planejamento e execução das ações com relação ao controle de queimadas e da frota veicular.

Uma das limitações apresentadas nesse estudo se refere ao estado de Roraima ser um dos estados da federação a não possuir uma estação de controle e monitoramento da qualidade do ar e o não cumprimento dessa lei, criada em 1989 pela resolução CONAMA –que institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. Essa limitação torna o estado mais suscetível aos danos causados pela poluição atmosférica, visto que não possui esta ferramenta que mantém sobre vigilância os níveis de poluente em níveis seguros a população exposta.

Outra limitação se dá por se tratar de um estudo ecológico de series temporais, que não avalia individualmente cada criança. Sendo assim, não há como saber se a criança exposta aos poluentes foi internada, ou se a criança internada a causa foi a exposição aos poluentes (NEGRISOLI; NASCIMENTO, 2013).

Vale ressaltar, que as internações ocorridas em unidades particulares, utilizando-se de convênios médicos, bem como outros órgãos financiadores que não o SUS, não entraram nesta

pesquisa, como também o tratamento a nível ambulatorial das crianças com doenças do sistema respiratório.

O Brasil é um dos seis países do mundo que mais analisa os efeitos deletérios a saúde devido a exposição aos poluentes do ar, contudo, em meio a contra mão dessa informação no que diz respeito ao controle e monitoramento da qualidade do ar, onde na grande maioria dos seus estados não há como averiguar as concentrações desses poluentes maléficos a saúde humana, mesmo existindo as legislações vigentes que obrigam todos os estados a possuírem uma estação de controle, medição e fiscalização (VORMITTAG, 2014).

Este trabalho revela que mesmo com a falta de dados importantes como os níveis de concentrações dos poluentes do ar, não se eximiu de buscar informações para fomentar as entidades envolvidas e responsáveis, que se utilize desses dados, no intuito de subsidiar ações de políticas públicas no controle da qualidade do ar. Uma delas seria implementar de fato e de direito as leis já existentes.

Sabe-se que existem outros malefícios à saúde humana causada pela poluição do ar, porém, este estudo se limitou-se apenas as doenças respiratórias. Todavia, não deixa de ser um viés para estudos posteriores, que considerem as outras patologias associadas a esse problema, no intuito de fomentar subsídios que contribuam ainda mais nas ações de vigilância em prol da saúde da população.

É necessário, portanto, que os estudos nesta região não cessem, visto a riqueza de informações que ainda precisam serem desbravadas para que estes dados, somados a este já encontrado, sirvam de ferramentas que sensibilizem os gestores e órgãos responsáveis, a tomarem decisões que venham de uma vez por todas a coibir ou pelo menos minimizar a emissão dos poluentes no meio ambiente.

## **6. CONCLUSÃO**

O presente estudo demonstrou que no estado de Roraima, entre o período de janeiro de 2009 e dezembro de 2013, houve uma associação entre as internações de crianças menores de cinco anos de idade por doenças respiratórias e a poluição do ar, avaliada através do aumento da frota veicular e focos de queimadas.

## 7. REFERÊNCIAS

ALVES, E. M. P. et al. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014.

AMÂNCIO, Camila Trolez; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 58, n. 3, p. 302-307, 2012.

AMBIENTE BRASIL. Qualidade do Ar. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/qualidade\\_do\\_ar/indicadores\\_da\\_qualidade\\_do\\_ar/di\\_oxido\\_de\\_enxofre\\_-\\_so2.html?query=di%C3%B3xido+de+enxofre](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/qualidade_do_ar/indicadores_da_qualidade_do_ar/di_oxido_de_enxofre_-_so2.html?query=di%C3%B3xido+de+enxofre)>. Acesso em: 13 nov. 2017.

ANDRADE, V. S. et al. Influência do material particulado (pm<sub>2.5</sub>) de queimadas e variáveis meteorológicas na morbidade respiratória de crianças em Manaus, AM. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 744-758, 2012.

ANDRÉS, M. G. **Qualidade do ar e estudo de tendência de internações por doenças respiratórias em Nova Iguaçu, RJ, Brasil, no período de 2000 a 2005**. 2009. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.

ANTUNES, J.L.F.; CARDOSO, M.R.A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, p. 565-576, 2015.

ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012.

ARBEX, M. A. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **J bras pneumol**, v. 30, n. 2, p. 158-75, 2004.

ARTAXO, P. et al. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 1-22, 2006.

BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do Evento El Niño (1997/98). **Acta Amazônica**, v. 29, n. 4, p. 513-534, 1999.

BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTRÖM, T. **Epidemiologia básica**. 2ª edição. São Paulo: Santos Editora, 212-213p, 2010.

BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. 2. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 003**, de 28 de junho de 1990 Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em 15 ago. 2017.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. Bioestatísticas: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CANÇADO, J. E. D.; ARBEX, M. A.; BRAGA, A. L. F. Efeitos da queima de biomassa sobre a saúde humana. **Revista Pediatria Moderna**. ed. Moreira Junior. 2006. p. 17-22.

CARRARETO, A. R. Anatomia e fisiologia respiratória em pediatria. In: **XLII CURSO DE FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DO SISTEMA RESPIRATÓRIO E ANESTESIOLOGIA**, 2015

CASTRO, A. H. S.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, G. M. M. Qualidade do ar – parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. **Holos**, v. 5, 2013.

CÉSAR, A. C. G. et al. Material particulado fino estimado por modelo matemático e internações por pneumonia e asma em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 34, n. 1, p. 18-23, 2016.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Padrões da qualidade do ar. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/](http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/)>. Acesso em 03 set. 2017.

COCHRANE, M. A. **O grande incêndio de Roraima**. Ciência Hoje. Vol 27.p. 26-43, 2000.

DA SILVA, A. M. C. et al. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 345-352, 2013.

DE ANDRADE FILHO, V. S. et al. Aerossóis de queimadas e doenças respiratórias em crianças, Manaus, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 239-247, 2013.

EGYPTO, I.A.S. et al. Relação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos na Paraíba: contribuição na tomada de decisões de políticas públicas voltadas ao controle da poluição do ar. 2017. Dissertação. (Mestrado em Saúde Coletiva). Universidade Católica de Santos, Santos/SP: 2014.

ESTADOS E CAPITAIS DO BRASIL. **Mapa do Estado de Roraima**. Disponível em: <http://www.estadosecapitaisdobrasil.com/estado/roraima>. Acesso em 13 out. 2017.

FARIA BUENO, F. et al. Qualidade do ar e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 32, n. 2, 2010.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. 2006.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2013.

FLORES, H. et al. A simple method to identify areas of environmental risk due to manure application. **Environmental monitoring and assessment**, v. 184, n. 6, p. 3915-3928, 2012.

GONÇALVES, K. S.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, 2012.

IBGE – INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rr/panorama>. Acesso em 18 out. 2017.

IGNOTTI, E. et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 26, n. 4, p. 747-761, 2010.

IGNOTTI, E. et al. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 10, n. 4, p. 453-464, 2007.

JANCZURA, Rosane. Risco ou vulnerabilidade social?. **Textos & Contextos (Porto Alegre)**, v. 11, n. 2, 2012.

JASINSKI, R.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. **Cad. Saúde Pública**, v. 27, n. 11, p. 2242-52, 2011.

KOLHY, L.M.M.; MARTINS, L.C.. **Avaliação da prevalência de sintomas respiratórios em duas categorias de trabalhadores portuários avulsos: estiva e conferentes de carga**. 2014. 87f. Dissertação. (Mestrado em Saúde Coletiva). Universidade Católica de Santos, Santos/SP: 2014.

LAHR, J; KOOISTRA, L. Environmental risk mapping of pollutants: state of the art and communication aspects. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 18, p. 3899-3907, 2010.

LIMA-COSTA, Maria Fernanda; BARRETO, Sandhi Maria. Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília , v. 12, n. 4, p. 189-201, dez. 2003 . Disponível em <[http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S167949742003000400003&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167949742003000400003&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 27 abri. 2018.

LOMBARDI, E. M. S et al. A Importância na prática clínica. **Revista Hipertensão**, São Paulo, 13,v.13,n.4,p.210-225,2010. Disponível em:<[http://www.sbh.org.br/pdf/revista\\_hipetensao\\_4\\_2010.pdf](http://www.sbh.org.br/pdf/revista_hipetensao_4_2010.pdf)>. Acesso em: 25 set.2017.

LOPES, F. S. **Análise de agravos à saúde e possíveis associações aos produtos da queima de cana-de açúcar**. 2010. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2010.

MARTINS, L. C. et al. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, p. 220-229, 2001.

MARTINS, L. C. et al. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, p. 88-94, 2002.

MASCARENHAS, M. D. M. et al. Vieira LC, Lanzieri TM, Leal APPR, Duarte AF, Hatch AL. Poluição atmosférica devido a queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil - Setembro, 2005. **J Bras Pneumol**, 2008;34(1):42-46.

MENDES, M. et al. Impactos das Queimadas sobre a Saúde da População Humana Na Amazônia Maranhense/Biomass Burning Impact On The Human Population Health In The Amazon Region From Maranhão. **Revista De Pesquisa Em Saúde**, V. 17, N. 3, 2017.

NASCIMENTO, A.L.S. **Investigação dos efeitos de fatores socioeconômicos e ambientais sobre a saúde de populações residentes na Baixada Santista: uma abordagem ecológica**. 2018. 18f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Universidade Católica de Santos, Santos, 2018.

NASCIMENTO, L. F. C.; MEDEIROS, A. P. P. Admissions due to pneumonia and biomass burning: a spatial approach. **Jornal de pediatria**, v. 88, n. 2, p. 177-183, 2012.

NASCIMENTO, L. F. C.; MEDEIROS, A. P. P. de. Admissions due to pneumonia and biomass burning: a spatial approach. **Jornal de pediatria**, v. 88, n. 2, p. 177-183, 2012.

NEGRISOLI, Juliana; NASCIMENTO, Luiz Fernando C. Poluentes atmosféricos e interações por pneumonia em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 31, n. 4, p. 501-506, 2013.

NÓBREGA, L. A. **Modelagem da Influência de Poluentes Atmosféricos Veiculares e Fatores Meteorológicos em Afecções Respiratórias**. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Natureza) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

PAMPLONA, Ysabely de Aguiar Pontes. **Relação entre poluição do ar e interações por insuficiência cardíaca congestiva, em adultos e idosos, na cidade de São Paulo, estratificado por sexo, explorando estruturas de defasagens, para o período de 2000 a 2013**. 2016. 28f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) - Universidade Católica de Santos, Santos, 2016

PANTELIC, J.; SRDANOVIC, B.; GREENE, M. **Postmodern urbanization and the vulnerability of the poor**. Third Urban Research Symposium: “Land Development, Urban Policy and Poverty Reduction”, The World Bank and Ipea. Brasília(DF), Apr.4th-6th, 2005.

RODRIGUES, P. C. O. **Alterações subclínicas em escolares expostos aos poluentes atmosféricos derivados das queimadas na Amazônia Brasileira**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências na área da Saúde e meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

ROSA, A. M. et al. Respiratory disease and climatic seasonality in children under 15 years old in a town in the Brazilian Amazon. **Jornal de pediatria**, v. 84, n. 6, p. 543-549, 2008.

RODRIGUES, P. C. O. **Alterações subclínicas em escolares expostos aos poluentes atmosféricos derivados das queimadas na Amazônia Brasileira**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências na área da Saúde e meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

SAMPAIO, J. C. M. S. **Relação entre poluição do ar e interações por doenças respiratórias em crianças no Município de São Paulo**. 2015. 117 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Católica de Santos, Santos, 2015.

SHUSTERMAN, D. The effects of air pollutants and irritants on the upper airway. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v. 8, n. 1, p. 101-105, 2011.

SILVA, A. M. C. et al. Material particulado (PM<sub>2.5</sub>) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 13, p. 337-351, 2010.

SOUZA, L. S. N. **Análise de Impactos das queimadas sobre a saúde humana: um estudo de caso do município de Rio Branco, Acre**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências na área da Saúde e meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Acre, 2008.

TURN, S. Q. et al. Elemental characterization of particulate matter emitted from biomass burning: Wind tunnel derived source profiles for herbaceous and wood fuels. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 102, n. D3, p. 3683-3699, 1997.

VORMITTAG, EMPAA et al. Monitoramento da qualidade do ar no Brasil. **Instituto Saúde e Sustentabilidade**, 2014.

WHO– WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health Guidelines For Vegetation Fire Events. Geneva: Who; 1999.

XAUD, M. R. et al. Monitoramento de queimadas e incêndios florestais em Roraima: informações orbitais e locais subsidiando tomadas de decisão. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 13, p. 533-534, 2003.

YUNES, Maria Angela Mattar; SZYMANSKI, Heloísa. Resiliência: noção, conceitos afins e considerações críticas. **Resiliência e educação**, v. 2, p. 13-43, 2001.