

Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**

**Fundação Oswaldo Cruz**



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA  
SERGIO AROUCA  
ENSP

***“Alterações subclínicas em escolares expostos aos poluentes atmosféricos derivados das queimadas na Amazônia Brasileira”***

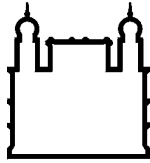
*por*

***Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues***

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente.*

*Orientadora principal: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sandra de Souza Hacon  
Segunda orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliane Ignotti*

*Rio de Janeiro, março de 2012.*



Ministério da Saúde

FIOCRUZ  
Fundação Oswaldo Cruz



*Esta dissertação, intitulada*

***“Alterações subclínicas em escolares expostos aos poluentes atmosféricos derivados das queimadas na Amazônia Brasileira”***

*apresentada por*

***Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues***

*foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:*

Prof. Dr. Márlon de Freitas Fonseca

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Inês Echenique Mattos

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sandra de Souza Hacon – Orientadora principal

*Dissertação defendida e aprovada em 23 de março de 2012.*

## **Agradecimentos**

Às minhas orientadoras Sandra Hacon e Eliane Ignotti, por toda paciência e dedicação.

A toda a equipe do INOVA/ENSP, sem a qual o trabalho de campo não teria sido possível, pela parceria e amizade durante esses dois anos de trabalho.

E a toda a população das comunidades de Cuniã e Belmont, em nome dos presidentes da associação de moradores e das diretoras das escolas, pela participação e recepção.

---

RODRIGUES, PCO. **Alterações Subclínicas Em Escolares Expostos Aos Poluentes Atmosféricos Na Amazônia Brasileira.** 2012. Dissertação [Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente] – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

---

## RESUMO

**Introdução:** Na região Amazônica, a fumaça gerada pelas queimadas no período de seca tem grande impacto na saúde das populações expostas devido às altas concentrações de poluentes. **Objetivo:** Descrever o perfil espaço-temporal dos focos de queimada e da morbidade por doenças respiratórias em crianças no estado de Rondônia, bem como, analisar efeitos subclínicos relacionados à exposição sazonal às queimadas em escolares residentes em comunidades ribeirinhas de Porto Velho. **Método:** Esta dissertação foi dividida em dois estudos. No primeiro observou-se a distribuição espacial e temporal apontando áreas quentes para focos de queimadas e taxas de internação por doenças respiratórias através de estimativa de Kernel e da análise da variação percentual dos últimos dez e cinco anos, através de um estudo ecológico. No segundo realizou-se um estudo seccional em escolares, residentes em comunidades ribeirinhas de Porto Velho (RO) descrevendo a relação de biomarcadores de efeitos subclínicos com a poluição atmosférica derivada das queimadas ocorridas entre a seca de 2010 e na chuva de 2011. **Resultados:** No primeiro estudo observa-se que as taxas de internação distribuem-se do centro para o sudeste do Estado, enquanto os focos de queimada se concentram a noroeste, onde localiza-se Porto Velho. Todas as microrregiões apresentam redução nas variações percentuais das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças, bem como do número de focos de queimada ao longo dos anos. Através do segundo estudo foi observado aumento estatisticamente significativo da hemoglobina e no hematócrito no período de seca. A concentração sérica de ferritina apresentou-se mais elevada na seca, enquanto o ferro sérico encontrou-se reduzido. Ocorreu uma redução significativa na CVF e VEF1 no período de chuva na região. **Conclusão:** Em Rondônia as taxas de internação por doenças respiratórias em crianças e o número de focos de queimada apresentaram redução nos últimos 10 anos. As áreas com maior número de focos de queimadas diferem daquelas com as taxas mais elevadas de internações por doenças respiratórias. Nas comunidades de Porto Velho os achados sugerem associação entre as queimadas realizadas no período de seca na Amazônia e os parâmetros relacionados a hemostase do ferro.

**Palavras-chave:** Amazônia Brasileira, Rondônia, alterações subclínicas, queima de biomassa, doenças respiratórias, biomarcadores.

---

RODRIGUES, PCO. **Subclinical Changes in school children exposed to air pollutants provided from biomass burning in the Brazilian Amazon.** Thesis [Master of Public Health and Environment] – National School of Public Health, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, 2012.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** In the Brazilian Amazon region, the smoke generated by biomass burning in the dry season has impacted on the health of populations exposed due to high concentrations of pollutants. **Objective:** To describe the spatial and temporal distribution of point source of fires and hospitalization rates of respiratory disease in children in the state of Rondônia, and to evaluate subclinical effects related to seasonal exposure from biomass burning in school children living in riparian communities of Porto Velho. **Methods:** In the first study we observed the spatial and temporal trends pointing “hot spots” for points source of fires and hospitalization rates of respiratory disease through Kernel’s estimation and the analysis of the percentage change in the last ten and five years. In the second study was carried out a cross-sectional study in school children from riparian communities of Porto Velho (RO) describing the relationship of biomarkers of subclinical effects to air pollution from biomass burning occurred between the dry season of 2010 and the rain season of 2011. **Results:** The first study shows that the hospitalizations rate for respiratory disease in children are distributed from the center to the southeast of the state of Rondônia, while the points source of fires are concentrated in the northwest, where it is located the capital of the state, Porto Velho. All the regions show a reduction in the percentage change for hospitalization rates and the points source of fires. By the second study, we observed statistically significant increase in hemoglobin and hematocrit in the dry season. The serum ferritin had to be higher during the dry season, while the serum iron was found reduced. There was a significant reduction in FVC and FEV1 during the rainy season. There wasn’t seasonal variation for the parameters related to allergy and inflammation. **Conclusion:** In Rondônia the hospitalization rates for respiratory diseases in children and the points source of fires had reduced over the past ten years. The areas with the highest number of points source of fires differ from those with the highest hospitalization rates. In the communities of Porto Velho the findings suggest association between the biomass burning occurred in the dry season in the Brazilian Amazon and the iron hemostasis. The spirometry was sensitive to changes in the rainy season.

**Key-words:** Brazilian Amazon, Rondônia, subclinical changes, biomass burning, respiratory diseases, biomarkers.

## SUMÁRIO

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| <i>Lista de Ilustrações</i>   | <b>8</b>      |
| <i>Lista de Quadros e Tabelas</i>   | <b>9</b>      |
| <i>Apresentação</i>   | <b>10</b>     |
| <b>1. Introdução</b>  | <b>11</b>     |
| <b>2. Referencial Teórico</b>   | <b>13</b>     |
| 2.1. <i>O material particulado proveniente das queimadas e suas implicações na saúde humana</i> | 13            |
| 2.2. <i>O contexto sócio-ambiental da área de estudo</i>  | 16            |
| 2.2.1. <i>O Estado de Rondônia</i>  | 16            |
| 2.2.2. <i>A Capital: Porto Velho</i>  | 16            |
| 2.2.3. <i>As comunidades ribeirinhas: Cuniã e Belmont</i>                                       | 18            |
| 2.2.4. <i>Sazonalidade Climática e Exposição às queimadas</i>                                   | 20            |
| 2.3. <i>Parametros para Avaliação dos Efeitos indiretos da poluição atmosférica</i>             | 21            |
| 2.3.1. <i>Espirometria</i>  | 23            |
| 2.3.2. <i>Proteína C-reativa</i>  | 24            |
| 2.3.3. <i>Imunoglobulina E</i>  | 24            |
| 2.3.4. <i>Hemograma</i>   | 26            |
| 2.3.5. <i>Ferro e Ferritina</i>   | 28            |
| 2.4. <i>Determinantes de vulnerabilidade para poluição do ar</i>                                | 30            |
| 2.4.1. <i>Os efeitos da poluição na saúde das crianças e adolescentes</i>                       | 32            |
| 2.4.2. <i>Fatores demográficos e socioeconômicos</i>  | 34            |
| 2.4.3. <i>Doenças Infecto-parasitárias</i>  | 35            |
| 2.4.4. <i>Variabilidade Climática</i>   | 36            |
| <b>3. Objetivos</b>   | <b>38</b>     |
| 3.1. <i>Objetivo Geral</i>  |               |
| 3.2. <i>Objetivos Específicos</i>   |               |
| <b>4. Material e Método</b>   | <b>39</b>     |
| <b>5. Resultados</b>  | <b>43</b>     |
| 5.1. <i>Fase I – Seleção da área de estudo</i>  | 43            |
| 5.2. <i>Fase II – Análise sazonal de biomarcadores sanguíneos</i>                               | 62            |
| <b>6. Considerações Finais</b>  | <b>88</b>     |
| <b>7. Referências Bibliográficas</b>  | <b>89</b>     |
| <b>8. Anexos</b>  | <b>116</b>    |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| <i>Referencial Teórico</i>  |               |
| <b>Figura 1.</b> Pirâmide etária da população de Porto Velho (RO) segundo sexo, censo de 2010.  | 17            |
| <b>Figura 2.</b> Localização da Reserva Extrativista do Lago do Cuniã.  | 18            |
| <b>Figura 3.</b> Localização da Comunidade de Belmont.  | 19            |
| <i>Resultados</i>   |               |
| <i>Fase I</i>   |               |
| <b>Figura 1.</b> Médias e respectivos intervalos de confiança (IC95%) das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos e do número de focos de queimadas segundo microrregiões do Estado de Rondônia, 2001 a 2010. | 49            |
| <b>Figura 2.</b> Distribuição espacial e temporal das taxas internações por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos segundo as microrregiões do estado de Rondônia, 2001 a 2010.  | 52            |
| <b>Figura 3.</b> Distribuição espacial e temporal dos focos de queimada segundo as microrregiões do estado de Rondônia, 2001 a 2010.  | 53            |
| <i>Fase II</i>  |               |
| <b>Figura 1.</b> Média dos focos de queimada e direção preferencial dos ventos em Porto Velho (RO) no período de seca em 2010.  | 62            |
| <b>Figura 2.</b> Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar no município de Porto Velho (RO), segundo períodos de seca e chuva.   | 63            |
| <b>Figura 3.</b> Focos de queimada, concentração de PM <sub>2,5</sub> e precipitação mensal no município de Porto Velho (RO)  | 64            |
| <b>Figura 4.</b> Volume de Fluxo expiratório no primeiro segundo (VEF1%Pred) de acordo com a comunidade e a exposição sazonal às queimadas.   | 72            |
| <b>Figura 5.</b> Capacidade Vital Forçada (CVF%Pred) segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas  | 73            |
| <b>Figura 6.</b> Distribuição dos valores do hematócrito segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.   | 76            |
| <b>Figura 7.</b> Distribuição dos valores de hemoglobina segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.   | 77            |
| <b>Figura 8.</b> Distribuição dos valores da Leucometria global segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.  | 78            |
| <b>Figura 9.</b> Distribuição dos valores dos eosinófilos segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.  | 79            |
| <b>Figura 10.</b> Distribuição dos valores dos linfócitos segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.  | 80            |
| <b>Figura 11.</b> Distribuição dos valores séricos de ferritina segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.  | 81            |
| <b>Figura 12.</b> Distribuição dos valores de ferro sérico segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.   | 82            |

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| <i>Referencial Teórico</i>  |               |
| <b>Quadro 1.</b> Valores de Referência para Imunoglobulina E específica.  | 25            |
| <b>Quadro 2.</b> Valores de referência para o eritrograma.  | 27            |
| <b>Quadro 3.</b> Valores de referência para o leucograma.   | 27            |
| <b>Quadro 4.</b> Fatores que influenciam na resposta humana aos poluentes atmosféricos.   | 31            |
| <i>Resultados</i>   |               |
| <i>Fase I</i>   |               |
| <b>Quadro 1.</b> Características demográficas e da rede de saúde do estado de Rondônia, segundo microrregiões.  | 47            |
| <b>Tabela 1.</b> Distribuição das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças e focos de queimada, variação percentual anual para o período de 10 anos e dos últimos 5 anos nas microrregiões de Rondônia, 2001 a 2010. | 51            |
| <i>Fase II</i>  |               |
| <b>Tabela 1.</b> Questionário e exames realizados por período e comunidade.   | 65            |
| <b>Tabela 2.</b> Características gerais de moradia e saneamento das comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho – RO, dezembro 2010.  | 66            |
| <b>Tabela 3.</b> Características socioeconômicas e demográficas dos responsáveis pelas crianças e adolescentes residentes nas comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho (RO), dezembro 2010.  | 68            |
| <b>Tabela 4.</b> Características gerais de saúde das crianças e adolescentes residentes nas comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho – RO, dezembro 2010.  | 70            |
| <b>Tabela 5.</b> Diagnóstico de Parasitose intestinal segundo comunidade e exposição sazonal as queimadas.  | 71            |
| <b>Tabela 6.</b> Biomarcadores para inflamação e alergia segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.   | 75            |



## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABHH – Associação Brasileira de Hematologia e Hemoterapia  
AMB - Associação Médica Brasileira  
ASBAI - Associação Brasileira de Alergia e Imunopatologia  
ASMOCUN – Associação de Moradores do Cuniã  
ATS - American Thoracic Society  
ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry  
CEP/ENSP – Comitê de Ética da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz  
CNES – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde  
CNPT – Centro Nacional De Desenvolvimento Sustentado Das Populações Tradicionais  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CPPT – Centro De Pesquisas De Populações Tradicionais  
CPTEC – Centro De Previsão Do Tempo E Estudos Climáticos  
CVF – capacidade vital forçada  
DATASUS – Departamento de Informática do SUS  
DR – Doenças Respiratórias  
ECA - Estatuto da Criança e do Adolescente  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPA - Environmental Protection Agency  
FIERO/RO – Federação das Industrias do Estado de Rondônia  
IBAMA – Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
IDB/Brasil - Indicadores Básicos para a saúde no Brasil

IDH – Índice de desenvolvimento humano  
IgE – Imunoglobulina E  
INCA – Instituto Nacional do Cancer  
INCRA – Instituto Nacional de Reforma Agrária  
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia  
INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change  
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
ISAAC - International Study of Asthma and Allergies in Childhood  
MIF – Merthiolate iodo-formaldeído  
MMA – Ministério Do Meio Ambiente  
NAPRA – Núcleo de Apoio à População Ribeirinha da Amazônia  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
ONGs – Organizações não governamentais  
OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde  
PCr – Proteína C- reativa  
PEA – população economicamente ativa  
PM – Material Particulado  
RESEX – Reserva Extrativista  
RO – Rondônia  
SBC - Sociedade Brasileira de Cardiologia  
SBI - Sociedade Brasileira de Imunologia  
SBPT - Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia  
SEMUSA – Secretaria Municipal de Saúde do Estado de Rondonia  
SIH – Sistema de informações hospitalares  
SISAM – Sistema de Informações Ambientais  
SUS – Sistema Único de Saúde  
US - United States Department of State  
VEF1 – volume expiratório forçado no primeiro segundo  
WHO – World Health Organization

## APRESENTAÇÃO

Em 2010 o Brasil sofreu com uma grande seca o que agravou as condições ambientais com o aumento das queimadas no arco do desmatamento. Este período foi marcado por nuvens de fumaça, o que ocasionou o fechamento de aeroportos, acidentes nas principais rodovias, assim como suspensão das aulas em creches e universidades, além de morte de animais.

No Estado de Rondônia, particularmente na capital, Porto Velho, o número de focos de queimada aumentou em quatro vezes de 2009 para 2010 (INPE, 2011), sendo que no período de seca foram registradas as mais altas concentrações de material particulado da região, com picos de até  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$ , segundo dados da estação de monitoramento do ar de Porto Velho (ARTAXO et al, 2011).

Diante da dimensão do problema e da escassez de trabalhos científicos a respeito do assunto, achou-se plausível o aprofundamento do conhecimento voltado aos impactos das queimadas na saúde humana, pensando numa perspectiva que abrangesse os indicadores clássicos de saúde e ambiente, bem como a busca de biomarcadores que pudessem auxiliar na vigilância epidemiológica, de modo a contribuir com a prevenção de efeitos à saúde.

Esta dissertação é constituída por dois estudos de caráter descritivo:

No primeiro os indicadores de saúde e ambiente mais utilizados pela comunidade científica, no que diz respeito aos impactos das queimadas na saúde humana, são discutidos através da observação do perfil espaço-temporal das internações por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos de idade e dos focos de queimada entre os anos de 2001 e 2010 para as microrregiões do estado de Rondônia, que justificam a escolha da área de estudo.

O segundo estudo, fruto de um extenso trabalho de campo em comunidades ribeirinhas de Porto Velho, discute os possíveis efeitos subclínicos em escolares residentes nessas comunidades relacionados à sazonalidade climática na região caracterizada por apresentar níveis elevados de poluentes atmosféricos provenientes das queimadas.

As discussões contidas nesse trabalho visam contribuir para um melhor entendimento dos impactos das queimadas na saúde humana, possibilitando a detecção precoce de efeitos deletérios à saúde de populações expostas.

## 1. INTRODUÇÃO

Algumas das principais medidas preventivas com relação à poluição atmosférica vêm sendo implementadas em grandes centros urbanos devido a uma série de fatores como: maior facilidade na realização das pesquisas, técnicas diferenciadas de monitoramento ambiental, disponibilidade de dados de séries temporais de saúde, maior população exposta e uma crescente percepção dos problemas de saúde relacionados à poluição atmosférica por parte da sociedade.

A poluição atmosférica em áreas urbanas e a observada na Amazônia Brasileira possui aspectos distintos no que diz respeito ao tipo de exposição, a fonte poluidora e, conseqüentemente, com relação às características físico-químicas dos poluentes. A exposição em grandes centros urbanos possui característica crônica, ou seja, a população está exposta a baixas concentrações ao longo de um período, enquanto a exposição em áreas de queima de biomassa na Amazônia possui característica de exposição aguda, com expostos a altas concentrações de poluentes num período definido no ano.

A principal fonte poluidora em grandes centros urbanos é o combustível fóssil, enquanto na Amazônia a principal fonte é a queima de biomassa no período de estiagem. O material particulado é o principal composto emitido por ambas as fontes, embora a composição química desses poluentes apresentem características diferenciadas de uma região para a outra (Lewtas, 2007).

A qualidade do ar e seus efeitos na saúde humana tem se tornado uma preocupação na Amazônia Brasileira, principalmente durante o período de seca em que as queimadas são mais frequentes, mesmo com o declínio na quantidade de focos de queimada nos últimos anos (INPE, 2010). Alguns estudos ecológicos mostram que a queima de biomassa é um dos principais fatores de risco para as internações por doenças respiratórias em crianças e idosos na região do “arco do desmatamento” da Amazônia brasileira (MASCARENHAS et al, 2008; ROSA et al, 2008a, 2008b; SILVA et al, 2009; CARMO et al, 2010; RODRIGUES et al, 2010; IGNOTTI et al, 2007; 2010a, 2010b).

Os estudos que abordam a exposição atmosférica nas populações ribeirinhas da Amazônia são poucos, provavelmente, pela difícil logística que requer um programa de monitoramento da qualidade do ar associada aos poucos recursos humanos e aos altos

custos que requer um estudo de longa duração. A maioria dessas populações sofre com as precárias condições de saneamento, a alta prevalência de doenças tropicais, e a dificuldade de acesso à saúde e educação, além de apresentar histórico de exposição ao mercúrio através do elevado consumo de peixe e do uso de agrotóxicos ao longo dos anos, o que determina uma maior vulnerabilidade às atividades antropogênicas.

Historicamente, os principais indicadores utilizados para monitoramento da saúde dizem respeito aos eventos mais graves como internações e óbitos. No entanto os efeitos visíveis da exposição à poluição do ar atinge uma parcela menor da população, ao passo que esses indicadores acabam por apresentar apenas a “ponta do iceberg”, pois os efeitos subclínicos atingem a maioria da população (WHO, 2005).

A poluição proveniente das queimadas causa malefícios à saúde humana. Assim a investigação dos impactos desses poluentes de forma pró-ativa poderá ser um caminho para avaliar efeitos subclínicos da exposição e fomentar a promoção da saúde, impedindo que o doente seja impactado ainda mais pela exposição crônica e/ou aguda.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. O MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DAS QUEIMADAS E SUAS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE HUMANA**

A queima de biomassa ocorre de forma predominante nas regiões próximas aos trópicos, que incluem: América do Sul, África, sudeste da Ásia e parte da Oceania (ANDREAE, 1991; FREITAS et al, 2005), sendo definida como a queima de qualquer matéria de origem vegetal ou animal como fonte de energia (DAWUD, 1999).

Na Amazônia brasileira as queimadas são mais predominantes ao longo do “arco do desmatamento”, cujos limites se estendem do sudeste do estado do Maranhão, ao norte do Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do estado do Acre (INPE, 2011), concentrando aproximadamente 70% das queimadas que ocorrem no Brasil durante o período de estiagem na região (IBAMA, 2010).

O fogo permeia toda a cadeia de produção na Amazônia, não só afetando a saúde, lotando os hospitais e postos de saúde, mas afetando o processo educacional, quando impede crianças e adolescentes de irem à escola, e a segurança, com acidentes em estradas e o fechamento de aeroportos, devido à fumaça (INPA, 2011).

Ao longo dos anos as queimadas e desmatamentos vêm ocorrendo em função da expansão agrícola, iniciada na década de 70 com a inauguração da rodovia transamazônica (FEARNSSIDE, 2005). Os focos de queimada foram aumentando gradativamente até 2005, onde começaram a apresentar caráter decrescente devido ao aumento das políticas de combate às queimadas e as evidências de seus efeitos para a saúde humana e dos ecossistemas (INPE, 2011). Ao mesmo tempo, uma névoa de fumaça tem sido observada todos os anos durante a temporada de queima ao longo de toda a América do Sul (FREITAS et al, 2007; LONGO et al, 2010). Alguns autores sugerem ainda, que os gases e aerossóis das queimadas podem se dispersar na atmosfera influenciando a qualidade do ar local e regional (FREITAS et al., 2000, 2005).

Os principais compostos provenientes das queimadas são: a formação de material particulado (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), aldeídos, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, componentes orgânicos voláteis (VOCs), sulfatos, material

biogênico e metais (zinco, ferro, chumbo, cobre, mercúrio e ouro) (BLAZSO et al, 2003; GRAHAM et al, 2003; EPA, 2011).

O material particulado (PM) é uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar derivadas de algum tipo de combustão (EPA, 2011), sendo o poluente atmosférico mais abundante em áreas de queimadas (LEWTAS, 2007). É classificado pelo tamanho aerodinâmico das partículas em: partícula grossa (entre 10 e 2,5  $\mu\text{m}$ ), partícula fina ( $> 2,5\mu\text{m}$ ) e partícula ultrafina ( $> 0,1 \mu\text{m}$ ). Suas propriedades físico-químicas dependem de fatores como tamanho da partícula, umidade, pluviosidade, temperatura, direção do vento, dentre outros (MOOSMULLER et al, 2007). Durante a estação seca, o  $\text{PM}_{2,5}$  é composto por Black Carbon (5 a 15%) (ARTAXO et al, 2000; 2002), sulfatos, nitratos e metais (MAENHAUT et al, 2002; ARTAXO et al, 2002; PAULIQUEVIS et al, 2007a). Na chuva o  $\text{PM}_{10}$  apresenta maiores concentrações de elementos biogênicos (PAULIQUEVIS et al, 2007b).

Na Amazônia meridional brasileira, na década de 90, as concentrações de  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$  durante a seca atingiram picos de 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  e 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$ , respectivamente (HACON et al, 1995 e ARTAXO et al, 2002). Em setembro de 2000 as concentrações de  $\text{PM}_{2,5}$  chegaram a picos de até 225  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  (CHAND et al, 2006), enquanto as secas de 2005 e 2010 alcançaram 450  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  (MASCARENHAS et al, 2008) e 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  (INPE, 2011), respectivamente. Durante o período de chuva esses limites encontraram-se entre 10 a 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  (INPE, 2011).

A Organização Mundial de Saúde (2005) recomenda que a concentração média de  $\text{PM}_{10}$ , em amostras de 24 horas, não ultrapasse o limite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor três vezes menor do que o previsto pela legislação vigente no Brasil, de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (CONAMA, 1990). Para o PM fino a legislação brasileira não tem parâmetro definido e o padrão internacional é a média de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  (WHO, 2005). Embora se tenha definido um padrão de qualidade mundial os efeitos dos poluentes podem ocorrer mesmo em níveis muito baixos, por esse motivo os efeitos subclínicos vêm sendo estudados (EPA, 2011).

Para a área urbana, os efeitos sistêmicos observados em indivíduos saudáveis, relacionados a altas concentrações de poluentes atmosféricos, têm sido a ativação de vias inflamatórias e estresse oxidativo (GHIO et al, 2000; POPE III, 2001; POPE III et al, 2004), lesão e disfunção endotelial (O'NEILL et al, 2005; RAJAGOPALAN et al, 2005), aumento da viscosidade do plasma (PEKKANEN et al, 2000; SCHWARTS et al, 2001), vasoconstrição arterial e alterações imunológicas (DIAZ-SANCHES et al, 1997;

NELL et al, 1998) e nos fatores de coagulação do sangue (VERMYLEN et al, 1995; SEATON et al, 1999; PETERS et al, 2001; DONALDSON et al, 2001a, 2001b; BROOK et al, 2002). Alterações em vários parâmetros da função pulmonar também foi observada (POPE III et al, 1991; ABBEY, 1998).

Entretanto, não foram encontrados estudos que investigam biomarcadores correlacionados à queima de biomassa. Os principais estudos internacionais com relação à queima de biomassa e seus efeitos na saúde humana remetem-se aos incêndios florestais que ocorreram na Ásia, em 1997, e relatam aumento na morbimortalidade e nos atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias (DR), asma e infecções respiratórias agudas, entre outros agravos a saúde nos residentes locais relacionados ao período de ocorrência dos incêndios, onde a concentração de  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  encontraram-se entre 5 e 20 vezes acima dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (HEIL & GOLDAMEER, 2001).

Na Austrália, Canadá e Estados Unidos constatou-se que as concentrações dos poluentes, principalmente o material particulado e o monóxido de carbono, aumentaram no período em que ocorreram incêndios, ocasionando o aumento das hospitalizações e atendimentos de emergência por problemas respiratórios no período de ocorrência dos incêndios (MOORE, 2006; CHEN, 2006; VISWANTHA, 2006; KUNZLI, 2006).

No Brasil, alguns estudos realizados na Amazônia brasileira observaram maior magnitude nos atendimentos hospitalares e ambulatoriais por doenças respiratórias no período de seca, no qual as queimadas são mais prevalentes (ROSA et al, 2009; IGNOTTI et al, 2010a, 2010b). O período das queimadas foi responsável, ainda, pela prevalência dos casos mais graves de doenças como: asma e doenças das vias aéreas inferiores (SALDANHA et al, 2005; ROSA et al, 2008b).

Os efeitos observados em estudos realizados com a poluição atmosférica urbana, proveniente da queima de combustíveis fósseis, são muito semelhantes aos encontrados nos estudos de queima de biomassa, reforçando que os efeitos adversos da poluição atmosférica na saúde humana apresentam similaridades independentemente de sua fonte de origem.

## **2.2. O CONTEXTO SÓCIO-AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO**

### **2.2.1. O Estado de Rondônia**

Localizado na região norte e com uma área de 237 590, 87 km<sup>2</sup>, Rondônia faz fronteira com a república da Bolívia (a sul e oeste), com o Amazonas (ao Norte), com o Acre (a Oeste) com e o Mato Grosso (ao leste). A população chega a um pouco mais que um milhão e meio, enquanto a densidade demográfica é de 6,6 hab./km<sup>2</sup>, o que torna o estado o 3º mais populoso da região Norte e o 23º mais populoso do país (IBGE, 2010).

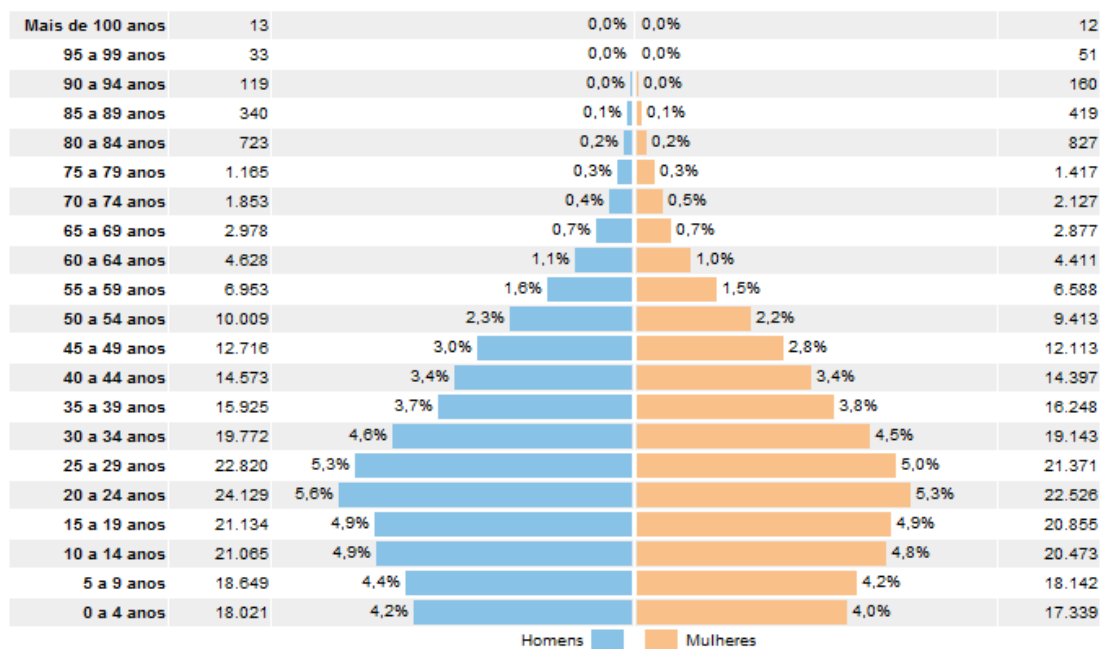
O Estado, integrante do “arco do desmatamento”, é composto por 52 municípios distribuídos em oito microrregiões: Porto Velho, Ariquemes, Guajará-Mirim, Ji-Paraná, Cacoal, Alvorada D’Oeste, Vilhena e Colorado D’Oeste. Rondônia é composto essencialmente por municípios de pequeno porte com menos de 20 mil habitantes (IBGE, 2010), com uma economia voltada para agricultura, pecuária, e extrativismo vegetal e mineral (EMBRAPA, 2009), sendo que o Produto interno Bruto (PIB) estadual é de R\$ 20,2 bilhões atualmente, representando 12,4% do PIB da região Norte e 0,62% do PIB nacional (IBGE, 2010).

Em 2011, as Doenças do Aparelho respiratório representaram a 3ª maior causa de internação no estado com 13,9% das internações por todas as causas para todas as faixas etárias. Enquanto parto e puerpério (20%) e as doenças infecto-parasitárias (14, 2%) continuam liderando o *ranking* histórico da região ([www.datasus.br](http://www.datasus.br)).

### **2.2.2. A capital: Porto Velho**

A cidade de Porto Velho, capital do estado de Rondônia, localiza-se na região norte do Brasil, às margens do rio Madeira. Possui aproximadamente 34.096,429 km<sup>2</sup> de extensão e uma população de 428 527 habitantes (IBGE, 2010). A capital possui população jovem, com 15,5% do sexo masculino e 14,8% do sexo feminino entre 20 e 34 anos de idade. A população de indivíduos entre 0 e 19 anos reduziu 10% nos últimos 10 anos e atualmente encontra-se em 14,2% para o sexo masculino e 13,9% para o sexo feminino (Figura 1).





Fonte: IBGE, 2010.

**Figura 1. Pirâmide etária da população de Porto Velho (RO) segundo sexo, censo de 2010.**

Porto Velho encontra-se em bioma amazônico e é região de grande pressão antrópica e expansão da fronteira agrícola brasileira (SALISBURY & SCHMINK, 2007). O crescimento demográfico iniciou-se a partir das instalações ferroviárias da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré, através da exploração da borracha e desenvolveu-se, posteriormente, com a descoberta de jazidas de cassiterita e ouro (FIERO/RO, 2003). A ocupação se intensificou a partir da década de 80, resultante dos projetos agrários coordenados pelo Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA) (FEARNSIDE, 2003, 2005), dando sequência a uma série de agressões ao solo e ao meio ambiente, principalmente no que diz respeito às queimadas e aos desmatamentos.

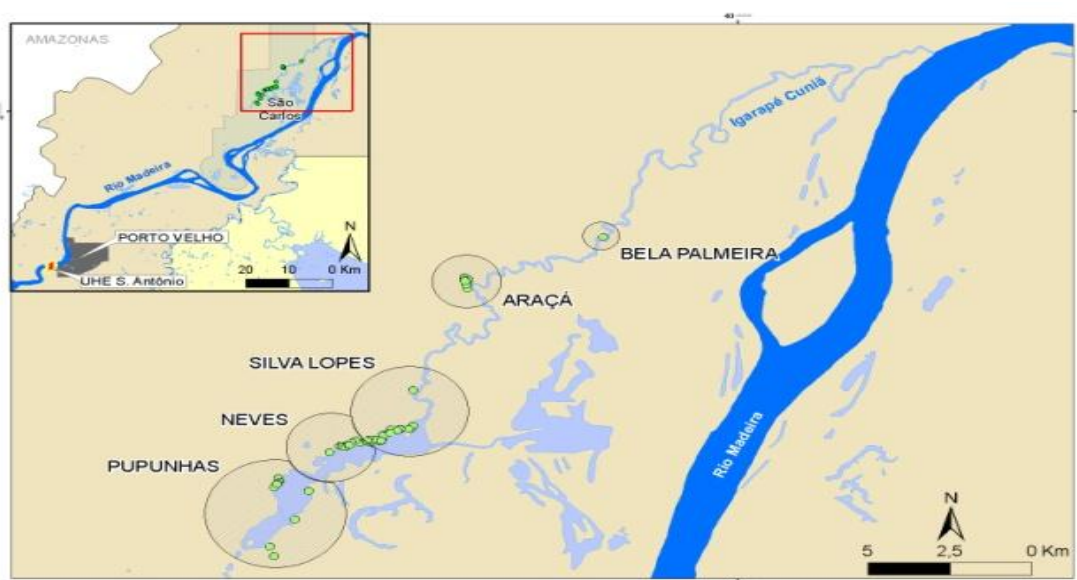
Nos últimos anos, devido aos grandes empreendimentos instalados na região, a capital (e entornos) depara-se com uma crescente expansão econômica (MMA, 2011). Porto Velho é considerada uma das cidades mais desenvolvidas da região Norte do Brasil, o PIB per capita foi de 17 260 reais em 2009, enquanto o índice de desenvolvimento humano (IDH) é considerado mediano (0,763) (IBGE, 2010). No entanto, a rede de esgoto geral ainda é baseada na lógica de fossas sépticas (75%), metade da população não é coberta pela rede de abastecimento de água e 25% da

população ainda não possui coleta de lixo em seus domicílios (IBGE, 2010), a segunda maior causa de morbidade são as doenças infecto-parasitárias e a primeira causa de morte: a violência (considerando todas as idades); numa cidade em que a taxa de crescimento populacional vem sendo estimada em 8% ao ano a partir de 2008 (SEMUSA, 2011).

### 2.2.3. As comunidades Ribeirinhas: Cuniã e Belmont

Com uma expressiva concentração de populações às margens dos rios e em decorrência da importância destes como vias de transporte e comunicação, o rio Madeira (principal braço direito do rio Amazonas) foi e é fundamental para a vida da cidade. Banha Porto Velho e já foi grande produtor de ouro, abrigando anualmente 30 mil garimpeiros (INPA, 2011).

A reserva extrativista (Resex) Cuniã (figura 2), localizada à margem esquerda do baixo rio Madeira na zona rural de Porto Velho, possui uma área de aproximadamente 55.850,00 hectares (IBAMA, 2011). A população residente é composta por cerca de 110 famílias distribuídas em quatro núcleos conhecidos como Neves, Araçá, Pupunhas e Silva Lopes (NAPRA, 2011). O acesso acontece basicamente por via fluvial e gera uma espécie de semi-isolamento da população, que se agrava ainda mais no período de seca, principalmente com relação à assistência médica (CPPT, 2011).

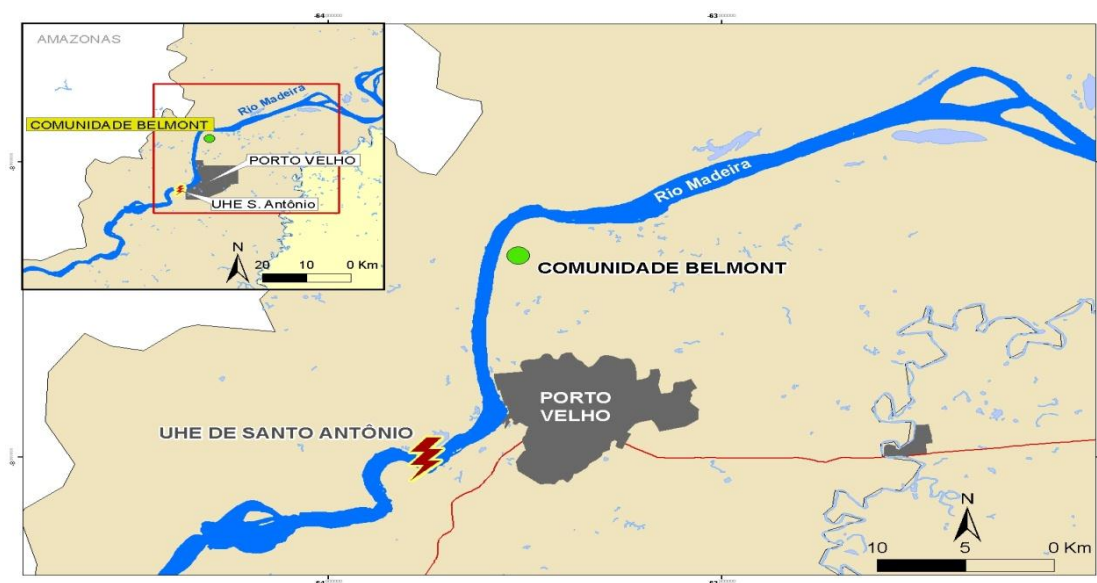


**Figura 2. Localização da Reserva Extrativista do Lago do Cuniã.**

A Associação de Moradores do Cuniã (ASMOCUN) é uma das mais bem organizadas da região. Em virtude disso, os moradores estão inseridos em vários projetos comunitários como: a extração da polpa do açaí e cupuaçu; e uma cooperativa que comercializa a carne dos jacarés (em excesso na região), além de sempre receber pesquisadores das mais diversas áreas (ICMBIO/MMA, 2011).

Cuniã encontra-se a aproximadamente 190 km de distância da capital, Porto Velho. A comunidade não possui carros, o que pressupõe pouca ou nenhuma influência de poluentes atmosféricos tipicamente urbanos provenientes da queima de combustíveis fósseis, no entanto está incluída entre as muitas comunidades ribeirinhas que sofrem com a exposição a queima de biomassa todos os anos na Amazônia.

A comunidade ribeirinha de Belmont (figura 3) localiza-se próxima ao porto fluvial de Porto Velho, à margem direita do baixo rio Madeira, distribuindo-se, majoritariamente, no entorno da “estrada do Belmont” que possui cerca de 20 km de extensão. A comunidade, embora com características rurais, sofre grande influência urbana devido a grande proximidade do centro de Porto Velho (cerca de 15 km), principalmente no que diz respeito aos poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis, além da exposição sazonal às queimadas que ocorre todos os anos.



**Figura 3. Localização da comunidade de Belmont.**

Composta por cerca de 100 famílias, Belmont possui uma associação de moradores e duas ONGs (Organizações Não Governamentais) religiosas que oferecem educação e atendimento de saúde à população, no entanto para obter assistência médica as pessoas precisam deslocar-se até Porto Velho. O transporte público e a coleta de lixo limitam-se apenas ao início da estrada e o acesso à comunidade fica comprometido no período de chuvas devido ao alagamento de alguns trechos da estrada, impedindo, inclusive, as crianças de irem à escola (NAPRA, 2011).

As principais fontes de recursos dessas populações são a pesca e a produção de farinha de mandioca complementada pela coleta de alguns dos produtos ofertados pela floresta, como a castanha-do-brasil, o açaí, o cupuaçu e o piquiá (CNPT/IBAMA, 2011). Por esse motivo o seguro-defeso que pescadores recebem na época da cheia e o recebimento do “bolsa família” também é importante fonte de renda (CPPT, 2011).

As crianças das comunidades enfrentam dificuldades com relação ao acesso e a qualidade da educação. As escolas, geralmente multi-seriadas, contam com um número de professores muito abaixo do necessário para atender a todos os estudantes, além da grande quantidade de evasão escolar devido à distância e à necessidade de trabalhar dos adolescentes (IBAMA, 2011).

Essas comunidades encontram-se em áreas rurais isoladas e desde a década de 70 até os dias atuais sofrem influência direta dos poluentes provenientes das queimadas na região no período de seca. Embora a comunidade de Belmont apresente influência de poluentes urbanos, ambas as comunidades são muito similares no que diz respeito aos hábitos e condições de vida, o que permite compará-las para avaliar os efeitos sazonais das queimadas na saúde com e sem a influência de poluentes urbanos.

#### **2.2.4. Sazonalidade Climática e Exposição às queimadas**

De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Rondônia é do tipo tropical chuvoso: quente e úmido, com temperatura e umidade altas o ano todo (INMET, 2011). A variação sazonal climática é característica da região amazônica, sendo limitada em duas estações definidas: seca (verão amazônico) e chuva (inverno amazônico). Os meses entre junho e novembro constituem a seca, enquanto os meses de dezembro a maio constituem o período de chuva.

O regime pluviométrico no período de chuva apresenta precipitações superiores a 220 mm, enquanto no período de seca as precipitações são inferiores a 55 mm. O mês de julho vem sendo constatado como o mais seco e o mês de janeiro como o mais chuvoso durante o ano (INMET, 2011). A umidade relativa do ar é, em média, 88% anualmente. A temperatura média anual é de 25,5 °C, variando entre 31,5 °C e 20,7 °C (CPTEC/INPE, 2011).

Historicamente, as queimadas ocorrem anualmente no período de seca em todo o bioma Amazônico (INPE, 2011). As causas são atribuídas, principalmente, a ações antropogênicas como: limpeza de pastos, preparo de plantios, desmatamentos, colheita manual de cana-de-açúcar, vandalismo, disputas fundiárias, protestos sociais, entre outros (FEARNSIDE, 2003). Registrando-se, através de satélites, em torno de 300 mil focos de queimada anualmente na Amazônia legal (INPE, 2011), além de nuvens de fumaça que cobrem a bacia Amazônica e da América do sul (LONGO et al, 2010).

A exposição às partículas emitidas pelas queimadas apresenta característica aguda, cuja duração depende da extensão do período de seca, além de caráter crônico visto que esse fenômeno se repete todos os anos desde a década de 70. As emissões de poluentes gerados pelas queimadas são responsáveis pelas elevadas concentrações de material particulado fino e grosso registradas nesse período com picos de até 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  e 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$  ao longo dos anos (ARTAXO et al, 2002; CHAND et al, 2006; MASCARENHAS et al, 2008; INPE, 2011).

### 2.3. PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS INDIRETOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A literatura científica apresenta atualmente diversos mecanismos toxicológicos pelos quais o PM pode causar prejuízos à saúde (SHREY et al, 2011; NELIN et al, 2012), citando principalmente prejuízos nos sistemas respiratórios e cardiovasculares, desencadeados por respostas inflamatórias, imunológicas e de genotoxicidade. No entanto, a inflamação é considerada fundamental para a maioria dos efeitos adversos.

A hipótese mais discutida com relação aos possíveis mecanismos de ação pelos quais o PM afetaria o organismo humano diz respeito aos efeitos indiretos da poluição atmosférica que utiliza o pulmão como porta de entrada, assim a inalação de partículas iniciaria estresse oxidativo e/ou processos alérgicos e/ou inflamatórios nos indivíduos (SEATON et al., 1995).

Quanto menor for o tamanho aerodinâmico do material particulado, maiores serão os efeitos nocivos à saúde humana. As partículas finas e ultrafinas, particularmente, podem atingir as porções mais inferiores do trato respiratório, prejudicando as trocas gasosas (ANDREAE et al, 2001) e desencadeamento de processos alérgicos e inflamatórios no organismo humano (GHIO et al, 2000; POPE III, 2001; POPE III et al, 2004).

Diversos autores encontraram efeitos agudos da poluição do ar sobre as concentrações circulantes de marcadores de inflamação sistêmica como proteína C-reativa (PCR), interleucina (IL6 e IL8), fibrinogênio, protrombina (PT) (BACCARELLI et al, 2007; CHUANG, et al, 2007; STEINVIL et al., 2008; RUDEZ et al, 2009; THOMPSON et al., 2010; FORBES et al, 2009). Além de um aumento na contagem de neutrófilos e monócitos (TAN et al, 2000; ).

Alguns estudos sobre os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana observam redução na função pulmonar, mensurada pela espirometria, associada a altas concentrações dos poluentes atmosféricos *indoor* e *outdoor* (KOENIG et al., 2005; MOSHAMMER et al., 2006). Outros parâmetros como a indução da produção de imunoglobulinas do tipo E (IgE) (DIAZ-SANCHEZ et al, 1997), ativação de macrófagos (NELL et al, 1998) e aumento da adesão de eosinófilos às células epiteliais (TERADA et al, 1997) também tem sido relacionado à poluição atmosférica.

No sistema respiratório, especificamente, os efeitos determinantes envolvem resposta inflamatória com aumento sérico de proteína C-reativa e citocinas (NEMMAR et al, 1999, 2003; BROOK et al, 2003) e o aumento da reatividade das vias aéreas através das imunoglobulinas (ZANOBETTI et al, 2000), que culminam na exacerbação de doenças das vias aéreas ou diminuição da função pulmonar.

Embora o trato respiratório seja descrito como porta de entrada para as partículas de poluição os efeitos clínicos ou subclínicos podem ser observados em outros sistemas, sem produzir uma resposta pulmonar observável, em alguns casos (WHO, 2005).

Os efeitos indiretos são menos agudos e vão depender da capacidade de transporte e deposição das partículas no organismo (MOOSMULLER et al, 2007). Algumas podem levar entre 24 e 48 horas de atividade mucociliar na árvore traqueobrônquica para serem removidas (ASGHARIAN et al, 2001) e semanas ou meses para ser removido dos alvéolos (FALK et al, 1997).

### **2.3.1 Espirometria**

A espirometria tem sido usada como principal forma de mensurar a capacidade pulmonar em indivíduos expostos a poluentes atmosféricos, permitindo o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios (OPAS, 2011).

Esse tipo de teste mensura o volume de ar inspirado e expirado e os fluxos respiratórios, com manobras lentas ou forçadas, através da curva de fluxo-volume (ATS, 1991).

A curva de fluxo-volume representa a manobra completa da respiração, permitindo a avaliação do tempo de expiração (PEREIRA, 2002). Através dela é possível observar se a técnica realizada foi adequada (SILVA LCC et al, 2005).

As principais medidas da espirometria são a capacidade vital forçada (CVF) e o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1):

A CVF gera todas as outras curvas reprodutíveis na manobra da espirometria e corresponde ao volume total de ar que o indivíduo pode expirar com a força de seus pulmões, após a respiração profunda (ATS, 1991).

O VEF1 é a quantidade de ar eliminada no primeiro segundo da manobra expiratória forçada. É altamente dependente da CVF, sendo a medida de função pulmonar mais útil clinicamente porque é mais esforço-dependente (SBPT, 2011).

O sexo, a estatura, o peso e a idade podem interferir diretamente na função pulmonar, e conseqüentemente, nos resultados obtidos na espirometria. Assim, essas variáveis devem ser atualizadas a cada exame realizado (BARRETO, 2002; PELLEGRINO et al, 2005).

Para a avaliação do teste de função pulmonar são utilizados os valores preditivos da CVF e do VEF1 (CVF%pred e VEF1%pred) que é a relação entre a melhor manobra realizada pelo indivíduo e os valores teóricos da espirometria (PELLEGRINO et al, 2005). Os valores de referência utilizados para as crianças e adolescentes referem-se ao nível percentual de 80%, com relação aos valores previstos para altura e sexo, como limite inferior da normalidade para os parâmetros de CVF e VEF1(RODRIGUES JC et al, 2002).

A American Thoracic Society (2011) recomenda a espirometria como um teste de triagem, sendo utilizada na detecção de distúrbios precoces em indivíduos aparentemente saudáveis.

Os distúrbios respiratórios crônicos têm sido os mais associados a alterações detectáveis na função pulmonar (ATS, 2011). No entanto, estudos internacionais recentes tem associado a exposição ao PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> à déficits significativos na CVF e na VEF1 em coortes de crianças saudáveis (GAUDERMAN et al, 2000; 2004; DELFINO et al, 2004; LIU et al, 2009; LINARES et al, 2010). Na Amazônia brasileira também foi verificado decréscimo nesses parâmetros em escolares de 6 a 15 anos residentes no Mato Grosso, no período de seca devido à influencia dos poluentes provenientes da queima de biomassa (JACOBSON et al, 2010).

### **2.3.2. Proteína C- reativa (PCr)**

A PCr é uma proteína produzida em resposta às citocinas<sup>1</sup> e surge no soro sanguíneo durante a evolução dos processos inflamatórios, especialmente de caráter agudo (YEH et al, 2001). Embora seja um exame não específico para a relação de efeito

---

<sup>1</sup> Citocina: termo genérico para as moléculas que mediam e regulam as respostas inflamatórias e imunitárias (GYUTON & HALL, 2006).



e exposição atmosférica, representa marcador padrão-ouro, extremamente sensível para inflamação (ESS & SZUCS, 2001; HAIDARI et al, 2001).

Através da concentração sérica de PCr é possível detectar até mesmo condições inflamatórias em níveis muito baixos (PATEL et al, 2001). O valor de referência mais utilizado é tido como menor que 6mg/dl (SBC, 2011), aumentando no soro na presença de inflamação após 5 a 24 horas (RICÓS et al, 1996), com uma meia-vida de no máximo 19 horas (KOENIG et al, 1999).

Esse exame tem sido aplicado, principalmente, para predição de doença cardiovascular (RIEDIKER et al, 2007), no entanto muitos estudos tem utilizado a PCr como marcador de inflamação em estudos de poluição do ar (RUDEZ et al, 2009; FANG et al, 2009).

O efeito agudo da poluição do ar tem sido documentado, majoritariamente, em adultos e idosos com doenças cardiovasculares (POPE III et al, 2004; RUCKERL et al, 2006). Entretanto, alguns estudos encontraram associação entre concentrações médias de PM entre 26 e 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  e o aumento de PCr em crianças saudáveis entre 6 e 16 anos residentes em algumas cidades do Japão (SHIMA et al, 2007) e do México (CALDERÓN-GARCIDUEÑAS et al, 2007; 2009). No Brasil não foram encontrados estudos que relacionem a PCr e poluição atmosférica.

### **2.3.3. Imunoglobulina Específica (IgE)**

As imunoglobulinas ou anticorpos são um grupo de glicoproteínas presentes no soro e nos líquidos orgânicos. São produzidas pelos linfócitos B após o contato com um antígeno (GUYTON & HALL, 2006).

As IgE estão intimamente relacionadas ao desencadeamento de alergias no corpo humano (ASBAI, 2011), são encontradas na superfície dos basófilos e mastócitos e compostas por diversos receptores que se alteram na presença de antígenos desencadeando a liberação de mediadores inflamatórios (basicamente histamina e citocinas) (WOOF et al, 2004).

A meia vida da IgE é de 1 a 5 dias (ASBAI, 2011), contudo, sua produção com relação a um determinado antígeno depende do grau e frequência da exposição (KEMENY, 2000). A exposição contínua a poluentes, por sua vez, pode promover a síntese constante de IgE (KAWA, 2012).

A World Health Organization (2011) determina o valor menor que 0.35 ku/l como referência para indivíduos tidos como não reagentes, classificando os reagentes em 6 classes (quadro 1). De uma forma geral, quanto mais alta a classe, maior a probabilidade de o alérgeno causar reações alérgicas sintomáticas (SBI, 2011).

**Quadro 1. Valores de Referência para Imunoglobulina E específica.**

| <b>Classe</b> | <b>Valor de referência</b> | <b>Classificação 1</b> | <b>Classificação 2</b> |
|---------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| Classe 0      | menor que 0,35 ku/l        | Negativo               | Não reagente           |
| Classe 1      | 0,35 a 0,70 ku/l           | Baixo                  | Reagente               |
| Classe 2      | 0,70 a 3,50 ku/l           | Moderado               | Reagente               |
| Classe 3      | 3,50 a 17,50 ku/l          | Alto                   | Reagente               |
| Classe 4      | 17,50 a 50,00 ku/l         | Muito alto             | Reagente               |
| Classe 5      | 50,00 a 100 ku/l           | Muito alto             | Reagente               |
| Classe 6      | maior que 100 ku/l         | Muito alto             | Reagente               |

Fonte: WHO, 2011 (adaptado).

A IgE múltipla para inalantes se altera, principalmente, na presença de partículas em suspensão no ar relacionadas à poeira doméstica o que inclui ácaros, fragmentos de barata e pêlos de animais, bactérias, fungos e pólenes de plantas (PIER et al, 2004). Tem sido usada no diagnóstico e controle de alergias respiratórias (SBI, 2011). No entanto indivíduos saudáveis, não alérgicos, podem apresentar resultados de IgE específico positivo (ASBAI, 2011).

A exposição ao PM estimula uma maior produção de IgE no organismo, principalmente associado ao material biogênico do qual ele é composto (WHO, 2005). Estudos com ratos e adultos jovens (entre 23 e 48 anos) tem demonstrado aumento nos níveis séricos de IgE após estimulação intranasal com extrato de hidrocarbonetos provenientes de poluição por combustíveis fósseis (DIAZ-SANCHEZ et al, 1994; 1997). O material particulado também foi apontado como indutor de respostas alérgicas sazonais mediadas por IgE em estudos experimentais com ratos realizados em algumas cidades da Europa (STEERENBERG et al, 2003, 2004). Na Alemanha após exposição a

concentrações médias de  $PM_{2,5}$   $19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  foram observados aumento de IgE em lavados pulmonares de ratos (GAVETT et al, 2003). No Brasil não foram encontrados estudos que relacionem as imunoglobulinas e poluição do ar.

#### **2.3.4. Hemograma**

Embora inespecífico, o hemograma, é um dos exames de sangue mais solicitados na prática médica, principalmente pelo baixo custo, pela grande disponibilidade nas instituições de saúde e por permitir a avaliação do estado de saúde global do indivíduo (AMB, 2011).

O exame tem a função de avaliar quanti-qualitativamente os componentes celulares do sangue através da análise do eritrograma (série vermelha), do leucograma (série branca) e da plaquetometria.

O eritrograma apresenta o número absoluto e a proporção de hemácias (hematócrito - Ht) e as proporções de hemoglobina (Hb) no sangue total, além dos índices eritrocitários: Volume Corpuscular Médio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) e Concentração de hemoglobina (CHCM).

O VCM fornece informações a respeito do tamanho da hemácia, enquanto a HCM corresponde à média de hemoglobina por eritrócito. A CHCM avalia o grau de saturação de hemoglobina em cada hemácia (HOFFMAN, 2001).

As hemácias têm como principal função o transporte de hemoglobina, uma molécula carreadora de ferro responsável pelo transporte de oxigênio pelo sangue (TRIGG, 2004). A meia-vida de uma hemácia é de 120 dias. Após sua autodestruição ocorre a liberação de hemoglobina que é fagocitada de forma que o ferro de sua composição seja devolvido ao sangue, numa espécie de reciclagem (GUYTON & HALL, 2006).

Esses dados ajudam no diagnóstico dos vários tipos de anemia e carências nutricionais existentes (BARON et al, 2006) e seus valores de referência são apresentados no quadro 2:

**Quadro 2. Valores de referência para o eritrograma.**

|                                     | 5 a 11 anos | 12 a 14 anos | Acima de 15 anos |           |
|-------------------------------------|-------------|--------------|------------------|-----------|
|                                     |             |              | Masculino        | Feminino  |
| Hematócrito (%)                     | > 34        | > 36         | > 39             | > 36      |
| Hemoglobina (g%)                    | > 11.5      | > 12         | > 13             | > 12      |
| Hemácias (milhões/mm <sup>3</sup> ) | 3.8 – 5.5   | 3.8 – 5.5    | 4.6 – 6.2        | 4.2 – 5.4 |
| VCM (fI)                            | 77 – 91     | 77 – 95      | 77 – 95          | 77 – 95   |
| HCM (pg)                            | 25 – 33     | 25 – 33      | 25 – 33          | 25 – 33   |
| CHCM (%)                            | 31 – 36     | 31 – 36      | 31 – 36          | 31 – 36   |

Fonte: WHO, 2011 (adaptado).

A leucometria global e diferencial (basófilos, eosinófilos, linfócitos e monócitos) ajudam a avaliar a capacidade do organismo de combater infecções, detectar reações alérgicas (SBI, 2011), infestação parasitária, além da avaliação do status nutricional (BARON et al, 2006).

Os leucócitos, também chamados de glóbulos brancos, são as unidades móveis do sistema imunitário do organismo, sua meia-vida é de 4 a 8 horas circulando pelo sangue e de 4 a cinco dias nos tecidos onde são necessários (GUYTON & HALL, 2006).

O aumento de eosinófilos ocorre em pessoas alérgicas, asmáticas ou em casos de infecção intestinal por parasitas. Ao passo que, a elevação dos basófilos, normalmente, ocorre em processos alérgicos e estados de inflamação crônica (PARK & BARBUL, 2004; ASBAI, 2011).

Os valores de referência para a o leucograma de acordo com a OMS são apresentados no quadro 3.

**Quadro 3. Valores de referência para o leucograma.**

|                                       | 5 a 11 anos  | 12 a 18 anos |              |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                       |              | Masculino    | Feminino     |
| Leucometria Global (mm <sup>3</sup> ) | 4000 – 10000 | 4000 – 10000 | 4000 – 10000 |
| Basófilos (%)                         | 0 – 2        | 0 – 2        | 0 – 2        |
| Eosinófilos (%)                       | 1 – 3        | 1 – 5        | 1 – 5        |
| Linfócitos (%)                        | 22 – 40      | 22 – 40      | 22 – 40      |

Fonte: WHO, 2011 (adaptado).

A relação entre poluição atmosférica e alteração nos parâmetros hematológicos apresenta-se controversa na literatura científica. O aumento na contagem de leucócitos vem sendo sugerido (RIEDIKER et al, 2007; CHEN et al, 2008; POURSAFA et al, 2011), no entanto alguns estudos não confirmam essa associação (STEINVIL et al, 2008; FORBES et al, 2009). Ao mesmo tempo o aumento nos parâmetros de hemoglobina e hematócrito também vêm sendo apontado por alguns estudos (SORESEN et al, 2003; NEUFELD et al, 2004), mas não confirmado em outros (GOLDBERG et al, 2000; POURSAFA et al, 2011).

A utilidade do hemograma para avaliação da condição de saúde vem sendo amplamente recomendada (AMB, 2011; ABHH, 2011; WHO, 2011), assim esses parâmetros foram inseridos no estudo para observar o estado de saúde global dos indivíduos, além de realizar um *screening* desses parâmetros em relação à sazonalidade climática da região, que apresenta altos níveis de poluição do ar proveniente da queimadas no período de seca.

### **2.3.5. Ferro Sérico e Ferritina**

O Ferro é um micronutriente envolvido na formação de elementos e reações metabólicas essenciais ao corpo humano. Esse elemento é fundamental na composição de moléculas como hemoglobina, mioglobina, citocromos, proteínas e enzimas (ANDREWS, 1999; TRIGG, 2004).

A absorção do ferro ocorre no intestino delgado e pode ser influenciada pelo estado nutricional, tipo de dieta, captação nos tecidos e utilização intracelular de ferro (COOK et al, 1992; YIP et al, 1997).

A destruição de glóbulos vermelhos é responsável pela maior parte do ciclo de ferro no organismo, entretanto apenas 70% das necessidades de ferro nas crianças são supridas pela hemoglobina reciclada, enquanto o restante deve ser provido pela dieta (ZLOTKIN, 2003).

A quantidade total de ferro no organismo é em média de 4 a 5 gramas, sendo que cerca de 65% encontra-se em forma de hemoglobina e de 15 a 30% encontram-se na

forma de depósito. Esse depósito é feito na medula óssea e no fígado como ferritina (70-80%) ou hemossiderina (GUYTON & HALL, 2006).

A concentração sérica de ferro diz respeito à quantidade de ferro circulante no organismo. Cerca de dois terços do ferro corporal total, em indivíduos normais, é utilizado para a produção de hemoglobina e 14% de ferro são utilizados para outras funções fisiológicas vitais (ANDREWS et al, 2005; SRAI et al, 2002).

O nível sérico de ferritina é um teste bioquímico específico cuja concentração no sangue reflete diretamente o nível de ferro estocado no organismo, sendo um dos parâmetros mais importantes na detecção do excesso de ferro e avaliação do estado férrico do indivíduo (MARKS et al, 2006; HOFFMAN et al, 2001).

Os valores normais para a ferritina sérica, de acordo com a WHO (2011), devem ser superiores a 15 µg/L em maiores de cinco anos de idade. Para o ferro devem ser superiores a 50 mcg/dl em indivíduos de 6 a 16 anos.

Alguns estudos apontam ainda que a hemostase do ferro pode ser alterada através da exposição ao material particulado, à fumaça de cigarro, à sílica e ao ozônio induzindo estresse oxidativo e processos inflamatórios no trato respiratório inferior (MATEOS et al, 1998; GHIO et al, 2006). Maiores níveis séricos de ferro foram observados, ainda, em pacientes com alguma lesão pulmonar (GHIO et al, 2007; 2008) e na presença de algum processo inflamatório agudo no organismo (QUINLAN et al, 2002; LAGAN et al, 2008).

Os níveis séricos de ferro e ferritina auxiliam na avaliação da hemostase do ferro no organismo (MARKS et al, 2006). Dessa forma, foram inseridos no estudo diante da conhecida exposição sazonal as queimadas que geram altas concentrações de poluentes atmosféricos no período de seca na região.

## **2.4. DETERMINANTES DE VULNERABILIDADE PARA POLUIÇÃO DO AR**

O termo vulnerabilidade pode ser entendido, de acordo com o dicionário de epidemiologia (PORTA, 2008), como fatores intrínsecos (idade, sexo, doença pré-existente, etc) e extrínsecos (fatores socioeconômicos) ao indivíduo que resultam em aumento do risco em pessoas expostas à poluição atmosférica.

Muitas populações têm sido consideradas em risco para os efeitos adversos da exposição aos poluentes do ar devido a características individuais e ambientais que determinam sua maior vulnerabilidade, como pode ser observado no resumo dos diversos fatores que influenciam na resposta humana aos poluentes atmosféricos apresentado no quadro 4.

A idade tem sido identificada como fator de risco para os efeitos induzidos pela exposição à poluição atmosférica. As crianças apresentam-se mais vulneráveis, principalmente, devido à imaturidade do sistema respiratório e imunológico que inclui a velocidade de crescimento, maior área de perda de calor por unidade de peso e metabolismo e consumo de oxigênio aumentados, baixa capacidade dos mecanismos físicos de defesa, como tosse, espirro e movimento ciliar (BATESON & SCHWARTZ, 2008; SACKS et al, 2011), permitindo o acesso e a progressão de microorganismos patogênicos devido o aumento da permeabilidade das vias aéreas causado pela exposição aos poluentes atmosféricos (EPA, 2003).

A existência de co-morbidades como doenças respiratórias crônicas, doenças cardíacas, diabetes, hipertensão entre outras tem sido relacionadas ao aumento do risco dos efeitos relativos à poluição atmosférica (ATSDR, 2010). Assim como o déficit no estado nutricional que aumenta a probabilidade de doenças (KUMAR et al, 2006).

A anemia generalizada na infância pode prejudicar o desempenho cognitivo comportamental, o desenvolvimento da coordenação motora e da linguagem, o desempenho escolar, as funções gastrointestinais, padrões de produção de hormônios tireoidianos, bem como alterações no metabolismo (SESHADRI, 1997; STOLTZFUS et al, 2001; WHO, 2004). Além de aumentar a suscetibilidade às infecções respiratórias agudas (EZZATI & KAMMEN, 2001; MISHRA et al, 2003) devido à ação da deficiência de ferro no sistema imunitário (KUMAR et al, 2006).

**Quadro 4. Fatores que influenciam na resposta humana aos poluentes atmosféricos.**

| <i>Fatores Intrínsecos</i>   |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idade</li> <li>• Doenças pré-existentes (alergia, asma, bronquite, infecções respiratórias, doenças infecto-parasitárias, malária, etc).</li> <li>• Deficit no estado nutricional (desnutrição, deficiência de ferro, anemia, etc).</li> <li>• Fatores genéticos / hereditariedade</li> </ul> |   |
| <i>Fatores extrínsecos</i>   |   |
| <b>Poluente</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grau de exposição (concentração)</li> <li>• Duração da exposição</li> <li>• Porta de entrada</li> <li>• Deposição</li> <li>• Composição</li> </ul>                                 |
| <b>Co-exposição</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Outros poluentes</li> <li>• Alérgenos</li> <li>• Condições Meteorológicas / variabilidade climática</li> <li>• Atividade física</li> <li>• Tabagismo (ativo ou passivo)</li> </ul> |
| <b>Socioeconômicos</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acesso aos serviços de saúde</li> <li>• Condições de saneamento e moradia</li> <li>• Baixa renda</li> <li>• Baixa escolaridade</li> </ul>  |

FONTE: WHO, 2006 (adaptado).



As respostas adversas vão depender do tipo, quantidade, porta de entrada, capacidade de transporte e deposição do composto no organismo (MOOSMULLER et al, 2007), além da predisposição genética, da integridade orgânica funcional e da competência do sistema imune do indivíduo (SBI, 2010). Ao passo que, quanto maior a exposição maior será o risco (EPA, 2011).

A co-exposição a fatores ambientais, que incluem as condições meteorológicas locais, os poluentes atmosféricos (*indoor* e *outdoor*), presença de alérgenos e tabagismo (passivo ou ativo) atuam de forma direta e indireta na saúde da população, aumentando sua vulnerabilidade e gravidade das doenças, principalmente adicionados a situações-problema já existentes (OPAS, 2011). A variabilidade climática influencia de forma importante na distribuição da poluição através da dispersão pelo vento, mudanças na umidade e temperatura (FREITAS et al, 2007).

Da mesma forma, os indicadores socio-econômicos são relatados como modificadores dos resultados de saúde relacionados à exposição ao material particulado, sendo associados ao acesso limitado aos serviços de saúde, condições precárias de saneamento, a maior prevalência de doenças pré-existentes (BENOIST et al, 2008; SACKS, 2011).

O conhecimento dos determinantes de vulnerabilidade social e ambiental de populações expostas a substâncias ou situações perigosas mostra-se relevante no controle dos possíveis confundimentos e interações inerentes às respostas em função da poluição atmosférica que podem gerar resultados equivocados no que diz respeito à relação causa-efeito e ao processo de saúde-doença, ao mesmo tempo em que tem fundamental importância na orientação de ações preventivas eficazes, principalmente, no conhecido contexto das populações ribeirinhas amazônicas de baixa renda, sem saneamento básico, precária assistência à saúde e com altos índices de doenças infecto-parasitárias e nutricionais (INPA, 2011).

#### **2.4.1. Os efeitos da poluição na saúde das crianças e adolescentes**

A relevância em avaliarem-se os efeitos da poluição na saúde em crianças e adolescentes se justifica porque a infância e adolescência são os períodos mais

vulneráveis da vida, em que o aparelho respiratório ainda imaturo, pode ser agredido por maiores concentrações de contaminantes (BATESON & SCHWARTZ, 2008).

Durante a infância e adolescência os pulmões passam por diferenciações morfológicas gradativas e significativas nos bronquíolos, no epitélio pulmonar e na população de células imunes (GUYTON & HALL, 2006). O período necessário para o crescimento e amadurecimento do pulmão sugere um período crítico onde a lesão causada pela exposição de poluentes atmosféricos pode ter efeitos adversos persistentes sobre a saúde respiratória (BATESON & SCHWARTZ, 2008).

O padrão de respiração da criança, oral-nasal, pressupõe menor contribuição da respiração nasal, principalmente durante o exercício, e menor eficácia da filtração de partículas pelas vias aéreas (DJUPESLAND & PEDERSEN, 2000), o que pode alterar a deposição dos poluentes inalados aumentando a dose tóxica que chega aos pulmões (BENNETT et al, 2003) fazendo com que a composição do poluente ao nível alveolar seja diferente (NIKASINOVIC et al, 2003). As crianças apresentam, ainda, maior área de superfície pulmonar por unidade de peso corporal o que aumenta a dose de poluente inalada (ARCUS-ARTH & BLAISDELL, 2007).

As crianças e adolescentes são mais expostas aos poluentes atmosféricos porque passam mais tempo fora de casa, principalmente na parte da tarde e no verão, onde as concentrações de poluentes atmosféricos são mais elevadas (EKELUND et al, 2004; SIGMUND et al, 2007). Por serem mais ativas fisicamente que os adultos e possuírem maior taxa de ventilação basal a exposição dos pulmões aos poluentes atmosféricos aumentam ainda mais (GINSBERG et al, 2005). Ao passo que as maiores taxas de ventilação e respiração bucal, características da idade, podem fazer com que os poluentes alcancem porções mais profundas nos pulmões infantis, tornando a depuração mais lenta e difícil (EPA, 2003).

A exposição aos poluentes do ar aumentam a permeabilidade do epitélio pulmonar permitindo a translocação das partículas inaladas até áreas intersticiais ou sistêmicas (BROECKAERT et al, 2000) causando respostas inflamatórias (SALVI et al, 1999; SHIMA et al, 2007; CALDERÓN-GARCIDUEÑAS et al, 2009). O epitélio pulmonar danificado ou inflamado pode inibir a depuração mucociliar, aumentando a duração da exposição a partículas de poluição (EPA, 2003), o que deixa o organismo mais vulnerável a agressões e menos capaz de reparar-se totalmente devido a imaturidade do sistema imunológico, cujo desenvolvimento inicia-se a partir do

segundo trimestre de desenvolvimento fetal e tem sua maturação completa na adolescência (GUYTON & HALL, 2006).

As consequências da exposição precoce aos poluentes do ar nas crianças incluem função pulmonar diminuída (GAUDERMAN et al, 2000; AVOL et al, 2001; JACOBSON et al, 2010), aumento de infecções respiratórias agudas, bronquite (HEINRICH et al, 2000; ROSA et al, 2008a, 2008b), exacerbações de asma e alergia (KRAMER et al, 2000; OSTRO et al, 2001), além de mortalidade (SALDIVA et al, 1994; LOOMIS et al, 1999; HA et al, 2003)..

Alguns estudos observaram ainda que a exposição materna aos poluentes do ar durante a gravidez, controlando-se diversos confundimentos, está associada a efeitos pré-natais, que incluem perda fetal precoce (PEREIRA et al, 1998), parto prematuro (WILHEM et al, 2004; SAGIV et al, 2005) e baixo peso ao nascer (BOBAK et al, 2001; PARKER et al, 2005).

#### **2.4.2. Fatores socioeconômicos e demográficos**

Os fatores socioeconômicos e demográficos demonstram as condições e hábitos de vida da população através da descrição da distribuição da população por faixa etária, sexo, renda, condições de moradia e saneamento, escolaridade, entre outros fatores (IBGE, 2010) que ganham importância devido à influência direta na mobilidade da população no que diz respeito ao acesso de saúde, a obtenção de alimentos, ao gerenciamento familiar e outros indicadores que apontam a magnitude das carências de um grupo social a nível local, regional e/ou global (CHIN et al, 2009).

Grande parte dessas informações não está disponível para populações específicas e isoladas, como as encontradas na Amazônia, por exemplo, o que pode negligenciar a realidade e a vulnerabilidade de algumas comunidades (WATTS, 2012).

A escolaridade dimensiona a condição social da população através do aspecto educacional que pode contribuir para a análise das condições de vida e de saúde de um determinado grupo, como exemplo podemos citar a influência positiva que a alfabetização da população adulta, sobretudo das mães, tem sobre a atenção à saúde das crianças (IDB/BRASIL, 2010).

A ocupação define a população economicamente ativa (PEA), ou seja, aqueles que exploram uma atividade econômica ou exercem uma profissão e está intimamente ligada com a renda pessoal e familiar da população que dimensiona o contingente de pessoas em condições precárias de sobrevivência, identificando tendências e situações de desigualdade num grupo (IPEA, 2011).

As condições de moradia e saneamento avaliam as condições e hábitos de vida gerais de um determinado grupo com relação à exposição a condições insalubres e de higiene, que determinam diretamente as condições de saúde da população (IBGE, 2010). Esses fatores são intimamente influenciados pela renda, ocupação e escolaridade do indivíduo (OPAS, 2011).

As precárias condições socioeconômicas têm sido relatadas como fator de risco na exacerbação de efeitos deletérios a saúde humana relacionados aos níveis de poluição do ar, contudo pouco se sabe sobre como esses fatores podem interagir com os fatores biológicos individuais (WHO, 2011). Dessa forma, devido à multicausalidade relacionada à exacerbação de doenças e a grande quantidade de co-exposições o conhecimento das condições socioeconômicas e demográficas de uma população torna-se de extrema relevância em função da vulnerabilidade que impõe a alguns grupos sociais (SACKS et al, 2011), influenciando, por exemplo, no *status* nutricional e na distribuição das doenças infecto-parasitárias.

### **2.4.3. Doenças infecto-parasitárias**

As doenças infecto-parasitárias são mais prevalentes em populações tropicais e subtropicais de baixa renda (OPAS, 2011) e apresentam importante causa de subnutrição (HOTEZ et al, 2004).

A região amazônica ainda é responsável por cerca de 99% dos casos de malária no Brasil apesar do caráter decrescente da doença nos últimos anos (DATASUS, 2011). As infecções por *Plasmodium sp*, devido à hemólise, contribui para o agravamento da anemia e aumentam a debilidade do organismo humano (MARTINS FSV, 1998).

As parasitoses intestinais contribuem para a morbidade e mortalidade de pessoas em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento (WHO, 2011). No Brasil, a prevalência de enteroparasitose é de 28,5% em escolares com idade de sete a

quatorze anos (OPAS, 2011) sendo que as principais causas atribuídas incluem precárias condições socioeconômicas, de saneamento básico e educação sanitária, bem como hábitos culturais (LUDWING et al, 1999; BOIA et al, 1999).

A contaminação por parasitos intestinais ocorre basicamente por contato com água, comida ou objetos contaminados por fezes, motivo pelo qual são doenças típicas de áreas com precárias condições de saneamento (OPAS, 2011). As crianças apresentam-se mais susceptíveis aos enteroparasitas devido ao hábito de brincar no chão e levarem as mãos sujas à boca (COLLEY, 2000; QUADROS et al, 2004).

As parasitoses intestinais estão altamente associadas ao desencadeamento de anemia ferropriva em crianças (GOLDSMITH, 2006) e, conseqüentemente, ao agravamento de infecções devido à diminuição da resposta imumocelular (SOLI et al, 2008). A obstrução intestinal, a desnutrição, alguns quadros de diarreia, colites e má-absorção gastrointestinal também estão entre os danos que os enteroparasitos podem causar a seus portadores (MENEZES et al, 2008).

#### **2.4.4. Variabilidade climática**

A variabilidade climática é uma propriedade intrínseca do sistema climático terrestre, que gera oscilações naturais nos padrões climáticos locais, regionais e globais (IPCC, 2011).

As condições atmosféricas podem aumentar a duração da exposição aos poluentes e impedir sua dissipação (HEALD et al, 2010), bem como contribuir para a constituição e propagação de microrganismos e pólenes (MORENO, 2006), presentes em grande parte do material biológico em suspensão na atmosfera (PAULIQUEVIS et al, 2007b).

A temperatura, as precipitações, a umidade relativa do ar e a velocidade dos ventos, bem como as características físicas e químicas dos poluentes definem o tempo de residência dos poluentes na atmosfera (RIZZO et al, 2010). Esses poluentes, em condições favoráveis de altas temperaturas e baixa umidade, podem ser transportados a longas distâncias (BAARS et al, 2011; LONGO et al, 2010), afetando a saúde de populações distantes das fontes geradoras de poluição.

A interação entre os poluentes atmosféricos e o clima é considerada como fator de risco para diversos agravos a saúde humana relacionados à processos inflamatórios, imunológicos e de genotoxicidade (SHREY et al, 2011; NELIN et al, 2012). Elevadas taxas de mortalidade, bem como aumento nas hospitalizações e atendimentos de emergência, principalmente por doenças respiratórias e cardiovasculares, (EPA, 2007; WHO, 2011), além do aumento do número de pessoas com respostas alérgicas e asmáticas (ZAMORANO et al., 2003; U.S., 2010) são relatadas em todo o mundo como consequência dessa interação.

A sazonalidade climática influencia no crescimento, propagação e difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros devido ao ciclo de vida dos vetores estarem fortemente relacionados à temperatura, umidade, padrões de uso do solo e de vegetação dos ecossistemas onde estes vivem (HAY et al, 1996). O que produz efeito direto na dinâmica das doenças vectoriais como, por exemplo, a maior incidência da malária na Amazônia durante o período de estiagem na região (CONFALONIERI, 2003; DATASUS, 2011).

As respostas humanas relacionadas à variabilidade climática associam-se diretamente às questões de vulnerabilidade individual e coletiva ligadas ao crescimento populacional, a pobreza e a degradação ambiental (IPCC, 2001; MCMICHAEL et al, 2003). Alguns estudos apontam que variáveis como idade, perfil de saúde, resiliência fisiológica e condições sociais, situação de moradia, alimentação e acesso aos serviços de saúde aumentam a vulnerabilidade de populações expostas a poluentes atmosféricos (IPCC, 2001; MARTINS et al, 2004).

Na Amazônia, particularmente, o efeito dos fenômenos climáticos se sobrepõem a intensificação de queimadas e desflorestamento provenientes dos processos de ocupação (CONFALONIERI, 2005). Durante o período de seca, diversas localidades do bioma amazônico sofrem com o aumento substancial da poluição atmosférica, pelas queimadas e queima do lixo doméstico em quintais e terrenos baldios, o que é agravado pelas características geográficas da região, ausência de chuva e diminuição da velocidade dos ventos, que interfere na capacidade de dispersão do material particulado da atmosfera, além da inversão térmica que ocorre em alguns dias desse período.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Descrever a tendência espacial e temporal de indicadores clássicos de saúde e ambiente para o estado de Rondônia, bem como analisar efeitos subclínicos relacionados à exposição sazonal às queimadas em escolares residentes em comunidades ribeirinhas de Porto Velho.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Descrever o perfil espaço-temporal dos focos de queimada e da morbidade por DR em crianças menores de cinco anos para as microrregiões do estado de Rondônia, durante o período de 2001 a 2010.
2. Investigar a relação da função pulmonar, biomarcadores de alergia e inflamação, bem como alterações nos parâmetros relacionados à hemostase do ferro com exposição sazonal aos poluentes atmosféricos provenientes das queimadas na Amazônia brasileira.
3. Levantar os principais determinantes de vulnerabilidade das populações de estudo através das características socioeconômicas, demográficas e ambientais dos escolares e seus responsáveis.

## **4. MATERIAL E MÉTODO**

Para fins didáticos o estudo foi dividido em duas fases, a saber:

- ✓ Fase I: Overview do problema através de indicadores clássicos
- ✓ Fase II: Análise sazonal dos biomarcadores

A primeira fase foi estruturada em forma de artigo, sendo apresentada como resultado, portanto a respectiva metodologia encontra-se junto dele na primeira seção dos resultados.

Os procedimentos metodológicos apresentados na sequência são referentes à segunda fase do estudo.

### **4.1. Desenho do Estudo**

Foi realizado um estudo seccional em escolares residentes nas comunidades de Cuniã e Belmont (RO) localizadas no município de Porto Velho na Amazônia legal descrevendo o comportamento de biomarcadores de efeitos subclínicos em relação à sazonalidade da região.

### **4.2. População e Área de Estudo**

A população alvo do estudo foi definida de acordo com o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA, 2002), considerando como criança a pessoa até doze anos de idade incompletos e adolescente àquela entre doze e dezoito anos.

As características da população e das comunidades ribeirinhas de Porto Velho, Cuniã e Belmont, foram descritas detalhadamente no capítulo 2.3.3. localizadas respectivamente à margem esquerda e direita do Baixo rio Madeira (IBAMA, 2011).

### **4.3. Protocolos**

O estudo foi realizado em duas etapas: a primeira no período seca (outubro e novembro de 2010) e a segunda no período de chuva (maio de 2011). Todos os participantes tiveram o consentimento dos pais ou responsável firmado através de um



termo de consentimento (anexo1). As crianças e adolescentes, entre 6 e 16 anos, residentes no mínimo há um ano na comunidade foram elegíveis para o estudo. No entanto foram incluídas apenas as que os pais ou responsáveis responderam ao questionário domiciliar (anexo 3) e infantil (anexo 4) e realizaram os exames de função pulmonar e sangue. Os indivíduos que apresentaram quadro infeccioso conhecido no momento dos exames (resfriado, gripe, malária, entre outros) foram excluídos do estudo.

Os exames foram analisados por médicos vinculados a pesquisa que expediram laudos nominais, constando exames normais ou anormais, foram entregues aos pais ou responsáveis das crianças. No caso de resultado anormal (para acompanhamento de médio e longo prazo) o voluntário foi encaminhado ao serviço de saúde municipal, conforme acordo realizado previamente com a secretaria de saúde do município.

Médicos e enfermeiras, vinculados a pesquisa, também foram disponibilizados para atendimento a comunidade, sanando dúvidas referentes aos exames e aos objetivos e etapas do projeto. Foram realizadas, ainda, reuniões com a comunidade para o repasse dos resultados parciais e finais da pesquisa ao final de cada etapa.

Este trabalho foi submetido ao Comitê de Ética da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz sendo aprovado pelo protocolo CEP/ENSP 89/11 – CAAE 00830031000-1 (anexo 2).

#### **4.4. Fonte dos dados**

##### **4.4.1. Inquérito**

Foi realizado um censo nas comunidades entre junho e setembro de 2010. Os questionários infantil e domiciliar<sup>2</sup> abordaram questões socioeconômicas e demográficas e tiveram o objetivo de resgatar um conjunto de informações relativas à caracterização do domicílio, as condições de saúde, histórico de exposição e familiar da criança, além da morbidade referida e da avaliação de asma através do questionário

---

<sup>2</sup> Foi utilizado o “*Inquérito Domiciliar sobre Comportamento de Risco e Morbidade Referida de Doenças e Agravos não Transmissíveis*” adaptado a realidade local, proposto pelo Instituto Nacional do Câncer/Ministério da Saúde e validado em algumas capitais brasileiras (Inca/MS, 2003; Schmidt et al, 2006).

padronizado do *International Study of Asthma and Allergies in Childhood*<sup>3</sup>.

#### **4.4.2. Espirometria**

A avaliação da prova de função pulmonar, incluindo a curva fluxo-volume, foi realizada em aparelho do tipo pneumotacógrafo de Fleisch, marca KOKO de acordo com as normas aceitas pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT).

As medidas antropométricas (idade, altura e peso) para compor a tabela de teóricos de Polgar, também foram realizadas imediatamente antes da espirometria. O exame foi conduzido por um técnico capacitado e credenciado pela SBPT e supervisionado por um médico pneumologista. O mesmo técnico realizou as duas coletas.

O teste de função pulmonar foi incluído para obterem-se informações gerais sobre a função pulmonar das crianças e adolescentes das comunidades, além de determinar se o exame é capaz de perceber mudanças significativas no padrão espirométrico entre o período de seca e chuva.

#### **4.4.3. Exames de Sangue e Parasitológico de Fezes**

As amostras de sangue, retiradas em dois tubos de 4 ml cada, foram coletadas e processadas por técnicos do laboratório de hematologia do Hospital 9 de julho de Porto Velho-RO.

No sangue total analisou-se o eritrograma, o leucograma e no soro o Ferro Sérico e a Ferritina em automação CELL DYN 3500 (aparelho de automação em hematologia) de 28 parâmetros. As lâminas de esfregaço sanguíneo foram coradas pelo método de Giemsa e analisadas em microscópio "NIKON ECLIPSE". Esses parâmetros foram inseridos no estudo para observar o estado de saúde global do organismo, além de realizar um *screening* desses parâmetros com relação à poluição do ar.

---

<sup>3</sup> Este questionário é utilizado no mundo todo e estabelece um método padronizado para a obtenção da prevalência de asma. Possui uma versão traduzida e validada para o Brasil (Solé et al, 1998; Camelo-Nunes et al, 2002).

Ainda no soro a dosagem de proteína C-reativa (PCr) foi obtido pelo método de aglutinação em látex, enquanto o IgE múltiplo para inalantes (HI, DI, D2, I6) através do ensaio imunoenzimático.

Foram coletadas amostras de fezes em um coletor com MIF<sup>4</sup>, devido à influência das parasitoses em diversos parâmetros sanguíneos. Utilizou-se o método de Hoffman, Faust e Ritchie por centrifugação e sedimentação espontânea.

#### **4.5. Dados Ambientais**

Os dados ambientais foram obtidos nas bases de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponíveis online. Os dados meteorológicos como: umidade relativa do ar, precipitação, direção do vento e temperatura foram provenientes do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Os registros de focos de calor tiveram como base o satélite de referencia NOAA 15 e foram obtidos na página de monitoramento das queimadas (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>). Enquanto os dados de PM<sub>2.5</sub> foram provenientes do Sistema de Saúde Ambiental (SISAM, 2011).

Os meses do ano foram agrupados em seca e chuva, com base nas médias dos registros pluviométricos mensais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de seca diz respeito aos meses de junho a novembro de 2010, enquanto o período de chuva inclui dezembro de 2010 além dos meses de janeiro a maio de 2011.

#### **4.6. Análises Estatísticas**

Foram estruturados bancos de dados com todas as informações levantadas em campo nas duas campanhas realizadas. Na análise exploratória dos dados foram calculadas estatísticas descritivas para as variáveis coletadas no questionário, para os parâmetros de saúde e para as variáveis ambientais nos períodos de seca e de chuva. Utilizou-se o qui-quadrado e a razão de prevalência para a comparação das proporções nos períodos de seca e chuva, além de análise comparação de médias por meio do Teste t de student.

---

<sup>4</sup> **Merthiolate iodo-formaldeído** é uma solução utilizada em laboratórios biomédicos para concentração de amostras de fezes antes da investigação microscópica de **parasitas**.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Fase I – Seleção da área de estudo

#### **Queimadas e internações por doenças respiratórias em crianças: análise espaço-temporal para o estado de Rondônia – Amazônia Brasileira**

Burning and hospitalizations for respiratory disease in children: analyze spatial and temporal distribution for the state of Rondônia in the Brazilian Amazon

#### **Resumo**

**Introdução:** As queimadas realizadas sistematicamente no período da seca na Amazônia meridional brasileira impactam a saúde das populações expostas devido aos poluentes atmosféricos contidos na fumaça. **Objetivo:** Descrever o perfil espaço-temporal dos focos de queimada e das internações por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos no estado de Rondônia. **Método:** Estudo descritivo da distribuição temporal e espacial dos indicadores taxa de internação por doenças respiratórias em crianças e focos de queimada nas microrregiões do estado de Rondônia de 2001 a 2010 por meio da análise da variação percentual e de estimativa de Kernel. **Resultados:** As taxas de internação são mais elevadas no centro e sudeste do Estado, enquanto os focos de queimada se concentram a noroeste onde localiza-se, a capital, Porto Velho. Todas as microrregiões apresentam redução nas variações percentuais das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças, bem como do número de focos de queimada ao longo dos anos. **Conclusão:** Em Rondônia as taxas de internação por doenças respiratórias em crianças e o número de focos de queimada apresentaram redução nos últimos 10 anos. As áreas com maior número de focos de queimadas diferem daquelas com as taxas mais elevadas de internações por doenças respiratórias. **Palavras-chave:** indicadores de saúde, queima de biomassa, geoprocessamento, gestão ambiental, focos de queimadas, análise espacial.

## **Abstract**

**Introduction:** The biomass burning systematically performed during the dry season in the southern of Brazilian Amazon is impacting the health of populations exposed due to air pollutants contained in the smoke. **Objective:** To describe the spatial and temporal of point source of fires and hospitalizations for respiratory diseases in children under age of five in the state of Rondonia. **Methods:** A descriptive study of the temporal and spatial distribution of the indicators of hospitalization rate for respiratory diseases in children and point source of fires in the regions of the state of Rondonia from 2001 to 2010 by analyzing the percentage change and Kernel's estimation. **Results:** The hospitalization rates are highest in the center to southeast of the state, while the point source of fires are concentrated in the northwest, where is the capital Porto Velho. All the regions show a reduction in the percentage changes of hospitalization rates for respiratory diseases in children as well as the number of point source of fires over the years. **Conclusion:** In the state of Rondonia the hospitalization rates for respiratory diseases in children and the number of point source of fires had reduced over the last 10 years. The areas with the highest number of point source of fires differ from those with the highest hospitalization rates for respiratory diseases.

**Keywords:** health indicators, environmental management, biomass burning, spatial analyze, fires, temporal analyze.

## Introdução

O ciclo das queimadas na Amazônia é observado no período de seca, quando uma densa camada de fumaça proveniente da queima de biomassa se dispersa sobre a Amazônia brasileira, cobrindo principalmente as regiões Norte e Centro-Oeste (Artaxo *et al* 2005; Freitas *et al* 2009).

O material particulado é o principal poluente gerado por essa queima e devido sua composição multi-elementar e toxicidade, podendo causar malefícios para a saúde humana e para o meio ambiente, tanto de forma aguda, como crônica (Shrey *et al*, 2011).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em Rondônia, os focos de queimadas quadruplicaram entre 2009 e 2010 passando de 1200 para cerca de 4000 no período de seca e as concentrações de PM<sub>2,5</sub> alcançaram máximas diárias de até 400 µg/m<sup>3</sup> em algumas cidades (Artaxo *et al*, 2011). Tais concentrações são 16 vezes superiores à média diária 25 µg/m<sup>3</sup> padronizada internacionalmente como limite de exposição à saúde humana (WHO 2005).

Estudos nacionais e internacionais têm evidenciado associação entre os níveis de poluição atmosférica e o aumento de morbimortalidade por doenças respiratórias e outros agravos mesmo quando as concentrações de poluentes atendem aos padrões de qualidade ambiental estabelecidos pelas agências ambientais e de saúde em diferentes países (Pope III *et al*, 2001; 2004; Shrey *et al* 2011; Nelin *et al* 2012).

As doenças respiratórias são importante causa de morbimortalidade no Brasil e no mundo (WHO 2011), tendo as crianças como grupo de risco, principalmente, devido à imaturidade do crescimento e desenvolvimento dos pulmões e do próprio sistema imunológico (WHO 2005).

A queima de biomassa não é o único fator de risco para a ocorrência de doenças respiratórias, no entanto é um importante determinante. Estudos epidemiológicos apontam aumento da morbidade por doenças respiratórias em crianças e idosos no período da seca em que as queimadas são mais prevalentes e extensas, evidenciando associação entre o aumento das concentrações de poluentes e o aumento da morbidade na região (Mascarenhas *et al* 2008; Rosa *et al* 2009; Carmo *et al* 2010; Rodrigues *et al* 2010; Ignotti *et al* 2010a, 2010b)

O presente estudo tem o objetivo de descrever o perfil espaço-temporal dos focos de queimada e da morbidade por doenças respiratórias em crianças no estado de Rondônia, no período de 2001 a 2010.

## **Material e Métodos**

### **Desenho do estudo**

Estudo ecológico da distribuição temporal e espacial de morbidade de doenças respiratórias e de focos de queimadas nas microrregiões do estado de Rondônia.

### **População e Área de Estudo**

Rondônia encontra-se em área de bioma amazônico e representa importante fronteira de colonização na Amazônia brasileira (Cochrane *et al* 2006). Seu cenário de expansão sócio-demográfico é muito semelhante ao de outras áreas na Amazônia – baseado em atividades de ocupação com incentivo do governo brasileiro (Bilsborrow *et al* 2004; Fearnside *et al* 2006). Atualmente, encontra-se em crescente expansão econômica e populacional, principalmente, devido aos grandes empreendimentos direcionados a região (INPA, 2011).

O estado é integrante do “arco do desmatamento” e ocupa uma área de aproximadamente 238 mil km<sup>2</sup> com cerca de 1,5 milhão de habitantes (IBGE 2010). Possui 52 municípios distribuídos em oito microrregiões: Porto Velho, Guajará-Mirim, Ariquemes, Ji-Paraná, Cacoal, Vilhena, Colorado D’Oeste e Alvorada D’Oeste.

Cacoal, Ji-Paraná, Porto Velho e Vilhena são municípios-sede dos pólos regionais de saúde de Rondônia, enquanto o pólo estadual é representado pela capital, Porto Velho (SEMUSA 2011).

As doenças do aparelho respiratório representaram a 3<sup>a</sup> maior causa de internação no Estado e a 4<sup>a</sup> maior causa de internação no estado para crianças menores de cinco anos, apresentando taxas mais elevadas se comparadas aos Estados da Amazônia Brasileira ([www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br)). Esse tipo de agravo não representa um problema de alta complexidade, pelo contrário deve ser tratado e controlado no nível básico de saúde de modo que as taxas de internação refletem a cobertura e a qualidade dos serviços de saúde.

As informações demográficas e a distribuição da rede pública de saúde básica do estado de Rondônia pode ser visualizada através do quadro 1.

**Quadro 1. Características demográficas e da rede de saúde do estado de Rondônia, segundo microrregiões.**

| Microrregião   | Porto Velho | Guajará-Mirim | Ariquemes | Ji-Paraná    | Alvorada D'Oeste | Cacoal     | Vilhena  | Colorado D'Oeste |
|--|-------------|---------------|-----------|--------------|------------------|------------|----------|------------------|
| <i>Características Demográficas<sup>1</sup></i>                      |             |               |           |              |                  |            |          |                  |
| Localização  | Noroeste    | Centro-oeste  | Nordeste  | Centro-norte | Centro           | Centro-sul | Sudoeste | Extremo Sul      |
| Área (km <sup>2</sup> )  | 65 650      | 42 300        | 24 300    | 25 000       | 14 400           | 24 600     | 26 583   | 14 600           |
| População (hab.)   | 500 000     | 71 427        | 170 000   | 326 600      | 84 970           | 237 600    | 118 700  | 55 000           |
| Densidade (hab./km <sup>2</sup> )                                    | 7,6         | 1,7           | 7,0       | 13,0         | 5,9              | 9,7        | 4,5      | 3,8              |
| <i>Rede pública de atendimento de baixa complexidade<sup>2</sup></i> |             |               |           |              |                  |            |          |                  |
| CR <sup>3</sup>  | 1           | -             | 1         | 1            | -                | 1          | 1        | -                |
| UBS <sup>4</sup>   | 49          | 9             | 29        | 42           | 9                | 31         | 14       | 11               |
| UM <sup>5</sup>  | 5           | 2             | 5         | 8            | 1                | 5          | 3        | 5                |
| UV <sup>6</sup>  | 6           | 2             | 6         | 7            | 1                | 11         | 5        | 1                |
| INT <sup>7</sup>   | 17          | 5             | 10        | 12           | 4                | 11         | 5        | 5                |
| HP <sup>8</sup>  | 1           | -             | -         | -            | -                | -          | -        | -                |

Fonte: 1- IBGE, 2010; 2- CNES/DATASUS, 2011.

Legenda: 3- Central de Regulação dos serviços de saúde; 4- Unidade básica de saúde; 5- Unidades mistas de atendimento (atenção básica, internação, urgência); 6- Unidade de vigilância em saúde; 7- Internações gerais; 8- Hospital Pediátrico.

## Fonte e Análise dos dados

Os dados demográficos são provenientes da base de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), enquanto os dados de saúde foram obtidos através do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) ([www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br)). Foram utilizadas as Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) de curta permanência, pagas e não eletivas, agregadas pelas microrregiões do estado de Rondônia segundo local de residência para o capítulo de doenças respiratórias (capítulo X) em crianças menores de cinco anos de idade, para o período de 2001 a 2010.

A taxa de internação é calculada dividindo-se o número de internações pela população da microrregião e respectivo ano.

A série temporal dos focos de queimada é proveniente do INPE (<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>). Foram utilizados os satélites NOAA 12 até 09



de agosto de 2007 e o NOAA 15 a partir de então, por serem considerados “satélites de referência” com o mesmo método e horário de imageamento ao longo dos anos (INPE 2011).

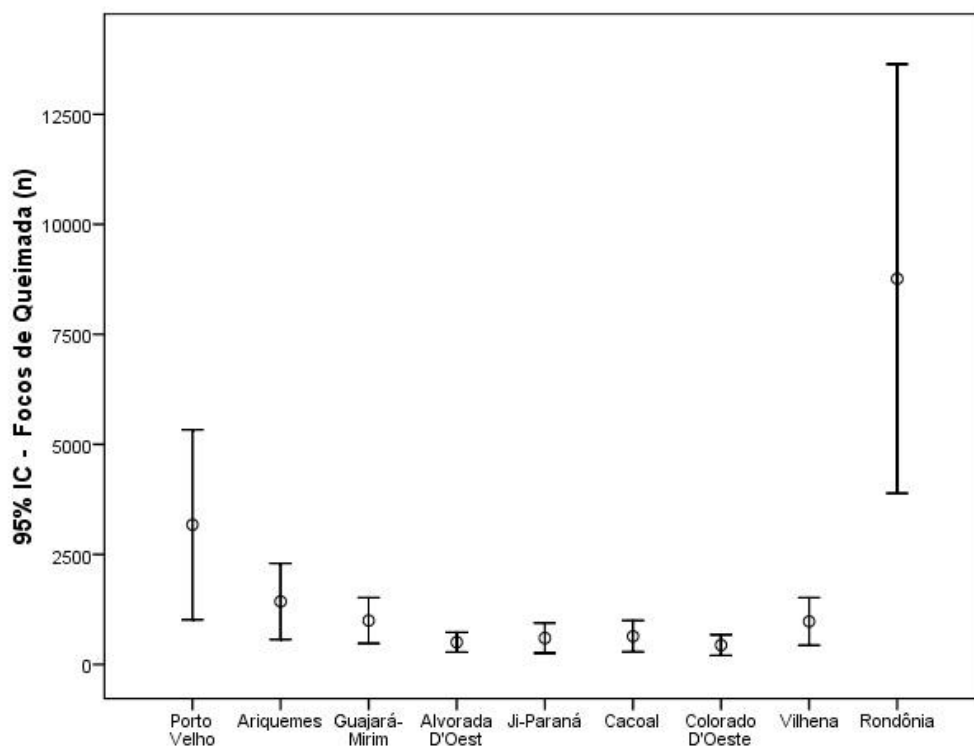
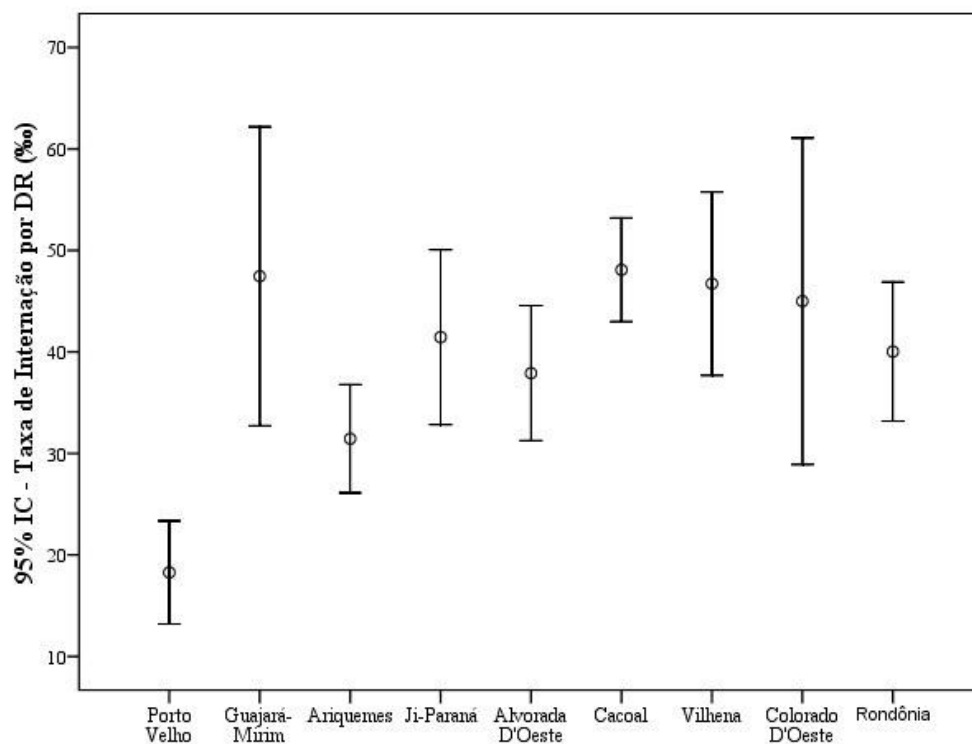
As microrregiões do Estado foram utilizadas como unidade de análise. Desta forma ocorre redução da variabilidade do indicador de saúde decorrente do reduzido número populacional da maioria dos municípios, utilizados como denominador no cálculo das taxas de internação.

A série histórica das taxas de internação e do número de focos de queimadas foi analisada por meio da variação percentual do período de 10 anos (2001 a 2010) e dos últimos cinco anos (2006 a 2010). Enquanto a distribuição espaço-temporal foi ilustrada através de mapas utilizando o cálculo da estimativa de Kernel para identificar as de maior relevância (áreas quentes) para os respectivos indicadores. O programa TerraView ([www.dpi.inpe.br/terraview](http://www.dpi.inpe.br/terraview)) disponibilizado pelo INPE deu suporte a essas análises.

Este trabalho foi submetido ao Comitê de Ética da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz sendo aprovado pelo protocolo CEP/ENSP 89/11 – CAAE 00830031000-1.

## **Resultados**

As taxas de internação alcançaram média geral de 40‰ internações a cada mil crianças (IC95%: 20,7 – 57,6). A microrregião de Porto Velho apresentou as menores taxas de internação por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos no período, com uma média de 18,7‰ internações a cada mil crianças (IC95%: 13,2 – 23,3). A média de focos de queimada do período para o estado de Rondônia foi de 8.761,7 (IC95%: 3.886,28 – 13.637,1). A maior quantidade de focos de queimada do Estado foi observada na microrregião de Porto Velho, com uma média de aproximadamente três mil focos (IC95%: 1.016,4 – 5.332,3), seguida da microrregião de Ariquemes, com média de 1.429,3 focos (IC95%: 565,0 – 2.293,5). A microrregião de Colorado D’Oeste apresentou o menor número de focos de queimadas detectáveis pelo satélite de referência com média de 440,1 (IC 95%: 204,9 – 675,2) (Figura 1).



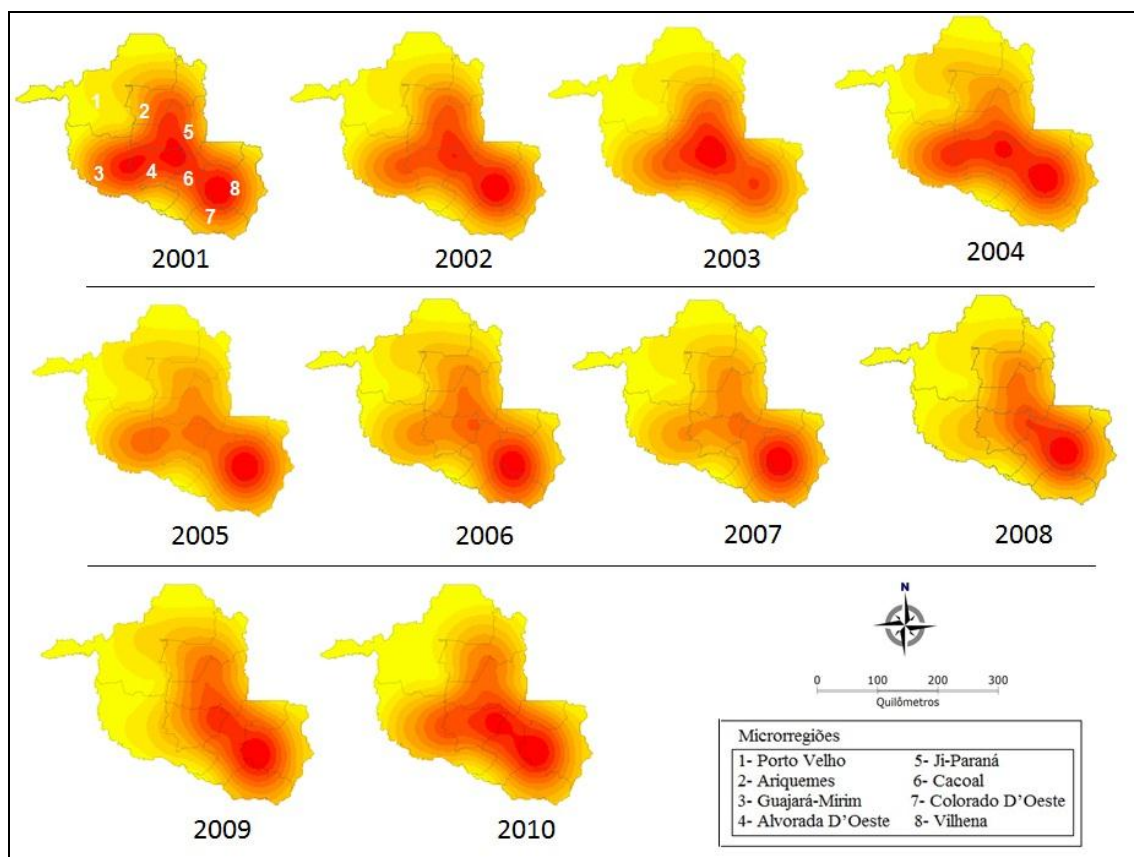
**Figura 1. Médias e intervalos de confiança (IC95%) das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos e do número de focos de queimadas segundo microrregiões do Estado de Rondônia, 2001 a 2010.**

Verifica-se diminuição nas taxas de internação por DR em menores de cinco anos ao longo dos anos com redução de 59% na variação percentual no período de dez anos e 44% nos últimos cinco anos para o estado de Rondônia. Todas as microrregiões apresentam redução nas variações percentuais das taxas de internação ao longo dos anos, contudo a maior redução foi verificada na microrregião de Porto Velho com variação percentual de 83,7% no período de dez anos e 85% nos últimos cinco anos. Observa-se decréscimo no número de focos de queimada no período analisado com uma redução na variação percentual de 15,0% no período de dez anos e 78,5% nos últimos cinco anos para o estado de Rondônia. As microrregiões de Porto Velho (6,5%) e Colorado D'Oeste (2%) apresentam aumento nas variações percentuais do período de dez anos para os focos de queimada, enquanto as demais microrregiões apresentam redução. Todas as microrregiões apresentam redução na variação percentual dos últimos cinco anos para os focos de queimada (tabela 1).

**Tabela 1. Distribuição das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças e número de focos de queimada, variação percentual (V%) do período de 10 anos e dos últimos cinco anos nas microrregiões de Rondônia, 2001 a 2010.**

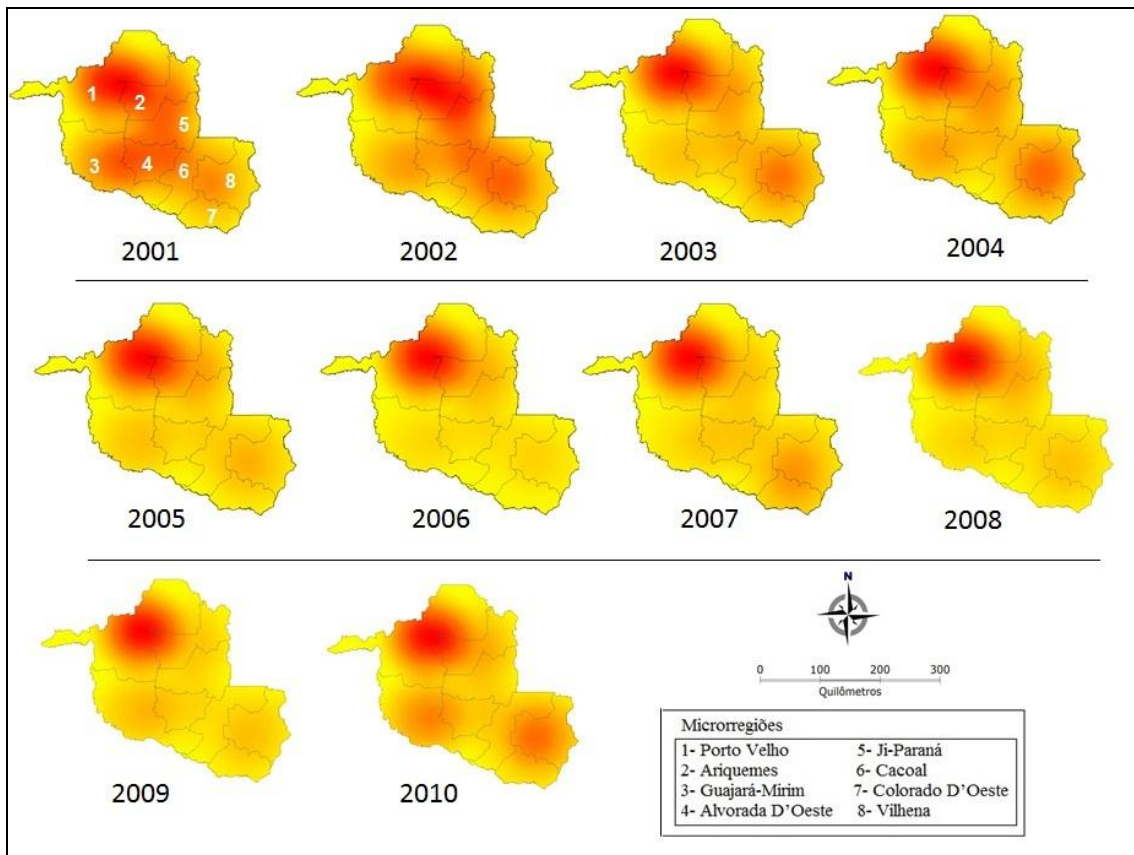
|   | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | V%<br>10 anos | V%<br>5 anos |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|--------------|
| <i>Taxa de internação por doenças respiratórias (%)<sup>1</sup></i> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |               |              |
| Porto Velho   | 20,89 | 16,16 | 11,67 | 25,44 | 21,47 | 22,86 | 19,07 | 12,55 | 21,38 | 3,39  | -83,77        | -85,17       |
| Guajará-Mirim   | 77,84 | 62,25 | 43,91 | 59,52 | 54,54 | 40,41 | 52,12 | 20,77 | 12,19 | 25,67 | -67,02        | -36,48       |
| Ariquemes   | 46,42 | 40,76 | 26,31 | 25,02 | 25,81 | 28,99 | 39,25 | 26,87 | 35,61 | 21,14 | -54,46        | -27,08       |
| Ji-Paraná   | 55,33 | 55,79 | 50,4  | 35,35 | 33,19 | 36,03 | 42,46 | 33,62 | 41,18 | 16,95 | -69,37        | -52,96       |
| Alvorada D'Oeste  | 53,57 | 44,52 | 51,57 | 47,09 | 31,61 | 29,89 | 34,35 | 25,36 | 36,35 | 26,35 | -50,81        | -11,84       |
| Cacoal  | 52,23 | 57,72 | 48,88 | 52,17 | 41,63 | 42,04 | 54,11 | 47,76 | 55,81 | 31,14 | -40,38        | -25,93       |
| Vilhena   | 55,82 | 61,23 | 37,43 | 45,26 | 57,73 | 37,49 | 64,61 | 42,3  | 38,29 | 20,49 | -63,29        | -45,35       |
| Colorado D'Oeste  | 44,84 | 35,19 | 22,39 | 33,79 | 42,15 | 58,79 | 64,91 | 26,42 | 46,7  | 21,03 | -53,10        | -64,23       |
| Rondônia  | 50,87 | 46,7  | 36,57 | 40,46 | 38,52 | 37,06 | 46,36 | 29,46 | 35,94 | 20,77 | -59,17        | -43,96       |
| <i>Focos de queimadas (n)<sup>2</sup></i>                           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |               |              |
| Porto Velho   | 1289  | 2386  | 3040  | 4128  | 7115  | 9594  | 234   | 2028  | 556   | 1374  | 6,59          | -85,68       |
| Guajará-mirim   | 795   | 1192  | 816   | 1739  | 2205  | 1820  | 44    | 441   | 182   | 745   | -6,29         | -59,07       |
| Ariquemes   | 760   | 2149  | 1269  | 1837  | 3237  | 3452  | 74    | 816   | 156   | 543   | -28,55        | -84,27       |
| Ji-Paraná   | 461   | 1083  | 667   | 1103  | 937   | 1284  | 24    | 248   | 42    | 144   | -68,76        | -88,79       |
| Alvorada D'Oeste  | 662   | 707   | 567   | 779   | 785   | 914   | 53    | 238   | 97    | 243   | -63,29        | -73,41       |
| Cacoal  | 451   | 1385  | 759   | 774   | 1330  | 1048  | 36    | 276   | 50    | 294   | -34,81        | -71,95       |
| Vilhena   | 390   | 1026  | 1332  | 2208  | 1838  | 1656  | 65    | 409   | 134   | 701   | 79,74         | -57,67       |
| Colorado D'Oeste  | 251   | 533   | 689   | 984   | 927   | 300   | 78    | 304   | 79    | 256   | 1,99          | -14,67       |
| Rondônia  | 5059  | 10461 | 9139  | 13552 | 18374 | 20068 | 608   | 4760  | 1296  | 4300  | -15,00        | -78,57       |

A distribuição espacial das internações por doenças respiratórias em crianças menores que cinco anos de idade apresentou configuração espacial semelhante em toda série, com as maiores taxas de internação nas microrregiões do Centro para o Sudeste do Estado onde se localizam as microrregiões de Vilhena, Ariquemes, Guajará-Mirim, Cacoal, Alvorada D'Oeste e Colorado D'Oeste (figura 2).



**Figura 2. Distribuição espacial e temporal das taxas internações por doenças respiratórias em crianças segundo as microrregiões do estado de Rondônia, 2001 a 2010.**

Observou-se que a maior concentração de focos de queimada do centro para o noroeste do Estado. A maior concentração de focos de queimada foi verificada nos anos de 2001 e 2002, onde podem ser evidenciadas “áreas quentes” em todas as microrregiões do estado. Ao longo da série ocorre diminuição da intensidade nas “áreas quentes”. A microrregião de Porto Velho é apontada como área quente para os focos de queimada no noroeste de Rondônia em todos os anos estudados. Com menor intensidade na concentração de focos a microrregião de Vilhena apresenta-se como área quente no ano de 2003, 2004, 2005, 2007 e 2010, enquanto a microrregião de Guajará-Mirim aparece como área quente em 2004, 2005, 2009 e 2010 (figura 3).



**Figura 3. Distribuição espacial e temporal dos focos de queimada segundo as microrregiões do estado de Rondônia, 2001 a 2010.**

## Discussão

Este estudo mostra que o número de focos de queimada apresenta configuração espacial divergente das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos no estado de Rondônia, corroborando com os achados de Gonçalves (2010) que também não constatou correlação entre os focos de queimada e atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias em menores de cinco anos no município de Porto Velho. Por outro lado, vários estudos ecológicos realizados na região Amazônica vêm demonstrando aumento nas internações no período das queimadas por meio de métodos descritivos e analíticos (Mascarenhas *et al* 2008; Souza *et al* 2008; Rosa *et al* 2009; Castro *et al* 2009; Rodrigues *et al* 2010; Ignotti *et al* 2010a; 2010b). Souza (2008), em estudo realizado em Rio Branco, no Acre, mostrou padrão semelhante entre a série de internações por doenças respiratórias em crianças de 1 a 4 anos e a distribuição dos focos de queimada entre 2000 e 2006, sugerindo forte influência das queimadas na ocorrência das hospitalizações durante o período de seca de cada ano.

Estudos das propriedades de dispersão dos poluentes atmosféricos por longas distâncias Ahlm *et al* (2009) e Bem-Ami *et al* (2010), constataram em estudos na América do Sul e na África que gases e aerossóis contidos na fumaça gerada pelas queimadas podem se dispersar facilmente pela atmosfera conseguindo alcançar áreas distantes de onde estão concentrados os focos de queimadas com longo tempo de residência na atmosfera. Ao considerarmos que a porção Sudeste do Estado é zona de convergência para ventos provenientes tanto do sul do Pará e do norte do Mato Grosso quanto do noroeste de Rondônia (Freitas *et al* 2005) a dispersão dessa pluma de poluentes pode estar influenciando a ocorrência de internações por doenças respiratórias em crianças naquela área (Karl *et al* 2007; Freitas *et al* 2009; Longo *et al* 2010).

A qualidade e o acesso aos serviços de saúde também influenciam na distribuição das internações de uma microrregião para outra. Ignotti *et al* (2010) discutem que na região amazônica muitas pessoas procuram assistência na comunidade local em vez de irem a uma unidade de saúde. Fonseca *et al* (2007) apontam o semi-isolamento vivenciado por algumas comunidades, devido às distâncias, as condições socioeconômicas da população, ou até mesmo por razões inerentes a seca na região. Esses fatores também poderiam influenciar o acesso aos serviços de saúde, além de aumentar a vulnerabilidade socioambiental da população exposta. Watts (2011) e Sacks

et al (2011) alertam que as condições ambientais podem interferir na desigualdade social e aumentar a vulnerabilidade individual e coletiva.

Outro argumento relevante no que diz respeito à qualidade, capacidade, financiamento e acesso aos serviços de saúde parecem estar ligados à baixa densidade demográfica e a grande extensão dos Estados da região amazônica. De acordo com Haller et al (2000) a ocupação acelerada de algumas regiões amazônicas beneficiadas por grandes empreendimentos pode provocar sobrecarga nos vários seguimentos locais o que inclui os serviços de saúde. Ignotti et al (2007) e Rosa et al (2008) alertam, ainda, que a política de financiamento dos serviços de saúde adotada pelos municípios pode influenciar nos dados de internação. Até 2006 o tipo de financiamento utilizado de forma predominante pelos municípios brasileiros foi à gestão plena da atenção básica, contudo a partir de 2002 os municípios foram aderindo gradativamente à gestão plena do sistema de saúde. Com esta mudança na gestão do SUS municipal deixa de existir a pactuação de autorizações de internação hospitalar (AIH) por especialidade médica, onde a quantidade de AIH a serem pagas por clínicas ou especialidades médicas era definida previamente (CNS 2011).

As internações por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos apresentam redução na variação percentual para o período de dez anos e para os últimos cinco anos da série analisada. A distribuição espacial apontou as microrregiões do centro-sudeste do estado como “áreas quentes” para esse indicador, ou seja, com taxas de internação mais elevadas. Silva et al (2009) e Rodrigues et al (2010) verificaram tendências decrescentes nas internações por asma para toda a Amazônia entre 2001 e 2007, além de “áreas quentes” de internação por asma em crianças e idosos no centro-sul do estado de Rondônia. Essa redução generalizada das internações vem sendo atribuída, pelo Ministério da Saúde (2011), principalmente à ampliação da rede de atenção básica e a melhoria da assistência hospitalar no Brasil nos últimos anos, visto que a maioria dos problemas respiratórios pode ser tratado em nível de atenção primária à saúde, exigindo internação apenas para os casos de maior gravidade.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem apontando a tendência decrescente do número de focos de calor para toda a Amazônia. Gonçalves (2010) também observou tendência decrescente nos número focos de queimada entre 2005 e 2008 para o município de Porto Velho (RO). Corroborando com os resultados observados nesse estudo que aponta redução na variação percentual no período de 10



anos e nos últimos cinco anos para os focos de queimada ao longo da série e todas as microrregiões analisadas. O decréscimo na quantidade de focos vem sendo atribuído, segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM/RO 2009) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA 2011), principalmente, ao plano de combate às queimadas, implementados pelos governos federais, estaduais e municipais, que inclui projetos de educação ambiental, monitoramento, fiscalização através de programas como o PROARCO (Programa Integrado de Monitoramento, Prevenção e Controle de Desmatamento, Queimadas e Combate a Incêndios Florestais), o PREVFOGO (Sistema Nacional de Prevenção e Combates aos Incêndios Florestais), o PRODES (Programa de Avaliação do Desflorestamento na Amazônia Legal), o PROTEGER (Projeto de Mobilização e Capacitação em Prevenção de Incêndios Florestais na Amazônia) entre outros.

Na microrregião de Porto Velho foram verificados os maiores registros de focos de queimada o que pode estar relacionado à expansão do agronegócio registrada nos últimos anos, no entorno da capital. Segundo a Embrapa (2011) as lavouras de soja e algodão, além da criação de rebanho bovino têm sido apontadas como as principais causas de desmatamento no estado de Rondônia. O desmatamento, por sua vez, segundo Fearnside (2006), está intimamente ligado às queimadas, pois em sequência a derrubada da vegetação, quase sempre há queima.

O uso do satélite de referência pode tanto superestimar quanto subestimar a quantidade de focos de queimada detectados. A varredura do satélite na órbita terrestre ocorre duas vezes ao dia (uma pela manhã e uma pela tarde), assim pode ocorrer duplicidade de detecção caso a queimada seja muito extensa e/ou ainda esteja ativa na segunda varredura ou a não detecção de focos entre o horário de passagem do satélite. A dificuldade de detecção aumenta se o céu estiver coberto por nuvens, se o fogo não afetar a copa das árvores ou se os focos forem menores que 30 metros a ainda mais. No entanto, a relação entre focos detectados e queimadas reais, mantém-se estável ao longo do tempo e têm sido utilizados como indicadores indiretos dos níveis de poluição atmosférica (INPE, 2011).

Outra limitação importante do estudo é inerente ao uso de dados de internação obtidos de sistemas de registro contínuo, podendo ocorrer a subnotificação ou inclusão um paciente mais de uma vez nas contagens, além da limitação do número de leitos por especialidade o que pode reduzir a quantificação real dos casos (datasus, 2011).

Além disso, os mapas aqui apresentados não contemplam análise de correlação espacial entre os eventos, ao passo que a partir dos dados plotados é possível encontrar áreas com maior concentração de um referido evento, bem como sua distribuição geográfica ao longo dos anos. No caso da estimativa de Kernel o cálculo leva em consideração a influência das regiões vizinhas, no entanto para uma única variável de análise, destacando “áreas quentes”, o que não necessariamente poder estar relacionada à gravidade do evento analisado, mas à sua importância com relação à área observada.

Conclui-se que em Rondônia as taxas de internação por doenças respiratórias em crianças e o número de focos de queimada apresentaram redução nos últimos 10 anos. As áreas com maior número de focos de queimadas diferem daquelas com as taxas mais elevadas de internações por doenças respiratórias.

A exposição aos poluentes provenientes das queimadas não necessariamente coincide com o local de ocorrência do foco de queimada, razão pela qual os focos de calor devem ser utilizados como indicadores indiretos de exposição. Portanto é de extrema relevância o monitoramento do material particulado proveniente das queimadas na microrregião de Porto Velho, visto que esta foi apontada como área crítica, apresentando a maior concentração de focos de queimadas da região. Ao mesmo tempo, é também relevante acompanhar os indicadores de saúde, através da implantação de áreas sentinelas, para que os impactos dos poluentes gerados pelas queimadas na saúde humana possam ser inseridos nos programas de vigilâncias de áreas sentinelas na Amazônia.

## Referências Bibliográficas

1. Ahlm, L.; Nilsson, E.D.; Krejci, R.; Martensson, E.M.; Vogt, M.; Artaxo, P. 2009. Aerosol number fluxes over the Amazon rain forest during the wet season. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9: 9381-400. DOI:10.5194/acp-10-3063-2010
2. Artaxo, P. Gatti, L. V.; Leal, A.M. C.; Longo, K. M.; Freitas, S. R.; Lara, L. L.; Pauliquevis, T.M.; *et al.* 2005. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazonica*, 35(2): 185-196. Doi: 10.1590/S0044-59672005000200007
3. Artaxo, P.; Bastos, W.; Hacon, S.. Contribuição ao Relatório de Qualidade Ambiental na cidade de Porto Velho. 2011. (no prelo).
4. Ben-Ami, Y.; Koren, I.; Rudich, Y.; Artaxo, P.; Martin, S.T.; Andreae, M.O. 2010. Transport of North African dust from the Bodélé depression to the Amazon Basin: a case study. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10: 7533-7544. DOI:10.5194/acp-10-7533-2010
5. Bilbrough, R. E.; Barbieri, A.F.; Pan, W. 2004. Changes in population and land use over time in the Ecuadorian Amazon. *Acta Amazonica*, 34(4): 635-647. Doi: 10.1590/S0044-59672004000400014
6. Carmo, C.N.; Hacon, S.; Longo, K.M.; Freitas, S.; Ignotti, E.; Ponce, A.L.; *et al.* 2010. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 27(1):10–16. DOI: 10.1590/S1020-49892010000100002
7. CNS, Conselho Nacional de Saúde. 2011. Brasil. (<http://conselho.saude.gov.br/>). Acesso em 23 nov 2011.
8. Cochrane, T.T.; Cochrane, T. A. 2006. Diversity of the land resources in the Amazonian State of Rondônia, Brazil. *Acta Amazonica*, 36(1): 91-101. Doi: doi.org/10.1590/S0044-59672006000100009.
9. [DATASUS, Departamento de Informática do SUS. Brasília: Ministério da Saúde. \(www.datasus.gov.br\)](http://www.datasus.gov.br). Acesso em 12 jan. de 2012.
10. EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2009. (<http://www.embrapa.br/>). Acesso em 25 de ago. de 2011.
11. Fearnside, P. M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, 36(3): 395-400. Doi: 10.1590/S0044-59672006000300017

12. Freitas, S.R.; Longo, K.M.; Silva Dias, M.A.F.; Silva Dias, P.L. 2005. Emissões de queimadas em ecossistemas da America do Sul. *Estudos Avançados*, 19: 167-185. DOI: 10.1590/S0103-40142005000100011
13. Freitas, S.; Longo, K.M.; Dias, M.F.A.S.; Chatfield, R.; Dias, P.L.S.; Artaxo, P.; Andreae, M.O.; Rodrigues, L.; Fazenda, A.; Panetta, J. 2009. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9: 2843-2861. DOI:10.5194/acp-9-2843-2009
14. Fonseca M.F.; Torres J.P.M.; Malm O.. 2007. Interferentes ecológicos na avaliação cognitiva de crianças ribeirinhas expostas a metilmercurio: o peso do subdesenvolvimento. *Oecol Bras*, 11(2): 277-96.
15. Gonçalves, KS. 2010. Queimadas E Atendimentos Ambulatoriais Por Doenças Respiratórias Em Crianças No Município De Porto Velho, Rondônia. Dissertação [Mestrado em Saúde Pública] – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.
16. Haller AO, Torrecilha RS, Haller MCDP, Tourinho MM. Os níveis de desenvolvimento socioeconômico da população da Amazônia brasileira - 1970 e 1980. *Hist Cienc Saude-Manguinhos*. 2000;6(Supl):941-73. DOI:10.1590/S0104-59702000000500010
17. IBGE, 2010. Estados (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>). Acesso em 20 mai 2011.
18. Ignotti, E.; Hacon, S.; Silva, A. M. C.; et al. 2007. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. *Rev Bras Epidemiol*, 10(4): 453-64.
19. Ignotti, E.; Hacon, S.S.; Junger, W.L.; Mourão, D.; Longo, K.; Freitas, S.; Artaxo, P.; Ponce De Leon, A.C.M.. 2010a. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. *Cad. Saúde Pública*, 26(4): 747-61.
20. Ignotti, E.; Valente, J.G.; Longo, K.M.; Freitas, S.R.; Hacon, S.S.; Artaxo, P. 2010b. Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. *Revista de Saúde Pública*, 44(1): 121-130. DOI: 10.1590/S0034-89102010000100013.
21. INPA, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Brasil. Manaus/AM, 2011. (<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/cunia/>). Acesso em 18 jan. 2011.
22. INPE, 2011. Monitoramento de focos ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)). Acesso em 17 jul 2011.

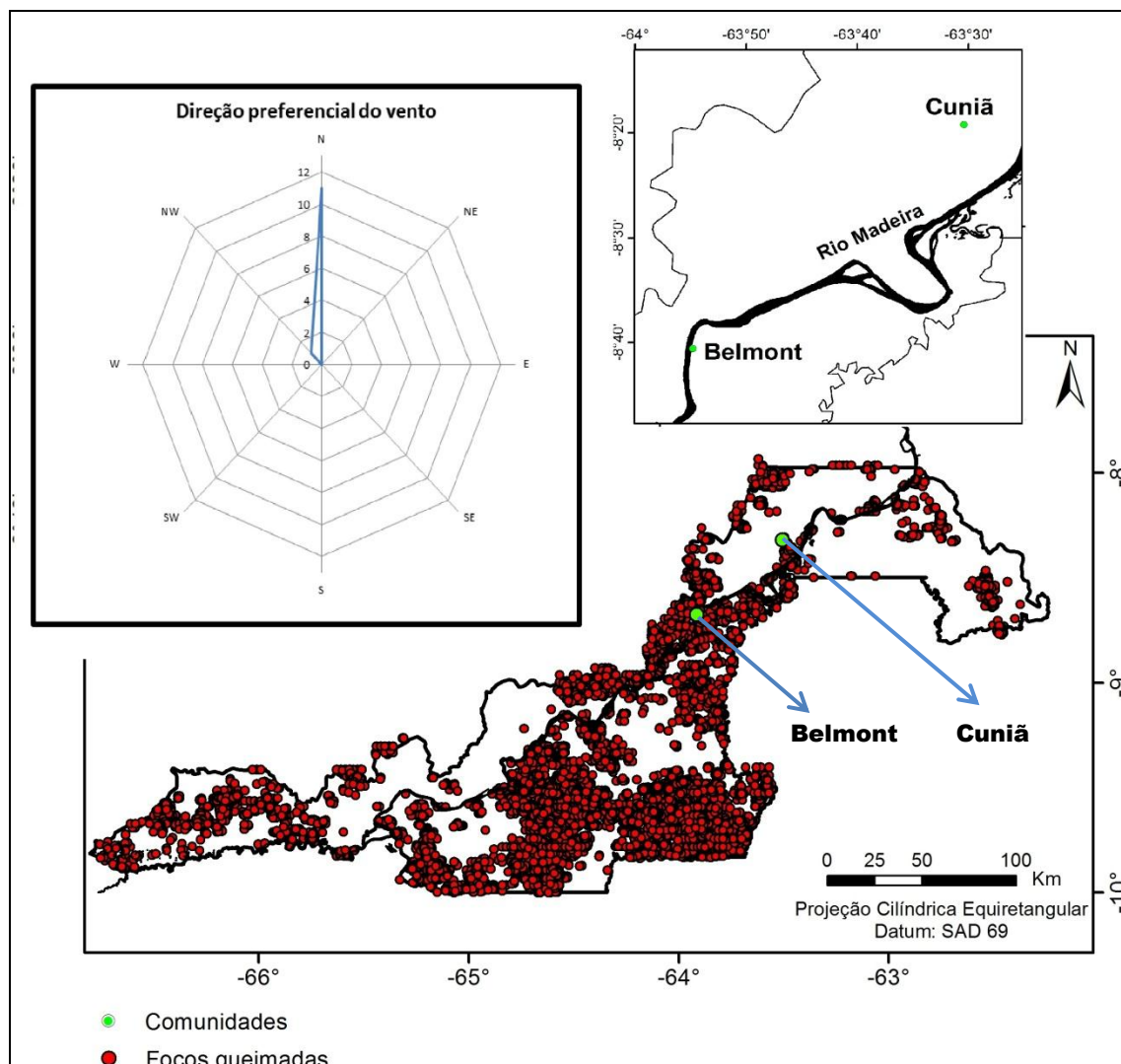
23. Karl, T.G.; Christian, T.J.; Yokelson, R.J.; Artaxo, P.; Hao, W.M.; Guenther, A. 2007. The tropical forest and fire emissions experiment: method evaluation of volatile organic compound emissions measured by PTR-MS, FTIR, and GC from tropical biomass burning. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7: 5883-5897. DOI:10.5194/acp-7-5883-2007
24. Longo, K.M.; Freitas, S.R.; Andreae, M.O.; Setzer, A.; Prins, E.; Artaxo, P. 2010. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10: 5785-5795. DOI:10.5194/acp-10-5785-2010
25. Mascarenhas, M.D.M.; Vieira, L.C.; Lanzieri, T.M.; Leal, A.P.P.R.; Duarte, A.F.; Hatch, D.L. 2008. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil-Setembro, 2005. *J Bras Pneumol*, 34: 42-6.
26. MMA, Ministério Do Meio Ambiente. 2011. Brasília (<http://www.mma.gov.br/sitio/>). Acesso em 18 jan 2011.
27. MS, Ministério da Saúde. 2011. Brasil ([portalsaude.saude.gov.br](http://portalsaude.saude.gov.br)). Acesso em 13 out 2011.
28. Nelin, T.D.; Joseph, A.M.; Gorr, M.W.; Wold, L.E.. 2012. Direct and indirect effects of particulate matter on the cardiovascular system. *Toxicology Letters*, 208: 293–99.
29. Pope III, C.A. 2001. Particulate air pollution, C-reactive protein, and cardiac risk. *Eur Heart J*, 22: 1149–50.
30. Pope III, C.A.; Hansen, M.L.; Long, R.W.; Nielsen, K.R.; Eatough, N.L.; Wilson, W.E.; Eatough, D.J. 2004. Ambient particulate air pollution, heart rate variability, and blood markers of inflammation in a panel of elderly subjects. *Environ Health Perspect*, 112: 339–45.
31. Rodrigues, P.C.O.; Ignotti, E.; Rosa, A.M.; Hacon, S.S. 2010. Distribuição espacial das internações por asma em idosos na Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 13(3): 523-532. DOI: 10.1590/S1415-790X2010000300015
32. Rosa, A.M.; Ignotti, E.; Hacon, S.S.; Castro, H. 2008. Análise das internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra - Amazônia Brasileira. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 34(8): 575-582. DOI: 10.1590/S1806-37132008000800006

33. Rosa, A.; Ignotti, E.; Hacon, S.S.; Castro, H.A. 2009. Prevalência de asma em escolares e adolescentes em um município na região da Amazônia Brasileira. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 35: 7-13. DOI: 10.1590/S1806-37132009000100002
34. Sacks, J.D.; Stanek, L.W.; Luben, T.J.; Johns, D.O.; Buckley, B.J.; Brown, J.S.; Ross, M.. 2011. Particulate Matter–Induced Health Effects: Who Is Susceptible? *Environmental Health Perspectives*, 119(4): 446-54.
35. SEDAM/RO, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. Brasil. Governo do Estado de Rondônia/Porto Velho, 2009. (<http://www.sedam.ro.gov.br/>). Acesso em 08 ago 2009.
36. SEMUSA, Secretaria Municipal de Saúde. Brasil: Porto Velho, 2011. (<http://www.portovelho.ro.gov.br>). Acesso em 17 ago. 2011.
37. Silva, P.R.; Rosa, A.M.; Hacon, S.S.; Ignotti, E. 2009. Hospitalização de crianças por asma na Amazônia brasileira: tendência e distribuição espacial. *Jornal de Pediatria*, 85(6): 541-546. DOI: 10.1590/S0021-75572009000600012
38. Shrey, K.; Suchit, A.; Deepika, D.; Shruti, K.; Vibha, R.. 2011. Air pollutants: The key stages in the pathway towards the development of cardiovascular disorders. *Environmental toxicology and pharmacology*, 31: 1–9.
39. Souza, L.S.N.. 2008. Análise de Impactos das Queimadas sobre a Saúde Humana: Um estudo de caso do Município de Rio Branco, Acre. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) Rio de Janeiro: ENSP, 80p.
40. Watts, K.D.. Healthcare Inequalities in Paediatric Respiratory Diseases. 2012. *Paediatric Respiratory Reviews*, 13: 57-62.
41. WHO, 2011. Brazil (<http://www.who.int/countries/bra/>). Acesso em 15 jul 2011.
42. WHO, World Health Organization. 2005. WHO air quality guidelines – global update 2005. Bonn, Germany: WHO, 2005.

## 5.2. Fase II - Análise sazonal dos biomarcadores

### 5.2.1. Sazonalidade Climática e Exposição às queimadas

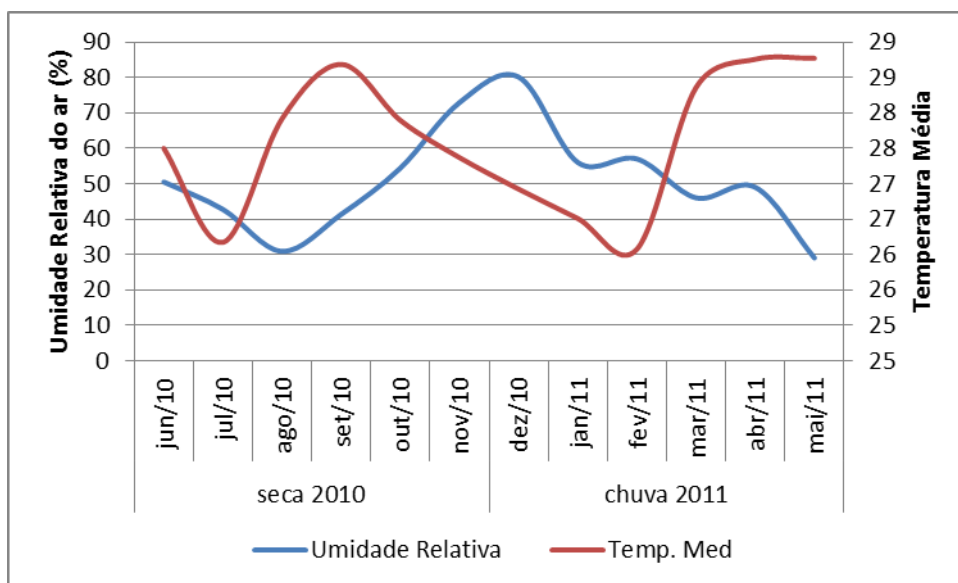
O mapa ilustra a grande quantidade de focos de queimada registrados no período de seca no município de Porto Velho (RO), localizando-os no entorno das comunidades alvo do estudo. A direção preferencial média do vento nesse período foi para o norte pressupondo ainda a exposição dessas comunidades a fumaça vinda do sul e sudoeste do município onde se observa uma grande concentração de focos (figura 1).



Fonte: GeoLab/UNEMAT

**Figura 1. Média dos focos de queimada e direção preferencial dos ventos em Porto Velho (RO) no período de seca em 2010.**

A umidade relativa do ar encontra-se alta tanto no período de seca quanto no período de chuva com uma média geral de 50,8%, sendo o valor mínimo alcançado, entre junho de 2010 e maio de 2011, de 29% e o máximo de 80%. A temperatura segue o mesmo padrão apresentando-se alta em ambos os períodos com uma média geral de 27,5 °C. Embora a variação de temperatura seja maior na chuva o valor mínimo foi de 26 °C (figura 2).

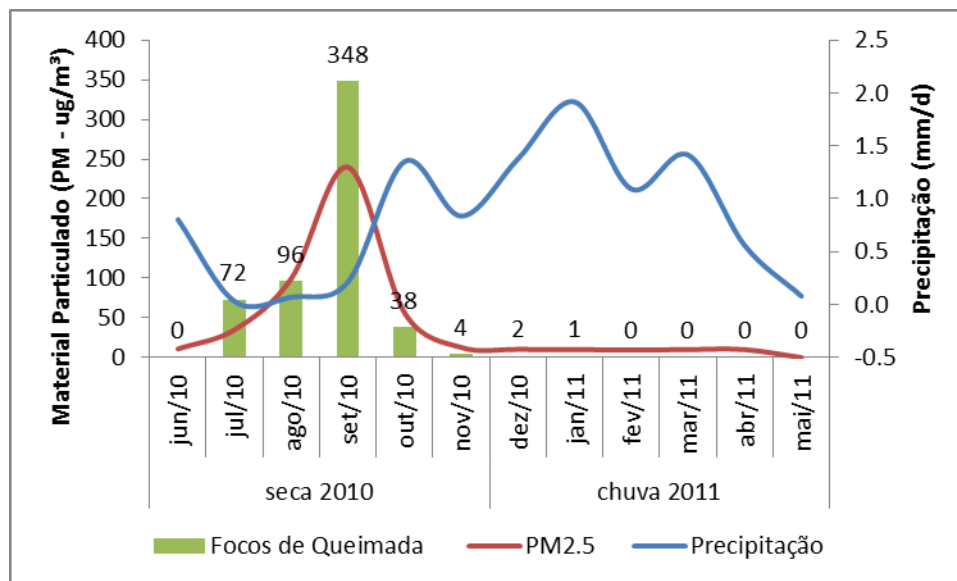


Fonte: CPTEC/INPE, 2011.

**Figura 2. Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar no município de Porto Velho (RO), segundo períodos de seca e chuva.**

A precipitação foi duas vezes maior na chuva com mais da metade dos meses apresentando acima de 1,2 mm/d. As concentrações de material particulado foram maiores na seca com média de 75,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , com mais da metade (75%) dos valores acima de 45,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , porém apresentando um intervalo de confiança muito maior que na chuva, onde as concentrações de material particulado não foram superiores a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tendo como base o satélite de referência para 2010 e 2011 (NOAA15) observou-se um número muito superior de focos de queimada no período de seca, com o valor máximo de 348 focos, sendo que a maioria dos meses apresentou média acima de 55 focos de queimada. A grande disparidade da distribuição dos focos entre seca e chuva é evidente, observando uma média de 93 focos no período de seca e praticamente nenhum foco no período de chuva (figura 3).





Fonte: SISAM/INPE, 2011.

**Figura 3. Focos de queimada, concentração de PM<sub>2,5</sub> e precipitação mensal no município de Porto Velho (RO).**

### 5.2.2. Características gerais da população de estudo

Foram entrevistados 160 pais e/ou responsáveis, sendo 80 em cada comunidade, totalizando 320 questionários, considerando o questionário domiciliar e o infantil. Foram realizados 147 exames de espirometria no período de seca e 144 no período de chuva, sendo que 120 exames foram realizados na mesma criança nos dois períodos, destes 59 eram de Belmont e 61 de Cuniã. Os exames de sangue somaram 135 na seca e 139 na chuva, dos quais 120 foram realizados na mesma criança em ambos os períodos, totalizando 55 exames realizados em Belmont e 65 em Cuniã. O parasitológico de fezes foi realizado em 95 crianças na seca e 139 na chuva, no entanto somente 83 exames foram referentes à mesma criança nos dois períodos, sendo que 34 eram referentes à comunidade de Belmont e 49 a comunidade de Cuniã (tabela 1).

**Tabela 1. Questionários e exames realizados por período e comunidade.**

| Comunidade                                | Seca        | Chuva       | Crianças que participaram nos dois períodos |
|---|-------------|-------------|---|
|   | N (%)       | N (%)       | N (%)                                       |
| <b>Questionário infantil e domiciliar</b> |             |             |   |
| Belmont                                   | 80 (50,0)   | -           | -   |
| Cuniã                                     | 80 (50,0)   | -           | -   |
| Total                                     | 160 (100,0) | -           | -   |
| <b>Espirometria</b>                       |             |             |   |
| Belmont                                   | 74 (50,34)  | 73 (50,69)  | 59 (49,16)                                  |
| Cuniã                                     | 73 (49,66)  | 71 (49,30)  | 61 (50,84)                                  |
| Total                                     | 147 (100,0) | 144(100,0)  | 120 (100,0)                                 |
| <b>Sangue</b>                             |             |             |   |
| Belmont                                   | 61 (45,18)  | 68 (48,92)  | 55 (45,83)                                  |
| Cuniã                                     | 74 (54,82)  | 71 (51,08)  | 65 (54,17)                                  |
| Total                                     | 135 (100,0) | 139 (100,0) | 120 (100,0)                                 |
| <b>Parasitológico de Fezes</b>            |             |             |   |
| Belmont                                   | 39 (41,05)  | 68 (48,92)  | 34 (40,96)                                  |
| Cuniã                                     | 56 (58,95)  | 71 (51,08)  | 49 (59,04)                                  |
| Total                                     | 95 (100,0)  | 139 (100,0) | 83 (100,0)                                  |

Verifica-se maior proporção de crianças e adolescentes do sexo feminino em ambas comunidades, totalizando 52,5% da população de Belmont e 60% da população de Cuniã. Mais de 70% da população de estudo é composta por crianças (>12 anos de idade), sendo que a média de idade foi de 10 anos no período de seca e 11 anos no período de chuva em ambas as comunidades. Cerca de 65,6% da população geral matriculada entre o 1º e o 4º ano do ensino fundamental. Aproximadamente 90% da população de estudo encontra-se matriculada em uma escola.

O tempo médio de moradia das famílias nas comunidades é de 17 e 20 anos em Belmont e Cuniã, respectivamente. Em ambas as comunidades os domicílios abrigam em média 1 família composta por 2 ou 3 adultos e 1 ou 2 crianças. As casas possuem entre 4 e 5 cômodos.

A captação de água apresenta diferença estatisticamente significativa entre as comunidades ( $\chi^2$  12,5:  $p < 0,00$ ) sendo que 48,8% dos domicílios de Belmont vem direto do rio ou igarapé, enquanto em 57,5% dos domicílios de Cuniã a água é proveniente de poços superficiais. A maioria das pessoas entrevistadas não utilizam nenhum tipo de tratamento caseiro para água, totalizando 75% em Cuniã e 83,8% em Belmont com uma diferença estatisticamente significativa entre as comunidades ( $\chi^2$  43,5:  $p < 0,00$ ). O principal destino do lixo de ambas as comunidade é a queima, no entanto as comunidades apresentam diferença estatisticamente significativa ( $\chi^2$  19,8:  $p < 0,00$ ) com uma proporção de 98,8% em Cuniã e 78,8% em Belmont. As comunidades utilizam a fossa rústica como esgotamento sanitário, no entanto em 8% dos domicílios de Belmont o destino das fezes é a céu aberto, apresentando diferença estatística entre as comunidades ( $\chi^2$  8,5:  $p < 0,00$ ). A proporção da população que possui algum animal de estimação (cachorro, gato ou macaco) em casa encontra-se em 52,5% e 62,5%, em Belmont e Cuniã respectivamente. Cerca de 71,3% dos entrevistados em Belmont e 76,3% dos entrevistados em Cuniã utilizam o serviço de saúde público quando necessário (Tabela 2).

**Tabela 2. Características gerais de moradia e saneamento das comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho – RO, dezembro 2010.**

|                           | Geral |       | Belmont |       | Cuniã |       |
|---------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
|                           | N     | %     | N       | %     | N     | %     |
| <b>Tipo de Construção</b> |       |       |         |       |       |       |
| Tijolo                    | 39    | 24,4  | 31      | 38,8  | 8     | 10,0  |
| Madeira                   | 72    | 45,0  | 30      | 37,5  | 42    | 52,5  |
| Tijolo e madeira          | 49    | 30,6  | 19      | 23,8  | 30    | 37,5  |
| Total                     | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b>Tipo de Piso</b>       |       |       |         |       |       |       |
| Cerâmica                  | 43    | 26,9  | 15      | 18,8  | 28    | 35,0  |
| Cimento                   | 42    | 26,3  | 38      | 47,5  | 4     | 5,0   |
| Madeira                   | 70    | 42,5  | 22      | 27,5  | 48    | 58,0  |
| Terra                     | 5     | 3,1   | 5       | 6,3   |       |       |
| Total                     | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b>Captação de água</b>   |       |       |         |       |       |       |
| Rede pública              | 2     | 1,3   | 2       | 2,5   | -     | -     |
| Poço                      | 85    | 53,1  | 39      | 48,8  | 46    | 57,5  |
| Poço e rio                | 4     | 2,5   | -       | -     | 4     | 5,0   |
| Rio / igarapé             | 69    | 43,1  | 39      | 48,8  | 30    | 37,5  |
| Total                     | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |

**Continuação tabela 2: Características gerais de moradia e saneamento das comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho – RO, dezembro 2010.**

|  | Geral |       | Belmont |       | Cuniã |       |
|--|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
|  | N     | %     | N       | %     | N     | %     |
| <b><i>Tratamento da água</i></b>             |       |       |         |       |       |       |
| Filtrada                                     | 12    | 7,5   | 3       | 3,8   | 9     | 11,3  |
| Adição de Cloro                              | 11    | 6,9   | -       | -     | 11    | 13,8  |
| Água mineral                                 | 10    | 6,3   | 10      | 12,5  | -     | -     |
| Nenhum                                       | 127   | 79,4  | 67      | 83,8  | 60    | 75,0  |
| Total  | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b><i>Iluminação</i></b>                     |       |       |         |       |       |       |
| Motor (gasolina/diesel)                      | 7     | 4,4   | -       | -     | 7     | 8,8   |
| Somente energia elétrica                     | 150   | 93,8  | 77      | 96,3  | 73    | 91,3  |
| Não possui                                   | 3     | 1,9   | 3       | 3,8   | -     | -     |
| Total  | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b><i>Tipo de Fogão</i></b>                  |       |       |         |       |       |       |
| botijão de gás                               | 136   | 85,0  | 68      | 84,0  | 68    | 86,1  |
| Lenha  | 9     | 5,6   | 5       | 6,2   | 4     | 5,1   |
| gás e lenha                                  | 15    | 9,4   | 7       | 8,8   | 8     | 9,9   |
| Total  | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b><i>Destino do lixo</i></b>                |       |       |         |       |       |       |
| Coletado por caminhão                        | 16    | 10,0  | 16      | 20,0  | -     | -     |
| Queimado                                     | 142   | 88,8  | 63      | 78,8  | 79    | 98,8  |
| Enterrado                                    | 1     | ,6    | 1       | 1,3   | 1     | 1,3   |
| Céu aberto ou quintal                        | 1     | ,6    | -       | -     | -     | -     |
| Total  | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b><i>Tipo de Esgoto</i></b>                 |       |       |         |       |       |       |
| Fossa  | 152   | 95,0  | 72      | 90,0  | 80    | 100,0 |
| Céu aberto                                   | 8     | 5,0   | 8       | 10,0  | -     | -     |
| Total  | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b><i>Animal de estimação</i></b>            |       |       |         |       |       |       |
| Sim  | 92    | 57,5  | 42      | 52,5  | 50    | 62,5  |
| Não  | 68    | 42,5  | 38      | 47,5  | 30    | 37,5  |
| Total  | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |
| <b><i>Utilização do Serviço de Saúde</i></b> |       |       |         |       |       |       |
| Público                                      | 118   | 73,8  | 57      | 71,3  | 61    | 76,3  |
| Particular                                   | 30    | 18,8  | 14      | 17,5  | 16    | 20,0  |
| Não soube/ Não respondeu                     | 12    | 7,5   | 9       | 11,3  | 3     | 3,8   |
| Total  | 160   | 100,0 | 80      | 100,0 | 80    | 100,0 |

A maioria dos responsáveis (88%) foram do sexo feminino, apresentaram idade entre 30 e 44 anos (68%) e escolaridade do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (46%). A escolaridade apresentou diferença estatisticamente significativa entre as comunidades ( $\chi^2$  30,6:  $p < 0,00$ ) Na comunidade de Cuniã 8,8% dos responsáveis entrevistados não sabem ler e/ou escrever e 6% apresentam ensino superior. A renda familiar média encontra-se entre 200 e 600 reais em 47,5% dos entrevistados em Belmont e 48,8% dos entrevistados em Cuniã. Em Cuniã 11,3% dos entrevistados apresentam renda familiar menor que 200 reais. Os entrevistados trabalham majoritariamente de 4 a 8 horas por dia, sendo 28,8% em Belmont e 43,8% em Cuniã, com uma diferença estatisticamente significativa entre as comunidades (teste T 7,1:  $p < 0,00$ ). Em Belmont 28,8% dos responsáveis entrevistados relataram fumar atualmente, 33,8% já fumaram em algum momento da vida e 32,5% nunca fumaram, enquanto em Cuniã 15% dos responsáveis entrevistados relataram fumar atualmente, 46,3% já fumaram em algum momento da vida e 37,5% nunca fumaram (Tabela 3).

**Tabela 3. Características socioeconômicas e demográficas dos responsáveis pelas crianças e adolescentes residentes nas comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho (RO), dezembro 2010.**

|                          | Geral <sup>1</sup> |      | Belmont <sup>2</sup> |      | Cuniã <sup>3</sup> |      |
|--------------------------|--------------------|------|----------------------|------|--------------------|------|
|                          | N                  | %    | N                    | %    | N                  | %    |
| <b><i>Parentesco</i></b> |                    |      |                      |      |                    |      |
| Mãe                      | 125                | 78,1 | 62                   | 77,5 | 63                 | 78,8 |
| Pai                      | 16                 | 10,0 | 7                    | 8,8  | 9                  | 11,3 |
| Avó                      | 7                  | 4,4  | 5                    | 6,3  | 2                  | 2,5  |
| Outro <sup>4</sup>       | 5                  | 3,1  | 4                    | 5,0  | 1                  | 1,3  |
| Total                    | 153                | 95,6 | 78                   | 97,5 | 75                 | 93,8 |
| <b><i>Sexo</i></b>       |                    |      |                      |      |                    |      |
| Masculino                | 14                 | 8,8  | 6                    | 7,5  | 8                  | 10,0 |
| Feminino                 | 141                | 88,1 | 70                   | 87,5 | 71                 | 88,8 |
| Total                    | 155                | 96,9 | 76                   | 95,0 | 79                 | 98,8 |
| <b><i>Idade</i></b>      |                    |      |                      |      |                    |      |
| 15 a 29 anos             | 20                 | 12,5 | 7                    | 8,8  | 13                 | 16,3 |
| 30 a 44 anos             | 110                | 68,8 | 60                   | 75,0 | 50                 | 62,5 |
| 45 a 59 anos             | 20                 | 12,5 | 6                    | 7,5  | 14                 | 17,5 |
| 60 anos acima            | 5                  | 3,1  | 3                    | 3,8  | 2                  | 2,5  |
| Total                    | 155                | 96,9 | 76                   | 95,0 | 79                 | 98,8 |

**Continuação da tabela 3. Características socioeconômicas e demográficas dos responsáveis pelas crianças e adolescentes residentes nas comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho (RO), dezembro 2010.**

|                                    | Geral <sup>1</sup> |      | Belmont <sup>2</sup> |      | Cuniã <sup>3</sup> |      |
|------------------------------------|--------------------|------|----------------------|------|--------------------|------|
|                                    | N                  | %    | N                    | %    | N                  | %    |
| <b><i>Escolaridade</i></b>         |                    |      |                      |      |                    |      |
| Não sabe ler e/ou escrever         | 7                  | 4,4  | -                    | -    | 7                  | 8,8  |
| 1º a 5º ano do ensino fundamental  | 74                 | 46,3 | 38                   | 47,5 | 36                 | 45,0 |
| 6º ao 9º ano do ensino fundamental | 46                 | 28,8 | 20                   | 25,0 | 26                 | 32,5 |
| Ensino médio                       | 23                 | 14,4 | 18                   | 22,5 | 5                  | 6,3  |
| Graduação e/ou pós-graduação       | 5                  | 3,1  | -                    | -    | 5                  | 6,3  |
| Total                              | 155                | 96,9 | 76                   | 95,0 | 79                 | 98,8 |
| <b><i>Ocupação Principal</i></b>   |                    |      |                      |      |                    |      |
| Pescador (a)                       | 16                 | 10,0 | -                    | -    | 16                 | 20,0 |
| Agricultor                         | 28                 | 17,5 | 10                   | 12,5 | 18                 | 22,5 |
| Do lar                             | 75                 | 46,9 | 42                   | 52,5 | 33                 | 41,3 |
| Estudante                          | 1                  | 0,6  | -                    | -    | 1                  | 1,3  |
| Doméstica                          | 6                  | 3,8  | 5                    | 6,3  | -                  | -    |
| Professor (a)                      | 5                  | 3,1  | -                    | -    | 6                  | 7,5  |
| Auxiliar de serviços gerais        | 12                 | 7,5  | 9                    | 11,3 | 3                  | 3,8  |
| Aposentado (a)                     | 1                  | 0,6  | 1                    | 1,3  | -                  | -    |
| Outros                             | 9                  | 5,6  | 7                    | 8,8  | 2                  | 2,5  |
| Desempregado (a)                   | 2                  | 1,3  | 2                    | 2,5  | -                  | -    |
| Total                              | 155                | 96,9 | 76                   | 95,0 | 79                 | 98,8 |
| <b><i>Renda familiar</i></b>       |                    |      |                      |      |                    |      |
| Até 200 reais                      | 9                  | 5,6  | -                    | -    | 9                  | 11,3 |
| 200 a 600 reais                    | 77                 | 48,1 | 38                   | 47,5 | 39                 | 48,8 |
| 600 a 1000 reais                   | 30                 | 18,8 | 22                   | 27,5 | 8                  | 10,0 |
| 1000 a 2000 reais                  | 18                 | 11,3 | 11                   | 13,8 | 7                  | 8,8  |
| Acima de 2000 reais                | 11                 | 6,9  | 3                    | 3,8  | 8                  | 10,0 |
| Total                              | 145                | 90,6 | 74                   | 92,5 | 71                 | 88,8 |
| <b><i>Horas de trabalho</i></b>    |                    |      |                      |      |                    |      |
| Menos de 4 horas diárias           | 9                  | 5,6  | 2                    | 2,5  | 7                  | 8,8  |
| Entre 4 a 8 horas diárias          | 58                 | 36,3 | 23                   | 28,8 | 35                 | 43,8 |
| Mais de 8 horas diárias            | 6                  | 3,8  | 3                    | 3,8  | 3                  | 3,8  |
| Total                              | 73                 | 45,6 | 28                   | 35,0 | 45                 | 56,3 |
| <b><i>Tabagismo</i></b>            |                    |      |                      |      |                    |      |
| Fuma atualmente                    | 35                 | 21,9 | 23                   | 28,8 | 12                 | 15,0 |
| Parou de fumar                     | 64                 | 40,0 | 27                   | 33,8 | 37                 | 46,3 |
| Nunca fumou                        | 56                 | 35,0 | 26                   | 32,5 | 30                 | 37,5 |
| Total                              | 155                | 96,9 | 76                   | 95,0 | 79                 | 98,8 |

N total de crianças: 1- 160; 2-80; 3- 80.

4- madrasta, irmã, tia.

Em Belmont 72,5% das crianças e adolescentes já tiveram malária alguma vez na vida, enquanto em Cuniã essa proporção chega a 88,8% na população de estudo. Através do módulo ISAAC foram identificadas 6,3% de crianças com asma na comunidade de Belmont, enquanto na comunidade de Cuniã foram 13,8% (tabela 4).

**Tabela 4. Características gerais de saúde das crianças e adolescentes residentes nas comunidades de Cuniã e Belmont, Porto Velho – RO, dezembro 2010.**

|  | Geral |         | Belmont |         | Cuniã |         |
|--|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
| <i>Peso ao nascer (kg)</i><br><b>Média (DP)</b>    | 3.28  | (0,64)  | 3.28    | (0,66)  | 3.28  | (0,62)  |
| <i>Amamentação (meses)</i><br><b>Média (DP)</b>    | 16.47 | (12,01) | 17.16   | (12,41) | 15.87 | (11,71) |
|  | N     | %       | N       | %       | N     | %       |
| <b>Cigarro na gravidez</b>                         |       |         |         |         |       |         |
| Sim  | 21    | 13,1    | 13      | 16,3    | 8     | 10,0    |
| Não  | 130   | 81,3    | 60      | 75,0    | 70    | 87,5    |
| Não soube/ não respondeu                           | 9     | 5,6     | 7       | 8,8     | 2     | 2,5     |
| Total  | 160   | 100,0   | 80      | 100,0   | 80    | 100,0   |
| <b>Amamentação</b>                                 |       |         |         |         |       |         |
| Sim  | 145   | 90,6    | 69      | 86,3    | 76    | 95,0    |
| Não  | 5     | 3,1     | 4       | 5,0     | 1     | 1,3     |
| Não soube  | 10    | 6,3     | 7       | 8,8     | 3     | 3,8     |
| Total  | 160   | 100,0   | 80      | 100,0   | 80    | 100,0   |
| <b>Calendário de vacinação completo/atualizado</b> |       |         |         |         |       |         |
| Sim  | 155   | 96,9    | 75      | 93,8    | 80    | 100,0   |
| Não encontrou o cartão                             | 5     | 3,2     | 5       | 6,2     | -     | -       |
| Total  | 160   | 100,0   | 80      | 100,0   | 80    | 100,0   |
| <b>Asma – ISAAC</b>                                |       |         |         |         |       |         |
| Sim  | 16    | 10,0    | 5       | 6,3     | 11    | 13,8    |
| Não  | 120   | 75,0    | 54      | 67,5    | 66    | 82,5    |
| Não soube responder                                | 24    | 15,0    | 21      | 26,3    | 3     | 3,8     |
| Total  | 160   | 100,0   | 80      | 100,0   | 80    | 100,0   |
| <b>Malária durante a vida</b>                      |       |         |         |         |       |         |
| Não  | 27    | 16,9    | 18      | 22,5    | 9     | 11,3    |
| Sim  | 129   | 80,6    | 58      | 72,5    | 71    | 88,8    |
| Não soube responder                                | 4     | 2,5     | 4       | 5,0     | -     | -       |
| Total  | 160   | 100,0   | 80      | 100,0   | 80    | 100,0   |

No período de seca observa-se, para o conjunto das comunidades, um aumento estatisticamente significativo ( $\chi^2$  5,0;  $p < 0,038$ ) na proporção de crianças e adolescentes infestadas por organismos patogênicos, sendo a razão de prevalência de infestação na seca 76% maior que na chuva. Em Belmont a proporção de parasitose por microorganismos patogênicos foi de 29,4% na seca e 26,4% na chuva com 11% mais probabilidade de ocorrência no período de seca (IC95% 0,5 – 2,3), enquanto em Cuniã observa-se 40,8% na chuva e 16,3% na chuva sendo que a razão de prevalência de 2,5 (IC95% 1,2 – 5,1). Apesar da prevalência de parasitose intestinal ser maior na seca nas duas comunidades, observou-se significância estatística apenas na comunidade de Cuniã ( $\chi^2$  7,2;  $p < 0,01$ ) (tabela 5).

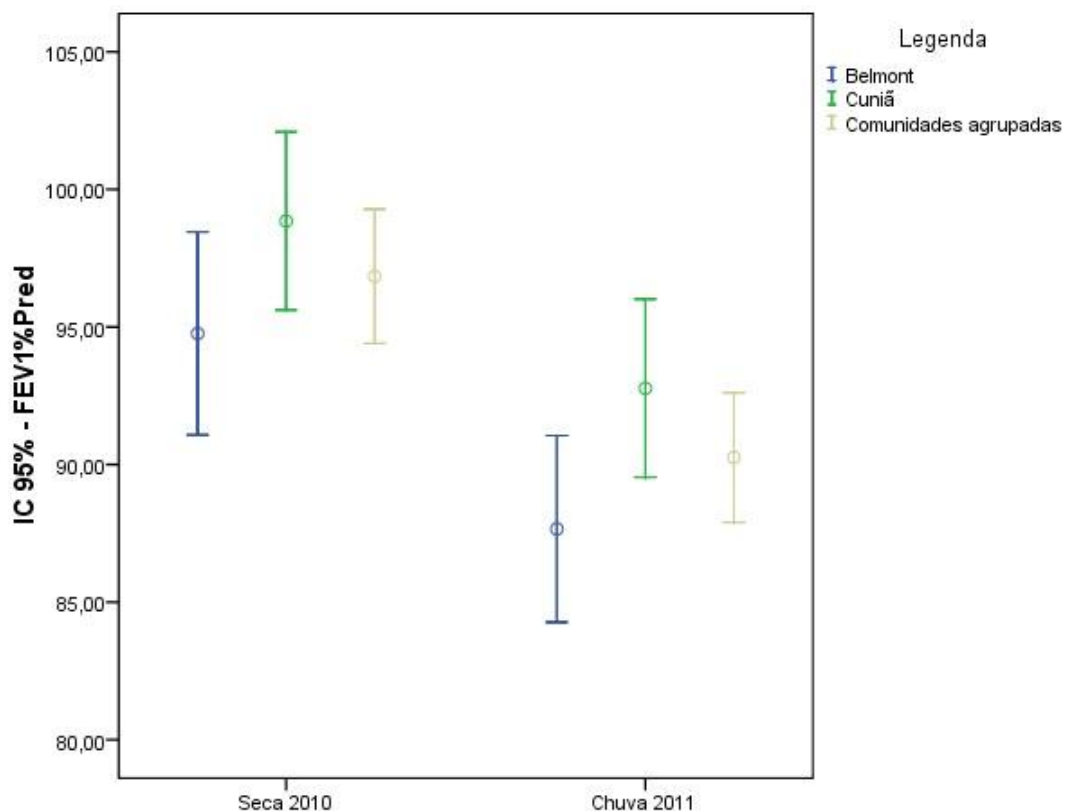
**Tabela 5. Diagnóstico de parasitose intestinal segundo comunidade e exposição sazonal as queimadas.**

|                              |                | Seca  |       | Chuva |         | $\chi^2$<br>(valor de p) | Razão de<br>Prevalência<br>(IC - 95%) |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-------|---------|--------------------------|---------------------------------------|
|                              |                | N     | %     | N     | %       |                          |                                       |
| <b>Parasitose Intestinal</b> | <b>Belmont</b> |       |       |       |         |                          |                                       |
|                              | Positivo       | 10    | 29,41 | 09    | 26,47   | 0,07                     | 1,11                                  |
|                              | Negativo       | 24    | 70,59 | 25    | 73,53   | (1,000)                  | (0,5 - 2,3)                           |
|                              | Total          | 34    | 100,0 | 34    | 100,0   |                          |                                       |
|                              | <b>Cuniã</b>   |       |       |       |         |                          |                                       |
|                              | Positivo       | 20    | 40,8  | 8     | 16,3    | 7,20                     | 2,50                                  |
|                              | Negativo       | 29    | 59,2  | 41    | 83,7    | (0,013)                  | (1,21 - 5,12)                         |
|                              | Total          | 49    | 100,0 | 49    | 100,0   |                          |                                       |
|                              | <b>Geral</b>   |       |       |       |         |                          |                                       |
|                              | Positivo       | 30    | 36,15 | 17    | 20,49   | 5,01                     | 1,76                                  |
| Negativo                     | 53             | 63,85 | 66    | 79,51 | (0,038) | (1,0 - 2,9)              |                                       |
| Total                        | 83             | 100,0 | 83    | 100,0 |         |                          |                                       |



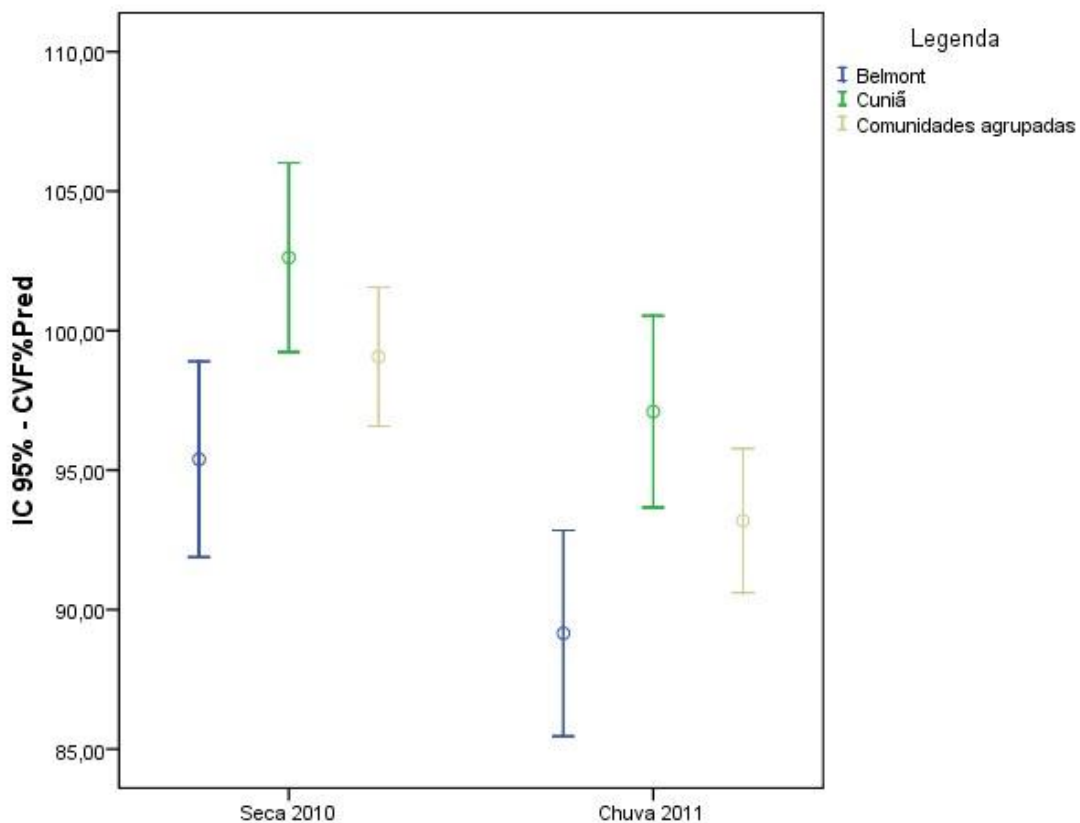
#### 5.2.4. Descrição dos biomarcadores segundo a exposição sazonal às queimadas

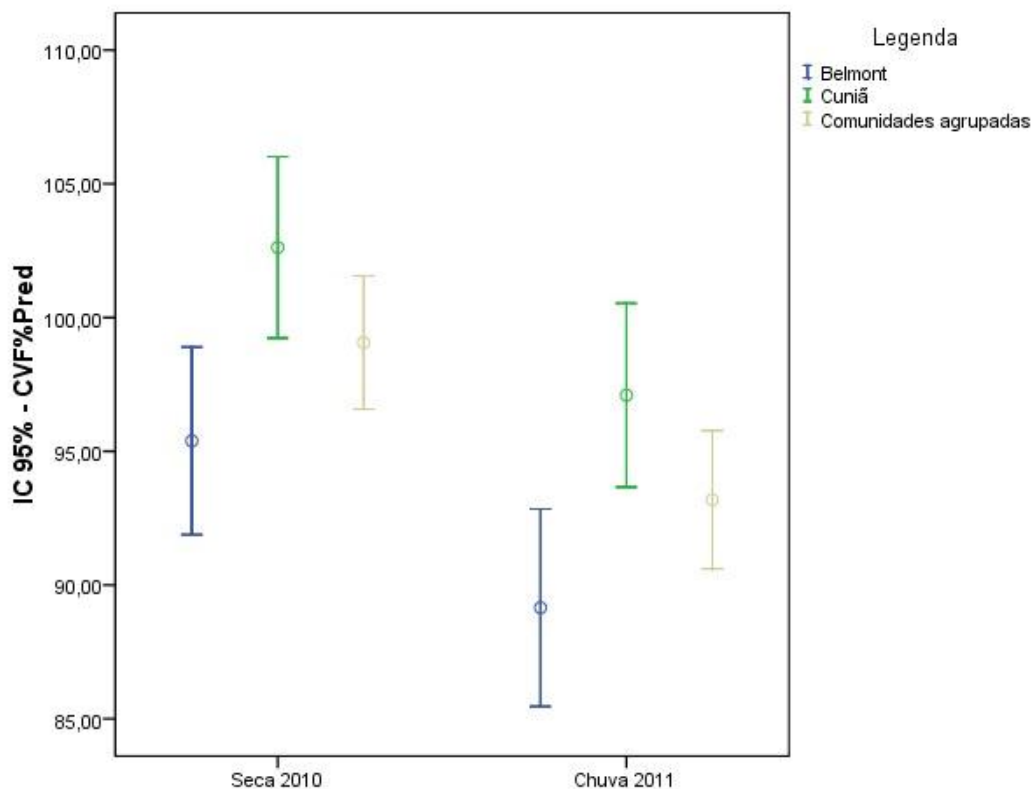
O VEF1%Pred apresentou valores menores no período de chuva com diferença sazonal considerada estatisticamente significativa através do Teste t a 5% de significância tanto para as comunidades em separado (Cuniã: Teste t 7,0;  $p < 0,009$  / Belmont: Teste t 8,0;  $p < 0,005$ ) quanto de forma agrupada (Teste t 14,7;  $p < 0,000$ ). A média geral encontra-se dentro dos parâmetros de normalidade. Na seca foram observadas médias de 96,8% (IC95% 94,4 – 99,2) para o conjunto das comunidades, 94,7% (IC95% 91,0 – 98,4) para Belmont e 98,8% (IC95% 95,6 – 102,0) para Cuniã. Na chuva as médias foram, respectivamente, 90,2% (IC95% 87,9 – 92,6), 87,6% (IC95% 84,2 – 91,0) e 92,7% (IC95% 89,5 – 96,0) (figura 4).



**Figura 4. Volume de Fluxo expiratório no primeiro segundo (VEF1%Pred), segundo a comunidade e a exposição sazonal às queimadas.**

A CVF%Pred apresentou redução estatisticamente significativa no período da chuva a 5% de significância, tanto para as comunidades em separado (Cuniã: Teste t 5,2;  $p < 0,024$  / Belmont: Teste t 6,0;  $p < 0,016$ ) quanto de forma agrupada (Teste T 10,4; p-valor 0,001). As médias dos períodos são consideradas dentro dos padrões de normalidade, embora os parâmetros da seca apresentem-se maiores que o da chuva, com médias de 99,0% (IC95% 96,5 – 101,5) e 93,1% (IC95% 90,6 – 95,7), respectivamente, para o conjunto das comunidades. Em Belmont a média foi de 95,3% (IC95% 91,8 – 98,9) na seca e 89,1% (IC95% 85,4 – 92,8), sendo menores que as médias observadas para Cuniã com 102,6% (IC% 99,2 – 106,0) na seca e 97,0 (IC95% 93,6 – 100,5) na chuva. Foi observada uma diferença estatisticamente significativa entre as comunidades tanto na chuva (Teste T 4,2; p-valor 0,01) quanto na seca (Teste T 4,7; p-valor 0,00) ao nível de 5% de significância (figura 5).





**Figura 5. Capacidade Vital Forçada (CVF%Pred) segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

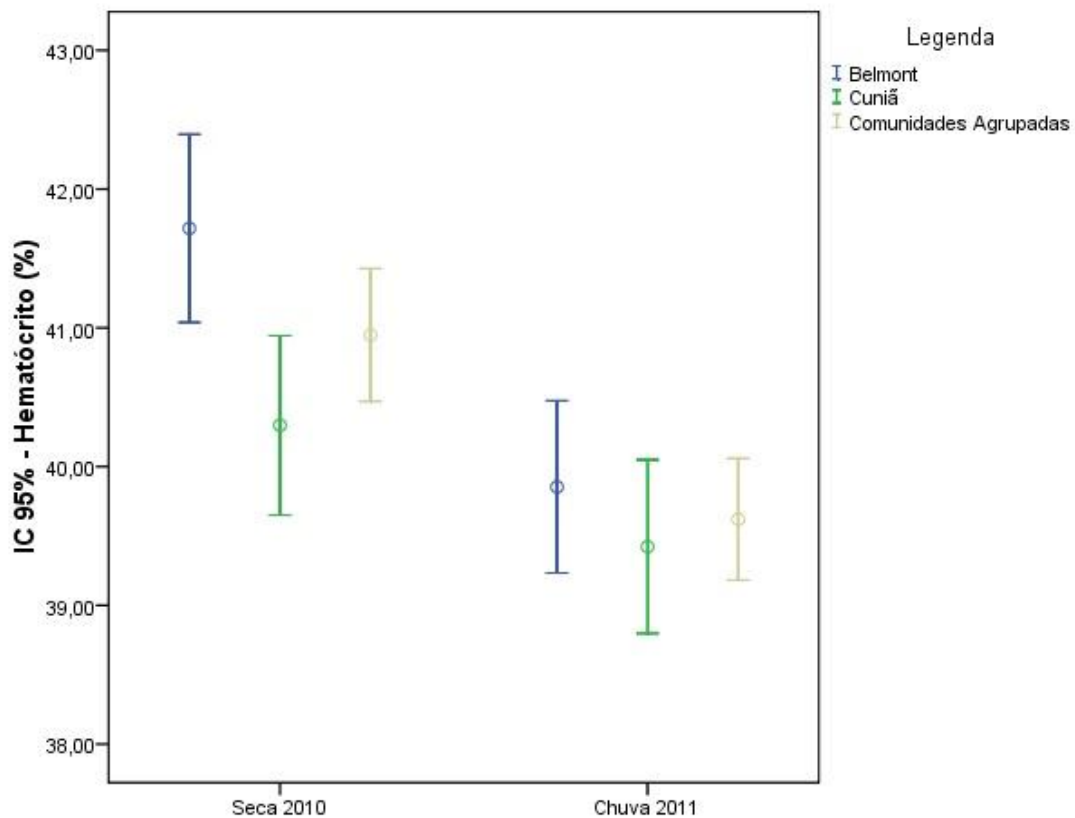
Para os parâmetros relacionados à alergia e inflamação não foram encontradas diferenças sazonais estatisticamente significativas através do teste qui-quadrado ao nível de significância de 5%. A IgE encontrou-se em torno de 60% dos exames classificados como reagente em ambas as etapas para as comunidades em separado e agrupadas. A comunidade de Belmont apresentou o dobro de chance de alteração na PCR no período de seca, enquanto Cuniã apresentou 66% menos chance de alteração nos exames de proteína C-reativa na seca. Para o IgE múltiplo observou-se maior probabilidade de alteração no período de chuva em ambas comunidades. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as comunidades (tabela 6).

**Tabela 6. Biomarcadores para inflamação e alergia segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

|                             |                | Seca   |        | Chuva  |         | $\chi^2$<br>(valor de p) | Razão de<br>Prevalência<br>(IC - 95%) |
|-----------------------------|----------------|--------|--------|--------|---------|--------------------------|---------------------------------------|
|                             |                | N      | %      | N      | %       |                          |                                       |
| Proteína C-reativa          | <b>Belmont</b> |        |        |        |         |                          |                                       |
|                             | Alterado       | 6      | 10,91  | 3      | 5,45    | 1,08                     | 2,00                                  |
|                             | Normal         | 49     | 89,09  | 52     | 94,55   | (0,489)                  | (0,5 - 7,6)                           |
|                             | Total          | 55     | 100,00 | 55     | 100,00  |                          |                                       |
|                             | <b>Cuniã</b>   |        |        |        |         |                          |                                       |
|                             | Alterado       | 2      | 3,08   | 3      | 4,62    | 0,20                     | 0,7                                   |
|                             | Normal         | 63     | 96,92  | 62     | 95,38   | (1,000)                  | (0,12 - 3,9)                          |
|                             | Total          | 65     | 100,00 | 65     | 100,00  |                          |                                       |
|                             | <b>Geral</b>   |        |        |        |         |                          |                                       |
| Alterado                    | 8              | 6,67   | 6      | 5,00   | 0,30    | 1,33                     |                                       |
| Normal                      | 112            | 93,33  | 114    | 95,00  | (0,784) | (0,5 - 3,7)              |                                       |
| Total                       | 120            | 100,00 | 120    | 100,00 |         |                          |                                       |
| IgE múltiplo para inalantes | <b>Belmont</b> |        |        |        |         |                          |                                       |
|                             | Reagente       | 36     | 65,45  | 37     | 67,27   | 0,04                     | 0,97                                  |
|                             | Não Reagente   | 19     | 34,55  | 18     | 32,73   | (1,000)                  | (0,7 - 1,3)                           |
|                             | Total          | 55     | 100,00 | 55     | 100,00  |                          |                                       |
|                             | <b>Cuniã</b>   |        |        |        |         |                          |                                       |
|                             | Reagente       | 38     | 58,46  | 39     | 60,00   | 0,03                     | 0,97                                  |
|                             | Não Reagente   | 27     | 41,54  | 26     | 40,00   | (1,000)                  | (0,7 - 1,3)                           |
|                             | Total          | 65     | 100,00 | 65     | 100,00  |                          |                                       |
|                             | <b>Geral</b>   |        |        |        |         |                          |                                       |
|                             | Reagente       | 74     | 61,67  | 76     | 63,33   | 0,07                     | 0,97                                  |
|                             | Não Reagente   | 46     | 38,33  | 44     | 36,67   | (0,894)                  | (0,8 - 1,2)                           |
|                             | Total          | 120    | 100,00 | 120    | 100,00  |                          |                                       |

Para o conjunto das comunidades o hematócrito apresentou uma redução estatisticamente significava através do teste t de student (16,4;  $p < 0,000$ ) no período de chuva, embora as médias dos períodos sejam consideradas dentro dos padrões de normalidade, sendo 40,9% (IC95% 40,4 – 41,4) na seca e 39,6% (IC95% 39,1 – 40,0) na chuva. Na comunidade de Belmont observou-se os maiores valores do hematócrito com média de 41,7% (IC95% 41,0 – 42,3) na seca e 39,8% (IC95% 39,2 - 40,4) na chuva, com uma diferença estatisticamente significativa (Teste t 16,5:  $p < 0,00$ ) a 5% de significância. Em Cuniã não foi observada diferença sazonal estatisticamente significativa (Teste t 3,7;  $p < 0,054$ ) nos valores do hematócrito sendo que a média na seca foi de 40,2 (IC95% 39,6 – 40,9) e na chuva 39,4 (IC95% 38,7 – 40,0). Foi

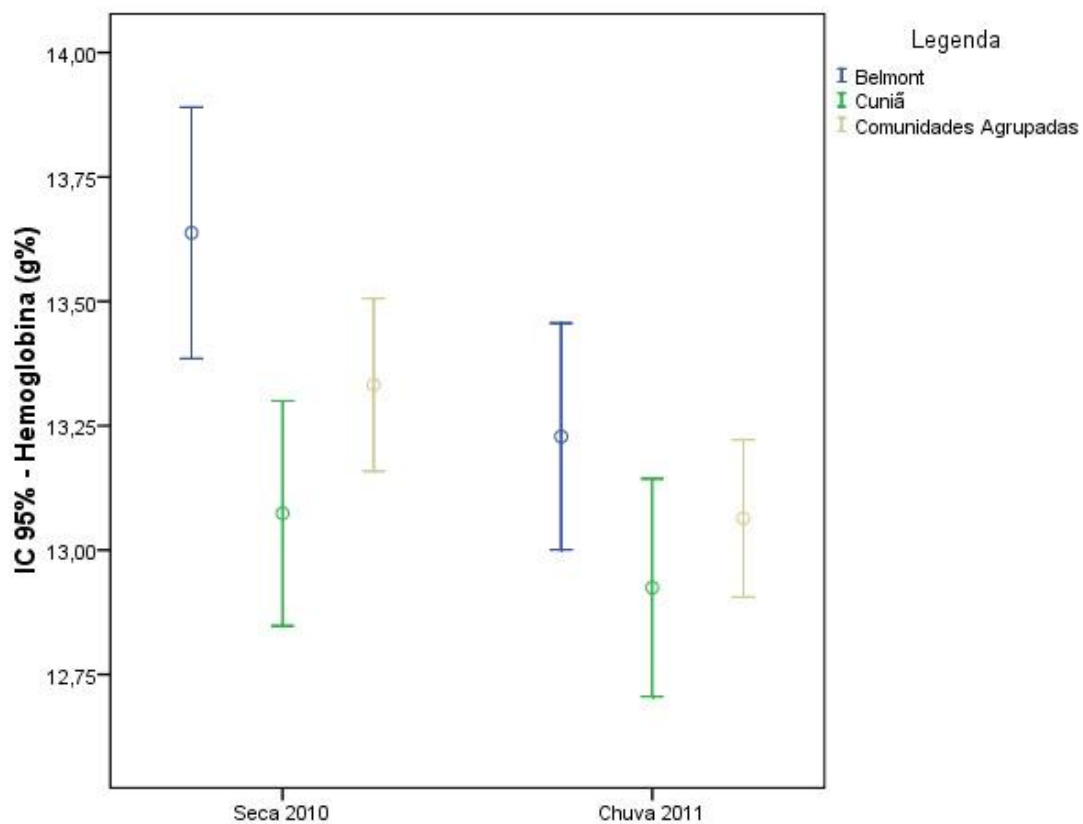
observada diferença estatisticamente significativa nos valores do hematócrito entre as comunidades apenas para o período de seca (teste T 4,4; p-valor 0,01) (figura 6).



**Figura 6. Distribuição dos valores do hematócrito segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

Nos parâmetros globais da hemoglobina, para as comunidades agrupadas, foi verificada diminuição estatisticamente significativa (Teste t 5,1;  $p < 0,025$ ) no período de chuva. As médias dos períodos encontram-se em torno de 13,3 g% (IC95% 13,1 – 13,5) na seca e 13,0 g% (IC95% 12,9 – 13,2) na chuva, sendo que mais da metade dos valores estão dentro dos padrões de normalidade. Em Belmont também foi observada redução estatisticamente significativa (Teste t 5,8;  $p < 0,018$ ) com médias para o período de seca de 13,6g% (IC95% 13,3 – 13,8) e para o período de chuva de 13,2 g% (IC95% 13,0 – 13,4). Na comunidade de Cuniã não foi verificada diferença estatisticamente significativa (Teste t 0,8;  $p < 0,34$ ) nos valores de hemoglobina embora a redução nas médias também seja observada, na seca observa-se média de 13,0 g% (IC95% 12,8 –

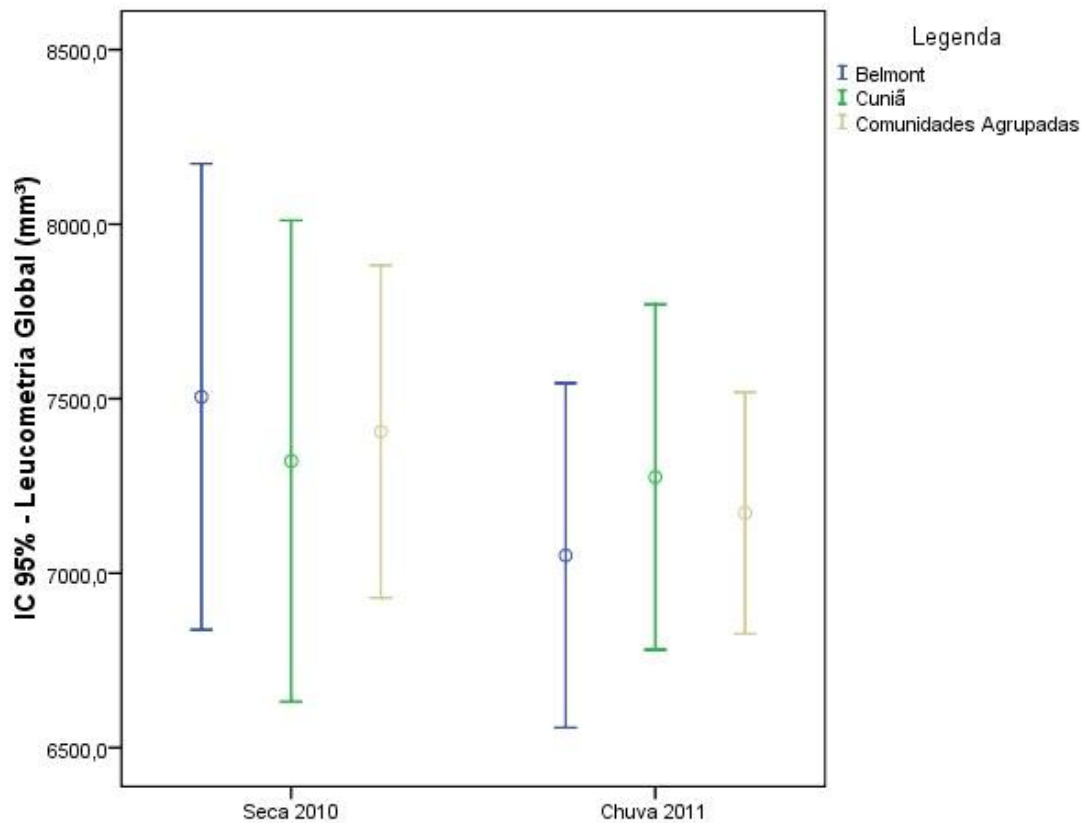
13,2) e na chuva 12,9 g% (IC95% 12,7 – 13,1). As maiores concentrações de hemoglobina no sangue são observadas para a comunidade de Belmont em ambos os períodos, contudo foi observada diferença estatisticamente significativa nas concentrações entre as comunidades somente no período de seca (teste T 5,3; p-valor 0,00) (figura 7).



**Figura 7. Distribuição dos valores de hemoglobina segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

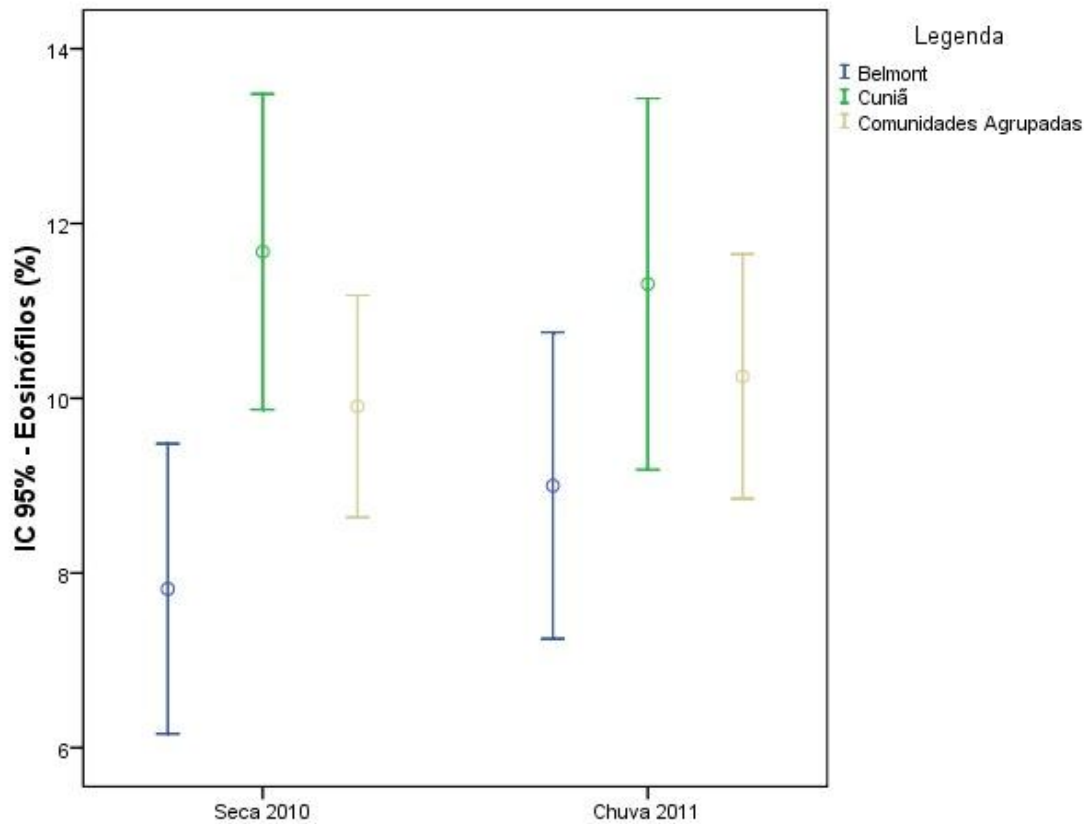
A Leucometria global não apresenta diferença sazonal para o conjunto das comunidades (teste t 0,6;  $p < 0,433$ ), nem para as comunidades em separado (Cuniã: Teste t ;  $p < /$  Belmont: Teste t 1,2;  $p < 0,27$ ), embora a média dos valores da Leucometria global na seca seja maior que na chuva. Na seca observa-se média de 7505,4 mm<sup>3</sup> (IC95% 6837,9 – 8172,9) em Belmont, 7321,5 mm<sup>3</sup> (IC95% 6631,5 – 8011,4) em Cuniã e 7405,8 mm<sup>3</sup> (IC95% 6929,4 – 7882,1) para o conjunto das comunidades, enquanto na

chuva as médias foram, respectivamente, 7050,9 mm<sup>3</sup> (IC95% 6557,5 – 7544,2), 7275,3 mm<sup>3</sup> (IC95% 6780,7 – 7769,9) e 7172,5 mm<sup>3</sup> (IC95% 6826,3 – 7518,6) (figura 8).



**Figura 8. Distribuição dos valores da Leucometria global segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

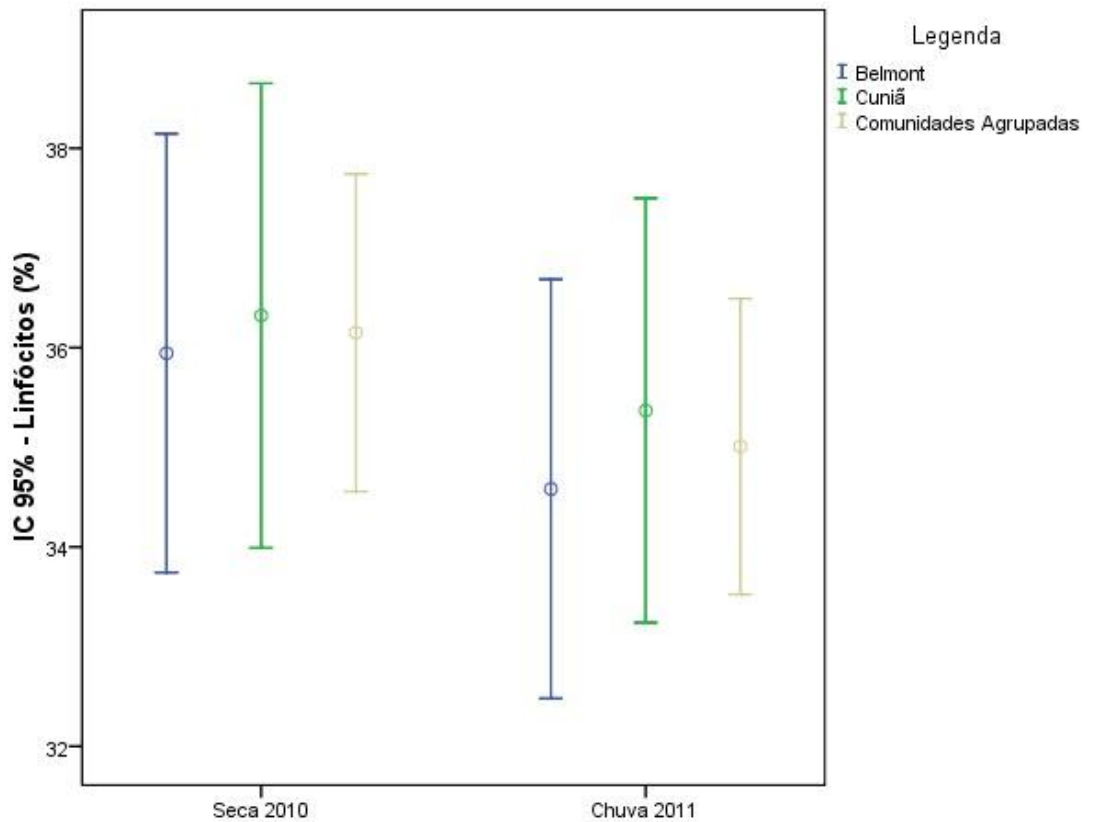
Ocorre eosinofilia em cerca de 70% dos exames em ambos os períodos para ambas as comunidades (Belmont: Teste t 0,9;  $p < 0,32$  / Cuniã: Teste t 0,7;  $p < 0,792$ ), bem como para o conjunto das mesmas (Teste t 0,12;  $p < 0,721$ ), não sendo verificada variação sazonal estatisticamente significativa através do teste t ao nível de significância de 5%. A média para o conjunto das comunidades foi de 9,9% (IC95% 8,6 – 11,1) na seca e 10,2% (IC95% 8,8 -11,6) na chuva. Para Belmont a média foi de 7,8% (IC95% 6,1 – 9,4) na seca e 9,0% (IC95% 7,2 – 10,7) na chuva. Em Cuniã são observadas as maiores médias com 11,6% (IC95% 9,8 – 13,4) na seca e 11,3% (IC95% 9,1 – 13,4) na chuva. Foi observada diferença estatisticamente significativa entre as comunidades no período de seca (Teste T 4,6; p-valor 0,01) (figura 9).



**Figura 9. Distribuição dos valores dos eosinófilos segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

As comunidades de Belmont e Cuniã (Belmont: Teste t 0,8;  $p < 0,37$  / Cuniã: Teste t 0,3;  $p < 0,547$ ), assim como o agrupamento das duas comunidades (Teste t 1,07;  $p < 0,300$ ), não apresentam diferença sazonal estatisticamente significativa para a distribuição dos valores dos linfócitos. A média geral encontra-se em 36,1% (IC95% 34,5 – 37,7) na seca e 35,1% (IC95% 33,5 – 36,4) na chuva. Em Belmont a média foi de 35,9% (IC95% 33,7 – 38,1) na seca e 34,5% (IC95% 32,4 – 36,6) na chuva, enquanto as médias de Cuniã para os períodos foram 36,3% (IC95% 33,9 – 38,6) na seca e 35,3% (IC95% 33,2 – 37,5) na chuva (figura 10).

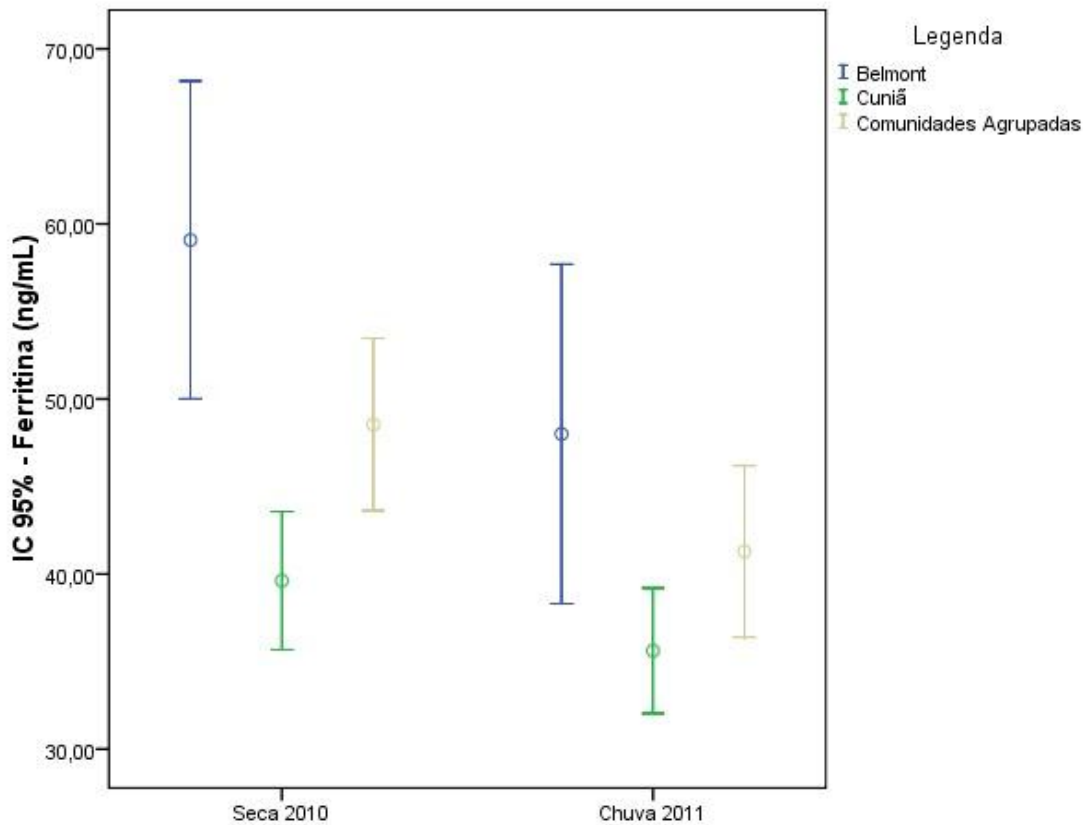




**Figura 10. Distribuição dos valores dos linfócitos segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

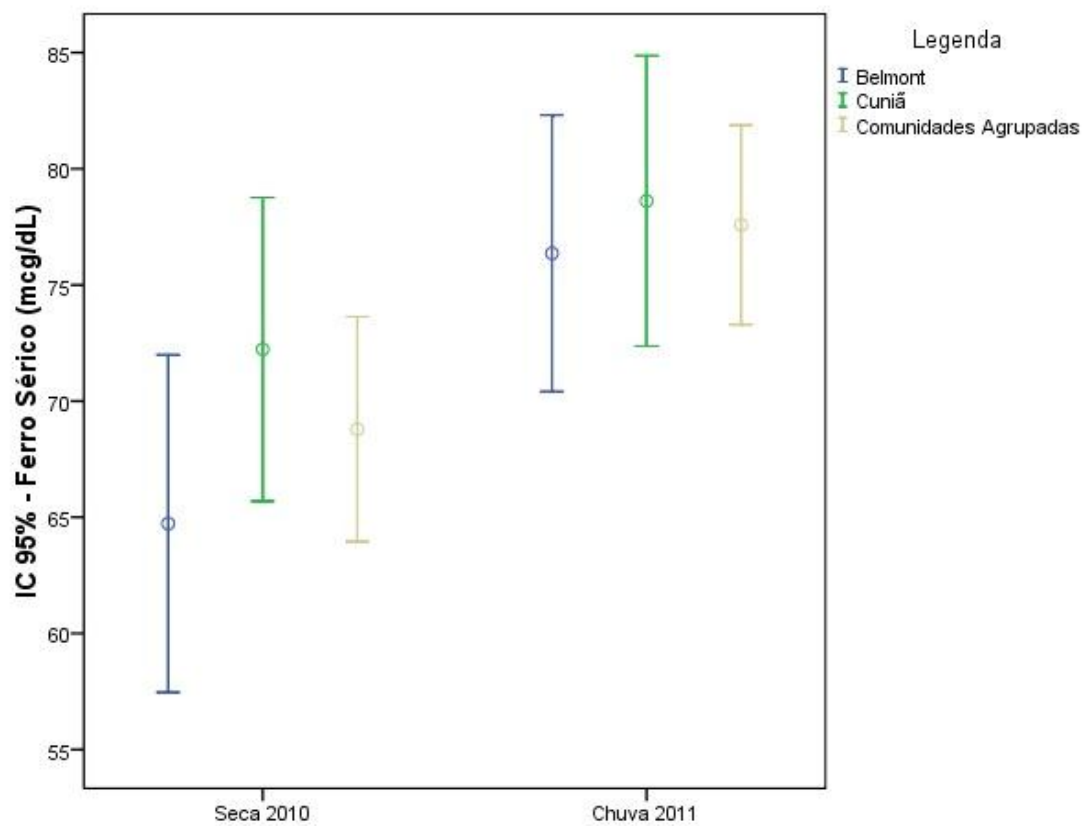
Para o conjunto das comunidades as concentrações séricas de ferritina apresentam diminuição estatisticamente significativa (Teste t 4,27;  $p < 0,040$ ) a 5% de significância no período de chuva. A concentração média na seca foi de 48,5 ng/mL (IC95% 43,6 – 53,4), enquanto que na chuva foi 41,2 ng/mL (IC95% 36,3 – 46,1). Para as comunidades em separado não foi verificada diferença sazonal estatisticamente significativa através do Teste t a 5% de significância (Cuniã: Teste t 2,2;  $p < 0,136$  / Belmont: Teste t 2,8;  $p < 0,097$ ), contudo observa-se redução nas médias de um período para o outro. Na seca as médias para Belmont e Cuniã foram 59,0 ng/ml (IC95% 50,0 – 68,1) e 39,6 ng/ml (IC95% 35,6 – 43,5), respectivamente, enquanto na chuva Belmont apresentou média de 47,9 ng/ml (IC95% 38,3 – 57,6) e Cuniã 35,6 ng/ml (IC95% 32,0 – 39,1). Nem mesmo os valores mínimos de ambos os períodos podem ser considerados fora dos padrões de normalidade, no entanto os níveis séricos verificados na comunidade de Belmont foram mais elevados que a comunidade de Cuniã e o conjunto das comunidades, em ambos os períodos. Foi observada diferença estatisticamente

significativa nos níveis séricos de ferritina entre as comunidades tanto no período de seca (teste T 8,0; p-valor 0,00) quanto para o período de chuva (teste T 3,1; p-valor 0,04) (figura 11).



**Figura 11. Distribuição dos valores séricos de ferritina segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

O Ferro Sérico apresenta aumento estatisticamente significativo (Teste t 7,246; 0,008) no período de chuva, apresentando uma média de 68,7 mcg/dL (IC95% 63,9 – 73,6) na seca e 77,5 mcg/dL (IC95% 73,2 – 81,8) na chuva, observando as comunidades de forma agrupada. No período de chuva também foi observado incremento estatisticamente significativo nos valores séricos do ferro na comunidade de Belmont (Teste t 6,1; p<0,015) observando-se média de 64,7 mcg/dL (IC95% 57,4 – 71,9) na seca e 76,3 mcg/dL (IC95% 70,4 – 82,3). Na comunidade de Cuniã a concentração sérica média de ferro foi de 72,2 mcg/dL (IC95% 65,6 – 78,7) na seca e 78,6 mcg/dL (IC95% 72,3 – 84,8) na chuva (figura 12).



**Figura 12. Distribuição dos valores de ferro sérico segundo comunidade e exposição sazonal às queimadas.**

### 5.2.5. DISCUSSÃO

O estudo mostra redução significativa da CVF e do VEF1 no período de chuva na região, em que a concentração de poluentes é muito menor que na seca. Esse resultado diverge de alguns estudos realizados nos Estados Unidos (GAUDERMAN et al, 2000; 2004), Canadá (DELFINO et al, 2004; LIU et al, 2009) e no México (LINARES et al, 2010) que constataram a diminuição da CVF e da VEF1, em coortes de escolares entre 6 e 16 anos, com o aumento da concentração de poluentes atmosféricos. No Brasil, no entanto, Jacobson et al (2010), num estudo realizado em escolares de 6 a 15 anos residentes no Mato Grosso, no sul da Amazônia brasileira, verificaram decréscimo na CVF e na VEF1 no período de seca e de chuva através de duas medições em cada período. Na seca a redução dos parâmetros foi atribuída ao aumento dos poluentes devido à queima de biomassa, enquanto no período de chuva o decréscimo foi associado à prevalência de doenças respiratórias crônicas.

Croce et al. (1998) relaciona o aumento da umidade no período de chuvas ao aumento da prevalência de fungos e ácaros no ambiente. No que diz respeito à Amazônia Brasileira, Pauliquevis et al (2007b) descreve que no período das chuvas a concentração do material biogênico formado pela liberação de fragmentos de folhas, grãos de pólen, bactérias e fungos é maior que do período da seca. Em regiões que sofreram os efeitos das queimadas, a liberação desse material pode aumentar em 10 vezes. Esses alérgenos têm sido descritos como desencadeadores de diversas doenças atópicas, sobretudo sendo responsáveis por exacerbações de asma (Croce et al, 1998). A diminuição dos parâmetros espirométricos na população de estudo pode ter decorrido, portanto, devido o aumento da umidade e diminuição da temperatura no período de chuva, visto que estes são conhecidos fatores de risco para o surgimento de infecções respiratórias nas crianças, amplamente discutidos por diversas organizações regulamentadoras da saúde (OPAS, 2011; WHO, 2011; ASBAI, 2011). Em decorrência das chuvas intensas, as crianças passariam maior parte do tempo em atividades *indoor*, o que permitiria maior contato com alérgenos como: fungos, mofo, pelos de animais, ácaros, entre outros (MARTINEZ et al, 1995; ASBAI, 2011). Ao passo que, embora o estudo tenha sido feito com crianças livres de doenças, estas poderiam encontrar-se no período de latência de algumas dessas doenças características dessa época, tanto no fim quanto no início dos eventos em que não são verificados sintomas.

Na região do arco do desmatamento Silva et al (2009) observaram entre 2001 e 2007, proporções de internação por asma em crianças menores que cinco anos de idade até 36% maiores no período de chuva para vários Estados. Saldanha et al (2005) encontraram maiores proporções de atendimentos de emergência por asma em crianças menores de cinco anos no período de chuva, no entanto a proporção de casos mais graves foram maiores na seca. Rosa et al (2008) evidenciaram maior frequência de atendimentos ambulatoriais por doenças das vias aéreas superiores no período de chuva, e cerca de 10% mais atendimentos por doenças das vias aéreas inferiores no período de seca, também sugerindo que os casos mais graves ocorrem no período de seca. Assim, como esse estudo foi realizado com crianças saudáveis rastreando efeitos subclínicos, os casos mais graves, constituídos por crianças já doentes, não foram captados.

A concentração sérica de ferritina apresentou-se mais elevada na seca, enquanto o ferro sérico encontrou-se reduzido. Estudos têm evidenciado alterações na hemóstase do ferro após a exposição a material particulado, fumaça de cigarro, sílica e ozônio induzindo estresse oxidativo e processos inflamatórios no trato respiratório inferior (MATEOS et al, 1998; GHIO et al, 2006). Teluce et al (2011) observaram a elevação de ferritina em trabalhadores saudáveis responsáveis pelo aquecimento de apartamentos com carvão na Turquia. Ghio et al (2008) evidenciaram maiores níveis séricos de ferritina em lavados pulmonares de indivíduos com inflamação pulmonar quando comparados com indivíduos sem inflamação. A relação inversamente proporcional, observada, pode estar relacionada à mobilização das reservas de ferro pelo aumento da utilização intracelular do ferro. A ferritina, embora considerada padrão ouro para quantificação das reservas de ferro, pode se elevar em função de algum processo inflamatório ou infeccioso do organismo, não significando que haja elevação dos estoques de ferro (TRIGG, 2004). O ferro, por sua vez, altamente utilizado nas reações metabólicas e na formação dos elementos sanguíneos, pode sofrer redução de forma aguda na presença de infecções ou inflamações (ANDREWS, 2005).

Os parâmetros sanguíneos da série vermelha, hemoglobina e hematócrito, apresentaram variação sazonal estatisticamente significativa, com aumento no período de seca, onde a concentração de material particulado foi maior. Esse resultado corrobora com os estudos de Sorensen et al (2002), na Alemanha, que encontraram aumento desses parâmetros em estudantes universitárias relacionado a altas concentrações de PM<sub>2,5</sub>, e com Neufeld et al (2004), na Índia, que também observaram aumento na

proporção de hemoglobina e hematócrito sanguíneos em mulheres que utilizavam fogão a lenha *indoor*. Essa elevação tem sido interpretada com uma adaptação funcional do organismo em resposta a hipóxia tecidual (ANDREWS, 2005) causada pela multielementaridade do material particulado, o que ainda poderia mascarar, por exemplo, o diagnóstico de anemia. Este aumento da HB e Ht relaciona-se ainda a uma possível hemoconcentração (SRAI et al, 2002) o que sugere aumento na viscosidade sanguínea nessa época.

Não foi verificada variação sazonal para os parâmetros relacionados à alergia e inflamação. No entanto o marcador de alergia utilizado apresentou resultados elevados nos dois períodos e nas duas comunidades analisados. A IgE múltipla para inalantes, mensura alérgenos provenientes de poeira doméstica. Dessa forma podem ser verificados que os ácaros, fungos, pólenes, pêlos de animais, fragmentos de baratas, bactérias, entre outros estão sempre presente na vida das crianças analisadas. No entanto no período de chuva as crianças e adolescentes se tornariam mais susceptíveis devido ao aumento da umidade, que proporciona um ambiente ideal para o crescimento e ativação desses alérgenos, resultando na diminuição da função pulmonar observada.

Kawa (2012), numa revisão sobre o papel dos mastócitos na inflamação alérgica, descreve que a exposição contínua a poluentes pode promover a síntese constante de IgE. No entanto, Zavadniak & Rosário (2005) discutem um possível bloqueio da produção de IgE alérgeno-específico na presença de parasitoses devido à produção de células T. Medeiros et al (2003) observaram, menor reatividade em testes cutâneos, tidos como o teste de alergia mais específico, em crianças asmáticas com parasitose. Além disso, Genov et al (2009) relatam que a exposição a helmintos causaria uma reatividade cruzada estimulando as respostas imunológicas mediadas por IgE em decorrência da alta similaridade entre a tropomiosina<sup>5</sup> dos helmintos e vários alérgenos. O que pode explicar o comportamento da IgE nessa população em que a prevalência de parasitose intestinal foi alta (36%).

Os resultados encontrados para a PCR neste estudo diferem de outros trabalhos que mostram associação entre o aumento da mesma e o efeito agudo da poluição do ar. Tais efeitos foram encontrados principalmente em adultos e idosos portadores de doenças cardiovasculares (POPE III et al, 2004; RUCKERL et al, 2006), nos quais se

---

<sup>55</sup> **Tropomiosina: proteína participante da contração muscular de vertebrados e invertebrados conhecida por ser altamente alergênica (Guyton & Hall, 2006)**

esperam um alto nível de PCR, além de maior susceptibilidade aos poluentes do ar devido à fragilidade em que o organismo se encontra em função da doença. Ao mesmo tempo, Shima et al (2007) observaram aumento significativo na PCR em escolares saudáveis. Por outro lado, Steinvil et al (2007), Rudez et al (2009) e Hildebrandt et al (2009) também não encontraram alterações significativas nas concentrações séricas de PCR em indivíduos saudáveis mesmo em cenários de elevados níveis de poluição atmosférica, corroborando com os achados deste estudo. A explicação seria que possivelmente exista uma relação sistêmica diferente na regulação da inflamação em indivíduos saudáveis e doentes, além do fato que a PCR não participar de todos os aspectos e estágios da inflamação (RUCKERL et al, 2006; MUTLU et al, 2007). Outra explicação para o fato de a PCR não demonstrar alteração mesmo na presença de IgE reagente e eosinofilia pode estar relacionado à sua curta meia vida relativa a algumas horas apenas, enquanto a meia vida dos outros parâmetros diz respeito a dias.

Os parâmetros da série branca não apresentaram variação sazonal estatisticamente significativa. Num estudo realizado com crianças e adolescentes no Irã, Poursafa et al (2011) encontraram associação entre poluição atmosférica e o aumento de leucócitos. Steinvil et al (2007) não encontraram associação entre poluição e alteração nos leucócitos, em adultos jovens de Israel. Embora, neste estudo, a Leucometria global e os Linfócitos apresentem redução dos valores na chuva em comparação com a seca, a eosinofilia evidenciada, muito provavelmente pode ter mascarado os resultados gerais.

As comunidades estudadas apresentam características demográficas e socioeconômicas muito parecidas. Ambas são ribeirinhas, apresentam certo isolamento do centro urbano, dificuldade de acesso à educação e saúde, baixa renda e condições limitadas de saneamento, captação de água e coleta de lixo. A principal diferença entre as duas decorre da proximidade do centro urbano o que define características diferenciadas na exposição aos poluentes atmosféricos. Belmont encontra-se mais próxima da cidade de Porto Velho e do porto fluvial da cidade o que pode sugerir maior exposição a outros poluentes, principalmente provenientes da queima de combustíveis fósseis. Já a comunidade de Cuniã, localizada no dentro da floresta Amazônia, e repleta de árvores, pressupõe maior exposição ao material biogênico proveniente da floresta.

Para os parâmetros da espirometria foi observado que, embora ocorra redução dos parâmetros de função pulmonar no período de chuva em ambas as comunidades, a comunidade de Belmont apresenta valores mais baixos em ambos os períodos

(principalmente para CVF onde apresenta diferença estatisticamente significativa). Na seca, os valores do hematócrito, hemoglobina, e ferritina foram maiores na comunidade de Belmont. Esses resultados sugerem a influência dos poluentes urbanos na comunidade, além da exposição às queimadas.

Os inquéritos populacionais estão entre ferramentas recomendadas pela World Health Organization (WHO, 2011) para avaliar a saúde de grupos expostos às alterações ambientais, pois permitem ampliar o conceito de saúde e os indicadores, que complementam os indicadores tradicionais de saúde (BARROS, 2009). Nesse estudo os questionários (domiciliar e infantil) aplicados constituíram uma ferramenta importante para a caracterização do grupo de estudo, apontando as particularidades de cada comunidade. As principais vulnerabilidades levantadas através do questionário foram tipo de captação e tratamento da água, tipo de esgoto, a prática da queima de lixo, renda familiar, escolaridade do responsável, cigarro e animal de estimação no domicílio, prevalência de asma (ISAAC).

Como esperado a população apresentou alta prevalência de parasitoses intestinais em ambos os períodos e comunidades. Contudo, a prevalência de anemia na população de estudo esteve abaixo do esperado e a deficiência de ferro reduziu significativamente de uma estação para a outra. As queimadas poderiam mascarar o diagnóstico de anemia aumentando os valores de hemoglobina e hematócrito devido uma possível hipóxia (discutida no decorrer do texto), além de deixar o organismo mais susceptível a uma anemia futura através da mobilização aguda das reservas de ferro causada pelo estresse geral do organismo (PINTO, 2008). Ao mesmo tempo, Fonseca et al (2007) discutem que o período de seca acarreta um semi-isolamento às populações ribeirinhas na Amazônia, dificultando a locomoção e disponibilidade de alimentos o que, por sua vez, também poderia contribuir para a observação dos diagnósticos verificados.

As comunidades estudadas apresentaram precárias condições de saneamento, assim como alta prevalência de enteroparasitoses. A WHO (2011) descreve as condições socioeconômicas, associadas ou não a poluição atmosférica, como fator de risco para o desencadeamento de efeitos adversos a saúde humana. Segundo Ludwig et al (1999) o tipo de esgoto e a forma de captação e tratamento da água podem influenciar diretamente na prevalência de parasitoses intestinais na população, sendo que, como relata Boia et al (1999), a contaminação ocorre principalmente através do contato com



água, comida ou objetos contaminados por fezes. Benoist et al (2008) e Sacks (2011) descrevem ainda que os indicadores socio-econômicos estão associados a maior prevalência de doenças respiratórias e ao déficit no estado nutricional do indivíduo.

Vários estudos (HAIDAR et al, 2001; BRASIL, 2002; CARVALHO et al, 2007) descrevem a influência da escolaridade da mãe ou responsável sobre a atenção de saúde das crianças. A escolaridade, de acordo com Jerret et al (2004), geralmente coincide com a renda do indivíduo o que se correlaciona diretamente com as condições de moradia e saneamento do mesmo, o que, segundo Kan et al (2008), associa-se a maior prevalência de doenças pré-existentes, acesso aos serviços de saúde e ao tipo de alimentação.

A Organização Panamericana de Saúde (2011) descreve a co-exposição a fatores ambientais, que incluem as condições meteorológicas locais, os poluentes atmosféricos (*indoor* e *outdoor*), presença de alérgenos e tabagismo (passivo ou ativo) como fatores de risco que atuam de forma direta e indireta na saúde da população. De modo que a queima de lixo e a exposição passiva ao cigarro e a pêlos de animais de estimação identificadas nos domicílios podem contribuir para o aumento da vulnerabilidade ambiental e gravidade de alguns efeitos adversos da população de estudo.

Os resultados aqui apresentados devem ser analisados com cautela devido à natureza transversal das associações, ao passo que o número de exames realizados podem ter sido insuficientes para demonstrar as alterações sazonais.

Conclui-se que os parâmetros hematológicos da série vermelha e a hemostase do ferro sanguíneo de escolares residentes na Amazônia brasileira apresentaram variações de acordo com a sazonalidade climática, que coincide com o período de seca na região, no qual observa-se aumento dos poluentes atmosféricos derivados das queimadas. As medidas de função pulmonar mostraram-se sensíveis a alterações sazonais na região mesmo em níveis subclínicos relacionadas ao período de chuva. Contudo, a PCR, a IgE e os parâmetros da série branca do hemograma não se mostraram suficientemente sensíveis para o rastreamento de efeitos subclínicos relacionados às queimadas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa proporcionaram avaliações de saúde em dois momentos bem característicos da Amazônia brasileira dispondo um panorama sobre os possíveis efeitos subclínicos ocorridos em períodos de maior e menor de queimadas, descrevendo suas particularidades em duas comunidades ribeirinhas de Porto Velho (RO).

A análise de dados obtida na primeira investigação sinalizou algumas das limitações referentes aos sistemas de informação de saúde e ambiente disponibilizados atualmente, ao mesmo tempo em que forneceu importantes informações sobre o perfil espaço-temporal das internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos e dos focos de queimada para o estado de Rondônia entre 2001 e 2010. Esses resultados podem ser utilizados para uma avaliação acerca do aprimoramento da qualidade dos dados, para fundamentar estudos futuros e, principalmente, para auxiliar o planejamento das estratégias voltadas à mitigação do impacto das queimadas na saúde humana.

A pesquisa exploratória abordada no segundo estudo reforçou os achados de outros estudos sobre poluição atmosférica, destacando a relevância da utilização de exames rotineiros e simples na avaliação de saúde voltada aos poluentes provenientes das queimadas, além de levantar os principais determinantes de vulnerabilidade socioambientais nas comunidades estudadas.

Apesar das limitações, próprias dos estudos ecológicos, o presente estudo torna-se relevante ao sugerir uma possível relação entre o período de seca, que apresenta altas concentrações de poluentes provenientes das queimadas, e variações nos parâmetros hematológicos e na hemóstase do ferro. Contudo, faz-se necessário a realização de análises mais aprofundadas das variáveis investigadas no estudo e melhor compreensão dos processos que interferem na dinâmica da situação saúde/ambiente nas comunidades ribeirinhas da Amazônia brasileira.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBEY, D.E.; BURCHETTE, R.J.; KNUTSEN, S.F.; MCDONNELL, W.F.; LEBOWITZ, M.D.; ENRIGHT, P.L. Long-term particulate and other air pollutants and lung function in nonsmokers. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 158, p. 289–298, 1998.
- ABHH, Associação Brasileira de Hematologia e Hemoterapia. Brasil: Ribeirão Preto (SP), 2011. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.abhh.com.br>>. Acesso em: 05 jan. 2012.
- ADITAMA, T. Y.. Impact of haze from forest fire to respiratory health: Indonesian experience. **Respirology**, v. 5, p. 169-174, 2000.
- AMB - Associação Médica Brasileira. Brasil: São Paulo, 2011. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.amb.org.br>>. Acesso em: 06 jan. 2012.
- ANDREAE, M. O. **Biomass burning: its history, use and distribution and its impact on environmental quality and global climate**. In: Global Biomass Burning: atmospheric, climatic and biospheric implications. Cambridge: MIT Press, 1991.
- ANDREAE, M. O.; ARTAXO, P.; FISCHER, H.; et al. Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region. **Geophysical Research Letters**, v. 28, n. 6, p. 951-954, 2001.
- ANDREWS, N.C. Medical progress: disorders of iron metabolism. **N Engl Med**. v. 341, p. 1986 – 1995, 1999.
- ANDREWS, N.C. Molecular control of iron metabolism. **Best practice research clinical haematology**, London, v. 18, n. 2, p. 159-169, 2005.
- ARBEX MA, CANÇADO JED, PEREIRA LAA, BRAGA ALF, SALDIVA PHN. Queima de Biomassa e Efeitos sobre a Saúde. **J Bras Pneumol**, v. 30, n. 2, p. 158-175, 2004.
- ARCUS-ARTH, A. & BLAISDELL, R. J.. Statistical distributions of daily breathing rates for narrow age groups of infants and children. **Risk Anal**, v. 27, p. 97–110, 2007.
- ARTAXO, P.; BASTOS, W.; HACON, S.. Contribuição ao Relatório de Qualidade Ambiental na cidade de Porto Velho. 2011. (no prelo).
- ARTAXO, P.; CAMPOS, R.C.; FERNANDES, E.T.; MARTINS, J.V.; XIAO, Z.; LINDQVIST, O.; et al. Large scale mercury and trace element

- measurements in the Amazon basin. **Atmos Environ**, v. 34, p. 4085-4096, 2000.
- ARTAXO, P.; MARTINS, J.V.; YAMASOE, M.A.; PROCÓPIO, A.S.; PAULIQUEVIS, T.M.; ANDREAE, M.O.; et al. Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry season in Rondônia, Amazonia. **J Geophys Res**, v. 107, p. 491-494, 2002.
- ASBAI - Associação Brasileira de Alergia e Imunopatologia. Brasil: São Paulo, 2011. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.sbai.org.br/> >. Acesso em: 20 nov. 2011.
- ASGHARIAN, B.; HOFMANN, W.; MILLER, F.J. Mucociliary clearance of insoluble particles from the tracheobronchial airways of the human lung. **Aerosol Sci**, v. 32, p. 817-832, 2001.
- ATS - American Thoracic Society. EUA: New York, 2011. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.thoracic.org/>>. Acesso em: 02 jan. 2012.
- ATS - American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. **Am Rev Respir Dis**, v. 144, p. 1202-1218, 1991.
- AVOL, E.L.; GAUDERMAN, W.J.; TAN, S.M.; LONDON, S.J.; PETERS, J.M. Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 164, p. 2067–2072, 2001.
- AWANG, MUHAMAD BIN. et al.. Air quality in Malaysia: Impacts, management issues and future challenges. **Respirology**, v. 5, p. 183–196, 2000.
- BAARS, H. ; ANSMANN, A. ; ALTHAUSEN, D. ; ENGELMANN, R. ; Artaxo, P.; PAULIQUEVIS, T. ; SOUZA, R. . Further evidence for significant smoke transport from Africa to Amazonia. **Geophysical Research Letters**, v. 38, p. L20802, 2011.
- BACCARELLI, A.; ZANOBETTI, A.; MARTINELLI, I.; GRILLO, P.; HOU, L.; GIACOMINI, S.; BONZINI, M.; LANZANI, G.; MANNUCCI, P.M.; BERTAZZI, P.A.; SCHWARTZ, J.. Effects of exposure to air pollution on blood coagulation. **J Thromb Haemost**, v. 5, p. 252–260, 2007.
- BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

- BARON, R.B. **Nutrition**. In: Tierney JR, Mcphee LM & Papadakis MA. Current medical diagnosis and treatment. 55 ed. [S.l.]: The Mcgraw-hill companies, 2006.
- BARRETO, S.S.M.; CAVALAZZI A.C. Determinação dos volumes pulmonares: método de determinação dos volumes pulmonares. **J Pneumol**, v. 28, n. 3, p. 95-100, 2002.
- BARROS MBA, ZANCHETTA LM, MOURA EC, MALTA DC. Self-rated health and associated factors, Brazil, 2006. **Rev. Saúde Públ.**, v. 43, (Supl 2), p. 27-37, 2009.
- BATESON, T.F. & SCHWARTZ J.. Children's response to air pollutants. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, parte A, v. 71, p. 238-243, 2008.
- BENNETT, W. D., ZEMAN, K. L., JARABEK, A. M. Nasal contribution to breath-ing with exercise: effect of race and gender. **J. Appl. Physiol.**, v. 95, p. 497-503, 2003.
- BENOIST, B.; MCLEAN, E.; EGLI, I.; COGSWELL, M. (Ed). **Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005: WHO global database on anaemia**. Switzerland: WHO, 2008.
- BLAZSO, M. ; JANITSEK, S. ; GELENCSEK, A. ; ARTAXO, P ; GRAHAM, B. ; ANDREAE, M. O. . Study of tropical organic aerosol by thermally assisted alkylation-gas chromatography mass spectrometry. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, Estados Unidos, v. 68-69, n. 2, p. 351-369, 2003.
- BOBAK, M., RICHARDS, M., WADSWORTH, M.. Air pollution and birth weight in Britain in 1946. **Epidemiology**, v. 12, p. 358-359, 2001.
- BOIA, M. N. MOTTA, L. P. SALAZAR, M. S. P. et al. Estudo das parasitoses intestinais e da infecção chagásica no Município de Novo Airão, estado do Amazonas, Brasil. **Cadernos Saúde Pub**, v. 15, p. 497-504, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Saúde da criança: acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. (Série Cadernos de Atenção Básica; n. 11)
- BROECKAERT, F., ARSALANE, K., HERMANS, C., BERGAMASCHI, E., BRUSTOLIN, A., MUTTI, A., BERNARD, A. Serum Clara cell protein: A sensitive biomarker of increased lung epithelium permeability caused by

- ambient ozone. **Environ. Health Perspect.**, v. 108, p. 533–537, 2000.
- BROOK, R.D.; BROOK, J.R.; RAJAGOPALAN, S. Air pollution: the “heart” of the problem. **Current Hypertension Reports**, v. 5, p. 32–39, 2003.
- BROOK, R.D.; BROOK, J.R.; URCH, B.; VINCENT, R.; RAJAGOPALAN, S.; SILVERMAN, F. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. **Circulation**, v. 105, p. 1534–1536, 2002.
- BRUNKEN, G.S.; GUIMARÃES, L.V.; FISBERG, M. Anemia em crianças menores de 3 anos que frequentam creches públicas em período integral. **Jornal de Pediatria**, v. 77, n. 1, p. 50-56, 2002.
- BURRI, P. H. **Structural aspects of prenatal and postnatal development of the lung. In Lung growth and development.** New York: Marcel Dekker, 1997.
- CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, L.; FRANCO-LIRA, M.; TORRES-JARDÓN, R.; HENRIQUEZ-ROLDÁN, C.; BARRAGÁN-MEJÍA, G.; VALENCIA-SALAZAR, G.; GONZALÉZ-MACIEL, A.; REYNOSO-ROBLES, R.; VILARREAL-CALDERÓN, R.; REED, W. Pediatric respiratory and systemic effects of chronic air pollution exposure: nose, lung, heart, and brain pathology. **Toxicol Pathol**, v. 35, p. 154-172, 2007.
- CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, L.; MAIAS-PARRA, M.; HOFFMANN, H.J.; VALENCIA-SALAZAR, G.; ROMERO, C.; GRANADA-MACIAS, M.; TORRES-JARDÓN, R.; MEDINA-CORTINA, H.; MARONPOT, R.R. Immunotoxicity and environment: immunodysregulation and systemic inflammation in children. **Toxicol Pathol**, v. 37, p. 161-169, 2009.
- CAMELO-NUNES IC. Validação construtiva do questionário escrito do "internacional study of asthma and allergies in childhood" (ISAAC) e caracterização da asma em adolescentes. [Tese], Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 2002.
- CANÇADO JED, BRAGA A, PEREIRA LAA, ARBEX MA, SALDIVA PHN, SANTOS UP. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **J Bras Pneumol**, v. 32 (Supl 2), p. S23-S29, 2006.
- CARMO, C.N.; HACON, S.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.; IGNOTTI, E.; PONCE DE LEON, A.; et al. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Rev Panam Salud Publica**, v. 27, n. 1, p. 10–16, 2010.

- CARVALHO, P. I. et al. Fatores de risco para mortalidade neonatal em coorte hospitalar de nascidos vivos. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v.16, n.3, p. 185-194, 2007.
- CASTRO, H.A.. Efeitos da poluição do ar na função respiratória de escolares, Rio de Janeiro, RJ. **Rev. Saúde Pública**, v.43, n.1, p. 26-34, 2009.
- CASTRO, H.A.; GONÇALVES, K.S.; HACON, S.S. Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2083-2090, 2009.
- CDC, Center For Disease Control And Prevention. **Iron deficiency, United States, 1999-2000**. MMWR, v. 51, n. 40, p. 897-899, 2002.
- CHAND, D.; GUYON, P.; ARTAXO, P.; SCHMID, O.; FRANK, G.P.; RIZZO, L.V.; et al. Optical and physical properties of aerosols in the boundary layer and free troposphere over the Amazon Basin during the biomass burning season. **Atmos Chem Phys**, v. 6, p. 2911-2925, 2006.
- CHATFIELD, R. B.; VASTANO, J. A.; SINGH, H. B.; SACHSE, G. A General Model of How Fire Emissions and Chemistry Produce African/Oceanic Plumes (O<sub>3</sub>, CO, PAN, smoke). **J. Geophys. Res.**, v. 101, n. D19, p. 24279-24306, 1996.
- CHEN, J.C.; SCHWARTZ, J. Metabolic syndrome and inflammatory responses to long-term particulate air pollutants. **Environ Health Perspect**, v. 116, p. 612-617, 2008.
- CHEN, L.; VERRALL, K.; TONG, S. Air particulate pollution due to bushfires and respiratory hospital admissions in Brisbane, Australia. **Int J Environ Health Res.**, v. 16, n. 3, p. 181-191, 2006.
- CHIN, M.H.; ALEXANDER-YOUNG, M.; BURNET, D.L.. Health care quality-improvement approaches to reducing child health disparities. **Pediatrics**, v. 124, (Suppl. 3), p. S224–236, 2009.
- CHUANG, KAI-JEN; CHAN, CHANG-CHUAN; SU, TA-CHEN; LEE, CHUNG-TE; TANG, CHIN-SHENG. The Effect of Urban Air Pollution on Inflammation, Oxidative Stress, Coagulation, and Autonomic Dysfunction in Young Adults. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 176, p. 370–376, 2007.
- CNPT/IBAMA, Centro Nacional De Desenvolvimento Sustentado Das Populações Tradicionais / Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis. **Base de dados**. Disponível em: <

- <http://www.ibama.gov.br/resex/cnpt.htm>>. Acesso 18 jan 2011.
- COLLEY, D. G. Parasitic diseases: opportunities and challenges in the 21st century. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 95, p. 79-87, 2000.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Diário Oficial União. Seção 1, p. 15937-39, 22 ago. 1990.
- CONFALONIERI, U.E.C.. **Regional climate change and human health in South America**. In: P.L.S. Dias, W.C. Ribeiro e L.H. Nunes, A contribution to understand the regional impact of global change in South America. São Paulo: USP, 2005.
- CONFALONIERI, U.E.C.. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 193 – 204, 2003.
- COOK, J.D.; BAYNES, R.D.; SKIKNE, B.S. Iron deficiency and the measurement of iron status. **Nutr Res Rev**, v. 5, p. 189-202, 1992.
- CPPT, Centro De Pesquisas De Populações Tradicionais. Brasil. Porto Velho/RO, 2011. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.amazonlink.org/cunia/index.html>>. Acesso 18 jan 2011.
- CPTEC/INPE, Centro De Previsão Do Tempo E Estudos Climáticos / Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010 **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso no dia 14 de agosto de 2010.
- CROCE, M.; VASCONCELOS, D.M.; MANSO, E.R.; DUARTE, A.J. Poluição ambiental e alergia respiratória. **Medicina**, v. 31, p. 144-153, 1998.
- DATASUS, Departamento de Informática do SUS. Brasília: Ministério da Saúde. **Base de dados**. Disponível em: < [www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br) >. Acesso em jan. de 2012.
- DAWUD, Y. **Smoke Episodes and Assessment of Health impacts Related to Haze from Forest Fires: Indonesian Experience**. In: Health Guidelines For Vegetation Fire Events, Lima, Peru, 1998. Geneva: WHO, 1999. P. 313-333. (Background papers).
- DELFINO, R. J.; QUINTANA, P.J.E.; FLORO, J.; GASTAÑAGA, V.M.; SAMIMI, B.S. et al. Association of FEV1 in Asthmatic Children with Personal and Microenvironmental Exposure to Airborne Particulate Matter.



- Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 8, p. 932-941, 2004.
- DIAZ-SANCHEZ, D. The role of diesel exhaust particles and their associated polyaromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease. **Allergy**, v. 52, n. 38, p. 52-56, 1997.
- DIAZ-SANCHEZ, D.; DOTSON, A.R.; TAKENAKA, H.; SAXON, A. Diesel Exhaust particles induce local IgE production in vivo and alter the pattern of IgE messenger RNA isoforms. **J Clin Invest**, v. 94, p. 1417-1425, 2004.
- DIAZ-SANCHEZ, D.; DOTSON, A.R.; TAKENAKA, H.; SAXON, A.. Diesel Exhaust particles induce local IgE production in vivo and alter the pattern of IgE messenger RNA isoforms. **J Clin Invest**, v. 94, p. 1417-125, 1994.
- DJUPESLAND, P. & PEDERSEN, O. F. Acoustic rhinometry in infants and children. **Rhinology**, v. 16, p. 52–58, 2000.
- DONALDSON, K.; STONE, V.; CLOUTER, A.; MACNEE, W. Ambient particle inhalation and the cardiovascular system: potential mechanisms. **Environ Health Perspect**, v. 109, p. 523-527, 2001b.
- DONALDSON, K.; STONE, V.; CLOUTER, A.; MACNEE, W. Ultrafine Particles. **Occup Environ Med**, v. 58, p. 211-216, 2001a.
- ECA - Estatuto da Criança e do Adolescente. **Normativas Internacionais. Convenções Nº 138 e 182, e Recomendação Nº 190 – OIT.** Portaria Nº 6/2002 – MTE. Ministério da Justiça / Secretaria de Estado dos Direitos Humanos / Departamento da Criança e do Adolescente (DCA) / Conselho Nacional dos Direitos da Criança e do Adolescente (Conanda). Brasília: 2002.
- EKELUND, U., YNGVE, A., BRAGE, S., WESTERTERP, K., SJÖSTRÖM, M. Body movement and physical activity energy expenditure in children and adolescents: How to adjust for differences in body size and age. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 79, p. 851–856, 2004.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2009. **Base de dados.** Disponível em: < <http://www.embrapa.br/> >. Acesso em: 25 de ago. de 2011.
- EMMANUEL, S. C. Impact to lung health of haze from forest fires: The Singapore experience. **Respirology**, v. 5, p. 175–182, 2000.
- EPA - Environmental Protection Agency. **Climate Change – Health and Environmental Effects.** United States, EPA, 2007.
- EPA - Environmental Protection Agency. **Latest findings on national air**

- quality: 2002 status and trends.** Research Triangle Park NC/US: Environmental Protection Agency, 2003. (EPA 454/K-03-001).
- EPA - Environmental Protection Agency. Unites States, 2011. **Base de dados.** Disponível em: < <http://www.epa.gov/air/particlepollution/health.html> >. Acesso em 28 de out 2011.
- ESS SM & SZUCS TD. Medical-economical aspects of high sensitivity C-reactive protein assay for the prediction of coronary heart disease. An analysis in Germany and Italy. **Ital Heart J**, v. 2, n. 3, p. 181-188, 2001.
- EZZATI, M.; KAMMEN, D. Indoor air pollution from biomass combustion and acute respiratory infections in Kenya: an exposure-response study. **Lancet**, v. 358, p. 619–624, 2001.
- FALK, R.; PHILIPSON, K.; SVARTENGREN, M.; JARVIS, N.; BAILEY, M.; CAMNER, P.. Clearance of particles from small ciliated airways. **Exp Lung Res**, v. 23, p. 495-515, 1997.
- FANG, S.C.; CAVALLARI, J.M.; EISEN, E.A.; CHEN, J.; MITTLEMAN, M.A.; CHRISTIANI, D.C.. Vascular Function, Inflammation, and Variations in Cardiac Autonomic Responses to Particulate Matter Among Welders. **American Journal of Epidemiology**, v. 169, n. 7, p. 848-856, 2009.
- FANUCCHI, M. V., BUCKPITT, A. R., MURPHY, M. E., PLOPPER, C. G. Naphthalene cytotoxicity of differentiating Clara cells in neonatal mice. **Toxicol. Appl. Pharmacol.**, v. 144, p. 96–104, 1997.
- FANUCCHI, M. V., DAY, K. C., CLAY, C. C., PLOPPER, C. G.. Increased vulnerability of neonatal rats and mice to 1-nitronaphthalene-induced pulmonary injury. **Toxicol. Appl. Pharmacol.**, v. 201, p. 53–65, 2004.
- FANUCCHI, M. V., WONG, V. J., HINDS, D., TARKINGTON, B. K., VAN WINKLE, L. S., EVANS, M. J., AND PLOPPER, C. G.. Repeated episodes of exposure to ozone alters postnatal development of distal conducting airways in infant rhesus monkeys. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 161, p. A615, 2000.
- FEARNSIDE PM. **Homem e ambiente na Amazônia.** In: Fearnside PM, organizador. A Floresta Amazônica nas mudanças globais. Manaus: Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003.
- FEARNSIDE, P.M. **A floresta Amazônia nas mudanças globais.** Manaus:

- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), 2003.
- FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005.
- FERREIRA, M. U. FERREIRA, C. S. MONTEIRO, C. A. Tendência secular das parasitoses intestinais na infância na cidade de São Paulo (1984-1996). **Rev. Saúde Pública**, v. 34, n. 6, p.73-82, 2000.
- FIERO/RO, Federação das Indústrias do Estado de Rondônia. Brasil. Rondônia/Porto Velho, 2003. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.fiero.org.br/publicacoes.asp> >. Acesso em 08 ago. 2010.
- FONSECA M.F.; TORRES J.P.M.; MALM O.. Interferentes ecológicos na avaliação cognitiva de crianças ribeirinhas expostas a metilmercúrio: o peso do subdesenvolvimento. **Oecol Bras**, v. 11, n. 2, p. 277-296, 2007.
- FORBES, L.J.; PATEL, M.D.; RUDNICKA, A.R.; COOK, D.G.; BUSH, T.; STEDMAN, J.R.; et al. Chronic exposure to outdoor air pollution and markers of systemic inflammation. **Epidemiology**, v. 20, p. 245–253, 2009.
- FREITAS, S. R., SILVA DIAS, M.A.F.; SILVA DIAS, P.L.; LONGO, K.M.; ARTAXO, P.; ANDREAE, M. O.; FISCHER, H. A convective kinematic trajectory technique for low-resolution atmospheric models. **Journal of Geophysical Research**, v. 105, n. D19, p. 24375-24386, 2000.
- FREITAS, S.R.; LONGO, K.M.; SILVA DIAS, M.A.F.; SILVA DIAS, P.L.. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, v. 19, p. 167-185, 2005.
- GAUDERMAN, W.J.; AVOL, E.; GILLILAND, F.; VORA, H.; THOMAS, D.; BERHANE, K.; MC CONNELL, R.; KUENZLI, N.; LURMANN, F.; RAPPAPORT, E.B.; MARGOLIS, H.G.; BATES, D.; PETERS, J. The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age. **N Engl J Med**, v. 351, n. 11, p. 1057-1067, 2004b.
- GAUDERMAN, W.J.; MC CONNELL, R.; GILLILAND, F.; LONDON, S.; THOMAS, D.; AVOL, E.; VORA, H.; BERHANE, K.; RAPPAPORT, E.B.; LURMANN, F.; MARGOLIS, H.G.; PETERS, J. Association between Air Pollution and Lung Function Growth in Southern California Children. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 162, p. 1383–1390, 2000a.
- GAVETT SH, MADISON SL, DREHER KL, WINSETT DW, MCGEE JK, COSTA DL. Metal and sulfate composition of residual oil fly ash determines airway hyperreactivity and lung injury in rats. **Environ Res**, v. 72, p. 162–

172, 1997.

GAVETT SH, MADISON SL, STEVENS MA, COSTA DL.. Residual oil fly ash amplifies allergic cytokines, airway responsive-ness, and inflammation in mice. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 160, p. 1897–1904, 1999.

GAVETT, S.H.; HAYKAL-COATES, N.; COPELAND, L.B.; HEINRICH, J.; GILMOUR, M.I. Metal Composition of Ambient PM<sub>2.5</sub> Influences Severity of Allergic Airways Disease in Mice. **Environmental Health Perspectives**, v. 111, n. 12, p. 1471-1477, 2003.

GENOV, I.R.; SOLÉ, D.; SANTOS, A.B.R.; ARRUDA, L.K.P. Tropomiosinas e reatividade cruzada. **Rev. bras. alerg. Imunopatol**, v. 32, n. 3, p. 89-95, 2009.

GHIO, A.J.; KIM, C.; DEVLIN, R.B. Concentrated ambient air particles induce mild pulmonary inflammation in healthy human volunteers. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 162, p. 981–988, 2000.

GHIO, A.J.; TURI, J.L.; YANG, F.; GARRICK, L.M.; GARRICK, M.D.. Iron homeostasis in the lung. **Biol. Res.**, v. 39, n. 1, p. 67-77, 2006.

GINSBERG, G. L., FOOS, B. P., FIRESTONE, M. P. Review and analysis of inhalation dosimetry methods for application to children's risk assessment. **J. Toxicol. Environ. Health A**, v. 68, p. 573–615, 2005.

GOLDBERG, M.S.; BAILAR, J.C. 3<sup>RD</sup>; BURNETT, R.T.; BROOK, J.R.; TAMBLYN, R.; BONVALOT, Y.; et al. Identifying subgroups of the general population that may be susceptible to short-term increases in particulate air pollution: a time-series study in Montreal, Quebec. **Res Rep Health Eff Inst.**, v. 97, p. 115-120, 2000.

GOLDSMITH, R.S. **Infeccious diseases: protozoal and helminthic**. In: TIERNEY JR., LM; MCPHEE, S.J.; PAPADAKIS, M.A.. Current medical diagnosis and treatment. 55 ed [S.l.]: The McGraw-Hill Companies, 2006.

GRAHAM, BIM ; ARTAXO, P ; GUYON, P. ; TAYLOR, P. ; ARTAXO, P. ; MAENHAUT, W. ; GLOVSKY, M. ; FLAGAN, R. ; ANDREAE, M. O. . Organic compounds present in the natural Amazonian aerosol: Characterization by gas chromatography mass spectrometry. **Journal of Geophysical Research, Estados Unidos**, v. 108, p. 4766, 2003.

GUYON, P.; GRAHAM, B.; ROBERTS, G.C.; MAYOL-BRACERO, O.L.; MAENHAUT, W.; ARTAXO, P.; et al. Sources of optically active aerosol particles over the Amazon forest. *Atmos Environ*, v. 38, 1039-1051, 2004.

- GUYTON, A.C. & HALL, J. E. **Textbook of medical physiology**. 11 ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2006.
- HA, E. H., LEE, J. T., KIM, H., HONG, Y. C., LEE, B. E., PARK, H.S., CHRISTIANI, D. C.. Infant susceptibility of mortality to air pollution in Seoul, South Korea. **Pediatrics**, v. 111, p. 284–290, 2003.
- HACON, S. S. ; CALIXTO, RC ; CONTI, L. F. . Atmospheric Mercury and Trace elements in the Region of Alta Floresta in the Amazon Basin. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 80, p. 273-283, 1995.
- Haidar, F.H.; OLIVEIRA, U.F.; NASCIMENTO, L.F.C.. Escolaridade materna: correlação com os indicadores obstétricos. **Cad. Saúde Pública**, v.17, n.4, p. 1025-1029, 2001.
- Haidari, M.; et al. Evaluation of C-reactive protein, a sensitive marker of inflammation, as a risk factor for stable coronary artery disease. **Clin Biochem**, v. 34, n. 4, p. 309-315, 2001.
- HAY, S.I.; GUERRA, C.A.; TATEM, A.J.; NOOR, A.M. E SNOW, R.W.. The global distribution and population at risk of malaria: past, present, and future. **Lancet Infectious Diseases**, v. 4, n. 6, p. 327-336, 2004.
- HEALD, C. L. ; KROLL, J. H. ; JIMENEZ, J. L. ; DOCHERTY, K. S. ; DECARLO, P. F. ; AIKEN, A. C. ; CHEN, Q. ; MARTIN, S. T. ; FARMER, D. K. ; ARTAXO, P. . A simplified description of the evolution of organic aerosol composition in the atmosphere. **Geophysical Research Letters**, v. 37, p. L08803, 2010.
- HEIL, A. & GOLDAMEER, J.G. Smoke .haze pollution: A review of the 1997 episode in South East Asia. **Journal of Regional Environmental Change**, v. 2, n. 1, p. 24-37, 2001.
- HEINRICH, J., HOELSCHER, B., WICHMANN, H. E. Decline of ambient air pollution and respiratory symptoms in children. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 161, p. 1930–1936, 2000.
- HILDEBRANDT, K.; RÜCKERL, R.; KOENIG, W.; SCHNEIDER, A.; PITZ, M.; HEINRICH, J.; MARDER, V.; FRAMPTON, M.; OBERDÖRSTER, G.; WICHMANN, H.E.; PETERS, A. Short-term effects of air pollution: a panel study of blood markers in patients with chronic pulmonary disease. **Particle and Fibre Toxicology**, v. 6, p. 25-38, 2009.
- HOFFMAN, A.V.; PETTIT, J.E.; MOSS, P.A.H. **Essential heamatology**. 4 ed.

- Philadelphia: Blackwell Science; 2001.
- HOTEZ, P.J.; BROOKER, S.; BETHONY, J.M.; BOTTAZI, M.E.; LOUKAS, A.; VIAO, S. Hookworm infection. **The New England Journal of Medicine**, v. 351, n. 25, p. 2604-2612, 2004.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Dados de Focos de Calor. 2010. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010. **Base de dados**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 nov. 2011.
- ICMBIO/MMA - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Ministério do Meio Ambiente. Brasil. Brasília/DF, 2011. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.icmbio.gov.br/menu/instituicao>>. Acesso em: 18 jan. 2011.
- IDB/Brasil - Indicadores Básicos para a saúde no Brasil: Conceitos e aplicações. 2010. **Base de dados**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2010/>>. Acesso em 20 jan 2012.
- IGNOTTI, E.; HACON, S.; SILVA, A. M. C.; et al. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. **Rev Bras Epidemiol**, v. 10, n. 4, p. 453-464, 2007.
- IGNOTTI, E.; HACON, S.S.; JUNGER, W.L.; MOURÃO, D.; LONGO, K.; FREITAS, S.; ARTAXO, P.; PONCE DE LEON, A.C.M.. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. **Cad. Saúde Pública**, v. 26, n. 4, p. 747-761, 2010a.
- IGNOTTI, E.; VALENTE, J.G.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.R.; HACON, S.S.; ARTAXO, P.. Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. **Revista Saúde Pública**, v. 44, n. 1, p. 121-130, 2010b.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Brasil: Brasília, 2011. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 22 jun. 2011.
- INCA/MS – Instituto Nacional do Cancer/ Ministério da Saúde. **Inquérito Domiciliar sobre Comportamento de Risco e Morbidade Referida de Doenças e Agravos não Transmissíveis**. Inca: Rio de Janeiro, 2003.

INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Brasil. Manaus/AM, 2011. **Base de dados.** Disponível em: <<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/cunia/>>. Acesso em: 18 jan. 2011.

INPE - Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Coordenação Geral de Observação da Terra. São José Dos Campos: Ministério Da Ciência E Tecnologia, 2010. **Base de dados.** Disponível em: <<http://pirandira.cptec.inpe.br/queimadas/#>>. Acesso em: 22 jul. 2011.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Switzzeland: Geneva, 2011. **Base de dados.** Disponível em: <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>. Acesso em 18 jan 2012.

IPCC - International Panel on Climate Change. The Science of Climate Change – **The Scientific Basis** – Contribution of Working Group, Cambridge Univ., IPCC, 2001.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEADData, **base de dados** macroeconômicos. Disponível em:< <http://www.ipeadata.gov.br/> >. Acesso em 20 jan 2012.

ISAAC - International Study of Asthma and Allergies in Childhood. Nova Zelândia: Steering Committee, 2007. **Base de dados.** Disponível em <<http://isaac.auckland.ac.nz/>>. Acesso em 20 de ago de 2010.

JACOBSON, L.S.V. ; HACON, S.S. ; IGNOTTI, E. ; CASTRO, H. A. ; ARTAXO, P ; LEON, A. P. . Ventilatory function of schoolchildren during season period in the Southern Brazilian Amazon. In: **EcoHealth**, Londres, 2010.

JERRETT, M.; BURNETT, R.T.; BROOK, J.; KANAROGLOU, P.; GIOVIS C.; FINKELSTEIN, N. et al. Do socioeconomic characteristics modify the short-term association between air pollution and mortality? Evidence from a zonal time series in Hamilton, Canada. **J Epidemiol Community Health**, v. 58, p. 31–40, 2004.

JOHNSTON, F.H.; KAVANAGH, A.M.; BOWMAN, D.M.J.S.; SCOTT, R.K. Exposure to bushfire smoke and asthma: an ecological study. **Med J Aust**, v. 176, p. 535-538, 2002.

- KAN H, LONDON SJ, CHEN G, ZHANG Y, SONG G, ZHAO N, et al. Season, sex, age, and education as modifiers of the effects of outdoor air pollution on daily mortality in Shanghai, China: the Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) study. **Environ Health Perspect**, v. 116, p. 1183–1188, 2008.
- KAWA, A.. The role of mast cells in allergic inflammation. **Respiratory Medicine**, v. 106, p. 9-14, 2012.
- KEMENY, D.M.. The effects of pollutants on the allergic immune response. **Toxicology**, v. 152, p. 3–12, 2000.
- KOENIG JQ, MAR TF, ALLEN RW, JANSEN K, LUMLEY T, SULLIVAN JH, et al. Pulmonary effects of indoor- and outdoor-generated particles in children with asthma. **Environ Health Perspect**, v. 113, p. 499–503, 2005.
- KOENIG, W.; SUND, M.; FRÖHLICH, M.; et al. C-reactive protein, a sensitive marker of inflammation, predicts future risk of coronary heart disease in initially healthy middle-aged men- results from the MONICA (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease) Augsburg Cohort Study, 1984 to 1992. **Circulation**, v. 99, p. 237-242, 1999.
- KRAMER, U.; KOCH, T.; RANFT, U.; RING, J.; BEHRENDT, H. Traffic related air pollution is associated with atopy in children living in urban areas. **Epidemiology**, v. 11, p. 64–70, 2000.
- KUMAR, V.; ABBAS, A.K.; FAUSTO, N.; et al. **bases patológicas das doenças**. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2006.
- KUNII, O.; KANAGAWA, S.; HOJO, M.; YAJIMA, I.; HISAMATSU, Y.; YAMAMURA, S.; AMAGAI, T.; ISMAIL, IR.T. S.. Assessment of lung health among the inhabitants exposed to haze from the 1997 forest fire in Indonesia. **Respirology**, v. 5, p. 167-174, 2000.
- KUNZLI, N.; AVOL, E.; WU, J.; GAUDERMAN, W.J.; RAPPAPORT, E.; MILLSTEIN, J.; BENNION, J.; MCCONNELL, R.; GILLILAND, F.D.; BERHANE, K.; LURMANN, F.; WINER, A.; PETERS, J.M. Health effects of the 2003 Southern California wildfires on children. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 1174, n. 11, p. 1221-1228, 2006.



- LAGAN, A.L.; MELLEY, D.D.; EVANS, T.W.; QUINLAN, G.J.. Pathogenesis of the systemic inflammatory syndrome and acute lung injury: role of iron mobilization and decompartmentalization. **Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol**, v. 294, p. L161–L174, 2008.
- LEWTAS, J.. Air pollution combustion emissions: Characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects. **Mutation Research**, v. 636, p. 95–133, 2007.
- LINARES, B.; GUIZAR, J.M.; AMADOR, N.; GARCIA, A.; MIRANDA, V.; PEREZ, J.R.; CHAPELA, R.. Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children: Longitudinal repeated-measures study. **BMC Pulmonary Medicine**, v. 10, p. 62, 2010.
- LIU, L.; POON, R.; CHEN, L.; FRESCURA, ANNA-MARIA.; MONTUSCHI P.; CIABATTONI, G.; WHEELER, A.; DALES, R. Acute Effects of Air Pollution on Pulmonary Function, Airway Inflammation, and Oxidative Stress in Asthmatic Children. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 4, p. 668-674, 2009.
- LONGO, K.M.,; FREITAS, S.R.; ANDREAE, M.O.; SETZER, A.; PRINS, E.; ARTAXO, P.. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 10, p. 5785-5795, 2010.
- LOOMIS, D., CASTILLEJOS, M., GOLD, D. R., MCDONNELL, W., BORJA-ABURTO, V. H. Air pollution and infant mortality in Mexico City. **Epidemiology**, v. 10, p. 118–123, 1999.
- LUDWIG, K. M. et al. Correlação entre condições de saneamento básico e parasitoses intestinais na população de Assis, Estado de São Paulo. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 32, n. 5, 1999 .
- MAENHAUT, W.; FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, M.T.; RAJTA, I.; ARTAXO, P.. Two-year study of atmospheric aerosols in Alta Floresta, Brazil: Multielemental composition and source apportionment. **Nucl Instrum Methods Phys Res B**, v. 189, p. 243-248, 2002.
- MARKS, D.B. **Basic medical biochemistry**. 2 ed. Philadelphia: Williams & Williams, 2006.
- MARTINEZ, F.D.; WRIGHT, A.L.; TAUSSIG, L.M.; HOLBERG, C.J.; HALONEN, M.; MORGAN, W.J. Asthma and wheezing in the first six years

- of life. The Group Health Medical Associates. **N Engl J Med**, v. 332, n. 3, p. 133-138, 1995.
- MARTINS, F.S.V.; RAMOS FILHO, C.F.; SANTOS, G.C.T. Malária. In: Scherchter M & Marangoni DV. **Doenças infecciosas: conduta diagnóstica e terapêutica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- MARTINS, M.C.; FATIGATI, F.L.; VESPOLI, T.C.. Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in Sao Paulo, Brazil. **J Epidemiol Community Health**, v. 58, n. 1, p. 41-46, 2004.
- MASCARENHAS, M.D.M.; VIEIRA, L.C.; LANZIERI, T.M.; LEAL, A.P.P.R.; DUARTE, A.F.; HATCH, D.L. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil-Setembro, 2005. **J Bras Pneumol**, v. 34, p. 42-46, 2008.
- MATEOS, F.; BROCK, J.H.; PÉREZ-ARELLANO, J. L. Iron metabolism in the lower respiratory tract. **Thorax**, v. 53, p. 594-600, 1998.
- MCMICHAEL, A.J. Global climate change and health: an old story writ large. In: McMichael, A.J.; Campbell-Lendrum, D.H.; Corvalan, C.F.; Ebi, K.L.; Githenکو, A.; Scheraga, J.D.; Woodward, A. (eds). **Climate change and human health. Risks and responses**. WHO, Geneva, 2003.
- MEDEIROS, M.; FIGUEIREDO, J.P.; ALMEIDA, M.C.; MATOS, M.A.; ARAÚJO, M.I.; CRUZ, A.A.; et al. Schistosoma mansoni infection is associated with a reduced course of asthma. **J Allergy Clin Immunol**, v. 111, p. 947-951, 2003.
- MENEZES, Aline L. et al. Prevalence of intestinal parasites in children from public daycare centers in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical**, v. 50, n. 1, p. 57-59, 2008.
- MISHRA, V. Indoor air pollution from biomass combustion and acute respiratory illness in preschool age children in Zimbabwe. **Int J Epidemiol**, v. 32, p. 847-853, 2003.
- MMA, Ministério Do Meio Ambiente. Brasília, 2011. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 18 jan. 2011.
- MOORE, D.; COPES, R.; FISK, R.; JOY, R.; CHAN, K.; BRAUER, M. Population health effects of air quality changes due to forest fires in British Columbia in 2003: estimates from physician-visit billing data. **Can J Public Health**, v. 97, n. 2, p. 105-108, 2006.

- MOOSMÜLLER, H.; KREIDENWEIS, S.M.; COLLETT JUNIOR, J.L.; HAO, W.M.; MALM. Characterization of Particle Emissions from Laboratory Combustion of Wildland Fuels. Newsletter of the Integrated Land Ecosystem – Atmosphere Processes Study. **iLEAPS**, v. 4, p. 22-23, 2007.
- MORENO, A.R.. Climate change and human health in Latin America: drives, effects and policies. **Environmental Change**, v. 6, p. 157-164, 2006.
- MOSHAMMER, H.; HUTTER, H.P.; NEUBERGER, M.. Gas cooking and reduced lung function in school children. **Atmospheric Environment**, v. 40, n.18, p. 3349-3354, 2006.
- MULLER, W.A. Leukocyte-endothelial cell interactions in leukocyte transmigration and the inflammatory response. **Trends**, v. 24, p. 327, 2003.
- MUTLU, G.M.; GREEN, D.; BELLMEYER, A.; BAKER, C.M.; BURGESS, Z.; RAJAMANNAN, N.; et al.. Ambient particulate matter accelerates coagulation via an IL-6-dependent pathway. **J Clin Invest**, v. 117, n. 10, p. 2952–2961, 2007.
- NAPRA - Núcleo de Apoio à População Ribeirinha da Amazônia. Brasil. Campinas/SP, 2010. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.napra.org.br/> >. Acesso em 18 jan 2011.
- NELIN, T.D.; JOSEPH, A.M.; GORR, M.W.; WOLD, L.E.. Direct and indirect effects of particulate matter on the cardiovascular system. **Toxicology Letters**, v. 208, p. 293–299, 2012.
- NELL, A.E.; DIAZ-SANCHEZ, D.; NG, D.; HIURA, T.; SAXON, A. Enhancement of allergic inflammation by the interaction between diesel exhaust particles and the immune system. **J Allergy Clin Immunol**, v. 102, p. 539-554, 1998.
- NEMMAR, A.; et al. Diesel exhaust particles in lung acutely enhance experimental peripheral thrombosis. **Circulation**, v. 107, p. 1202–1208, 2003.
- NEMMAR, A.; et al. Inflammatory effect of intratracheal instillation of ultrafine particles in the rabbit: role of C-fiber and mast cells. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 160, p. 250–261, 1999.
- NEUFELD, L.M.; HAAS, J.D.; RUEL, M.T.; GRAJEDA, R.; NAEHER, L.P. Smoky indoor cooking fires are associated with elevated hemoglobin concentration in iron-deficient women. **Rev Panam Salud Publica**, v. 15, p. 110-118, 2004.

- NIKASINOVIC, L., MOMAS, I., SETA, N. Nasal epithelial and inflammatory response to ozone exposure: a review of laboratory-based studies published since 1985. **J. Toxicol. Environ. Health B**, v. 6, p. 521–568, 2003.
- O'NEILL, M.S.; VEVES, A.; ZANOBETTI, A.; SARNAT, J.A.; GOLD, D.R.; ECONOMIDES, P.A.; HORTON, E.S.; SCHWARTZ, J. Diabetes enhances vulnerability to particulate air pollution-associated impairment in vascular reactivity and endothelial function. **Circulation**, v. 111, p. 2913–2920, 2005.
- OLIVEIRA, B.F.A. Avaliação do risco a saúde infantil relativa à exposição ao PM<sub>2,5</sub> proveniente da queima de biomassa no município de Tangará da Serra – MT. 2011. **Dissertação** [Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente] – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.
- OPAS, Organização Pan-Americana de Saúde. **Base de dados**. Brasília: Organização Mundial de Saúde, 2011. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/>>. Acesso em: 02 ago. 2011.
- OSTRO, B., LIPSETT, M., MANN, J., BRAXTON-OWENS, H., WHITE, M. Air pollution and exacerbation of asthma in African-American children in Los Angeles. **Epidemiology**, v. 12, p. 200–208, 2001.
- PARK, J.E. & BARBUL, A. Understanding the role of immune regulation in wound healing. **Am J Surg**, v. 187, n. 5A, p. 11S-16S, 2004.
- PARKER, J. D., WOODRUFF, T. J., BASU, R., SCHOENDORF, K. C.. Air pollution and birth weight among term infants in California. **Pediatrics**, v. 115, p. 121–128, 2005.
- PATEL, V.B.; ROBBINS, M.A.; TOPOL, E.J. C-reactive protein: a 'golden marker' for inflammation and coronary artery disease. **Cleve Clin J Med**, v. 68, p. 521-534, 2001.
- PAULIQUEVIS, T.; ARTAXO, P.; OLIVEIRA, P.H.; PAIXÃO, M. O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico. Mudanças Climáticas. **Cienc Cult**, v. 59, p. 48-50, 2007a.
- PAULIQUEVIS, T.; LARA, L.L.; ANTUNES, M.L., ARTAXO, P.. Aerosol and precipitation chemistry in a remote site in Central Amazonia: the role of biogenic contribution. **Atmos Chem Phys Discuss**, v. 7, p. 11465-11469, 2007b.
- PEKKANEN, J.; BRUNNER, E.J.; ANDERSON, H.R.; TITTANEN, P.; ATKINSON, R.W.. Daily concentration of air pollution and plasma

- fibrinogen in London. **Occup Environ Med**, v. 57, p. 818–822, 2000.
- PELLEGRINO, R.; VIEGI, G.; BRUSASCO, V.; CRAPO, R.O.; BURGOS, F.; CASABURI, R. et al. Interpretative strategies for lung function tests. **Eur Respir J**, v. 26, p. 948–968, 2005.
- PEREIRA, C.A.C. Espirometria. **J Pneumol**, v. 28, n. 3, p. 001 – 082, 2002.
- PEREIRA, L. A., LOOMIS, D., CONCEICAO, G. M., BRAGA, A. L., ARCAS, R. M., KISHI, H. S., SINGER, J. M., BOHM, G. M., AND SALDIVA, P. H.. Associa-tion between air pollution a nd intrauterine mortality in Sao Paulo, Brazil. *Environ. Health Perspect.*, v. 106, p. 325–329, 1998.
- PETERS, A.; FROHLICH, M.; DORING, A.; IMMERVOLL, T.; WICHMANN, H.E.; HUTCHINSON, W.L.; PEPYS, M.B.; KOENIG, W. Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men; results from the MONICA-Augsburg Study. **Eur Heart J**, v. 22, p. 1198–1204, 2001.
- PETERS, J.M.; AVOL, E.; GAUDERMAN, W.J.; LINN, W.S.; NAVIDI, W.; LONDON, S.J.; MARGOLIS, H.; RAPPAPORT, E.; VORA, H.; GONG, H. JR.; THOMAS, D.C. A study of twelve Southern California communities with differing levels and types of air pollution. II. Effects on pulmonary function. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 159, p. 768 –775, 1999.
- PIER, G.B.; LYCZAK, J.B.; WETZLER, L.M. **Immunology, Infection, and Immunity**. [S.l.]: ASM Press, 2004.
- PINTO, G.M.. Deficiência de Ferro: resistência ou suscetibilidade a infecções? **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 18, n. 3, p. 191-196, 2008.
- PLOPPER, C. G., WEIR, A. J., NISHIO, S. J., CHANG, A., VOIT, M., PHILPOT, R. M., BUCKPITT, A. R. Elevated susceptibility to 4- ipomeanol cytotox-icity in immature Clara cells of neonatal rabbits. **J. Pharmacol. Exp. Ther.**, v. 269, p. 867–880, 1994..
- POPE III, C.A. Particulate air pollution, C-reactive protein, and cardiac risk. **Eur Heart J**, v. 22, p. 1149–1150, 2001.
- POPE III, C.A.; DOCKERY, D.W.; SPENGLER, J.D.; RAIZENNE, M.E. Respiratory health and PM10 pollution: a daily time series analysis. **Am Rev Respir Dis**, v. 144, p. 668–674, 1991.
- POPE III, C.A.; HANSEN, M.L.; LONG, R.W.; NIELSEN, K.R.; EATOUGH, N.L.; WILSON, W.E.; EATOUGH, D.J. Ambient particulate air pollution, heart rate variability, and blood markers of inflammation in a panel of elderly

- subjects. **Environ Health Perspect**, v. 112, p. 339–345, 2004.
- PORTA, M.. A Dictionary of Epidemiology. 5<sup>th</sup> ed. USA: Oxford, 2008.
- POURSAFA, P.; KELISHADI, R.; AMINI, A.; AMINI, A.; AMIN, M.M.; LAHIJANZADEH, M.; MODARESI, M.. Association of air pollution and hematologic parameters in children and adolescents. **J Pediatr (Rio J)**, v. 87, n. 4, 2011.
- QUADROS, R. M. MARQUES, S. M. T. ARRUDA, A. A. R. et al. Parasitos intestinais em centros de educação infantil municipal de Lages, Santa Catarina, Brasil. **Rev Soc Bras Med Trop**, v. 37, p. 422-423, 2004.
- QUINLAN, G.J.; EVANS, T.W.; GUTTERIDGE, J.M.. Iron and the redox status of the lungs. **Free Radic Biol Med**, v. 33, p. 1306–1313, 2002.
- RAJAGOPALAN, S.; SUN, Q.; CHEN, L.C. Particulate pollution and endothelial function: deja vu all over again in the air. **Circulation**, v. 111, p. 2869–2871, 2005.
- RICÓS, C.; BAADENHUIJSEN, H.; LIBEER, J.C.; HYLTOFT PETERSEN, P.; STOCKL, D.; THEINPONT, L.; FRASE, C.G. External quality assessment currently use criteria for evaluating performance in European contries and criteria for future harmonization. **Eur J Clin Chem Clin Biochem**, v. 34, 159-165, 1996.
- RIEDIKER, M. Cardiovascular effects of fine particulate matter components in highway patrol officers. **Inhal Toxicol.**, v. 19, p. 99-105, 2007.
- RIZZO, L.V. ; ARTAXO, P. ; KARL, T. ; GUENTHER, A.B. ; GREENBERG, J. . Aerosol properties, in-canopy gradients, turbulent fluxes and VOC concentrations at a pristine forest site in Amazonia. **Atmospheric Environment**, v. 44, p. 503-511, 2010.
- RODRIGUES, J.C.; CARDINERI, J.M.A.; BUSSAMRA, M.H.C.F.; NAKARE, C.M.A.; ALMEIDA, M.B.; SILVA FILHO, L.V.F.; ADDE, F.V. Provas de função pulmonar em crianças e adolescentes. **J Pneumol**, v. 28, n. 3, p. 207 – 221, 2002.
- RODRIGUES, P. C. O.; IGNOTTI, E.; ROSA, A M; HACON, S. Distribuição espacial das internações por asma em idosos na Amazônia Brasileira. **Rev. Brás. Epidemiol.**, v. 13, n. 3, p. 523-532, 2010.
- ROSA, A.M.; IGNOTTI, E.; BOTELHO, C.; CASTRO, H.A.; HACON, S.S. Doença respiratória e sazonalidade climática em menores de 15 anos em um

- município da Amazônia brasileira. **J Pediatr**, v. 84, p. 543 -549, 2008b.
- ROSA, A.M.; IGNOTTI, E.; HACON S.S.; et al.. Análise das internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra - Amazônia Brasileira. **J Bras Pneumol**, v. 34, n. 8, p. 575-582, 2008a.
- ROSA, A.M.; IGNOTTI, E.; HACON, S.S.; CASTRO, H.A. Prevalência de asma em escolares e adolescentes em um município na região da Amazônia Brasileira. **Jornal Brasileiro de Pneumologia** (Online), v. 35, p. 7-13, 2009.
- ROUX, A.V.D.; AUCHINCLOSS, A.H.; ASTOR, B.; BARR, R.G.; CUSHMAN, M. et al. Recent Exposure to Particulate Matter and C-reactive Protein Concentration in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. **Am J Epidemiol**, v. 164, p. 437–448, 2006.
- RUCKERL, R.; IBALD-MULLI, A.; KOENIG, W.; SCHNEIDER, A.; WOELKE, G.; CYRYS, J.; et al. Air pollution and markers of inflammation and coagulation in patients with coronary heart disease. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 173, n. 4, p. 432–441, 2006.
- RUDEZ, G.; JANSSEN, N.A.H.; KILINC, E.; LEEBEEK, F.W.G.; GERLOFS-NIJLAND, M.E.; SPRONK, H.M.H.; CATE, H. TEN.; CASSEE, F.R.; MAAT, M.P.M. DE. Effects of Ambient Air Pollution on Hemostasis and Inflammation. **Environmental Health Perspectives**, v. 117,n. 6, p. 995-1001, 2009.
- SACKS, J.D.; STANEK, L.W.; LUBEN, T.J.; JOHNS, D.O.; BUCKLEY, B.J.; BROWN, J.S.; ROSS, M.. Particulate Matter–Induced Health Effects: Who Is Susceptible? **Environmental Health Perspectives**, v. 119, n. 4,p. 446-454,2011.
- SAGIV, S. K.; MENDOLA, P.; LOOMIS, D.; HERRING, A. H.; NEAS, L. M.; SAVITZ, D.A.; POOLE, C.. A time-series analysis of air pollution and preterm birth in Pennsylvania, 1997–2001. **Environ. Health Perspect.**, v. 113, p. 602–606, 2005.
- SALDANHA, C.T.; SILVA, A.M.; BOTELHO, C. Variações climáticas e uso de serviços de saúde em crianças asmáticas menores de cinco anos de idade: um estudo ecológico. **J Bras Pneumol**, v. 31, p. 492 -498, 2005.
- SALDIVA, P. H.; LICHTENFELS, A. J.; PAIVA, P. S.; BARONE, I. A.; MARTINS, M. A.; MASSAD, E.; PEREIRA, J. C.; XAVIER, V. P.; SINGER, J. M.; BOHM, G. M. Association between air pollution and mortality due to respiratory disease in children in Sao Paulo, Brazil: A preliminary report. **Environ. Res.**, v. 65, p. 218–225, 1994.

- SALISBURY, D.S. & SCHMINK, M.. Cows versus rubber: changing livelihoods among Amazonian extractivists. **Geoforum**, v.38, n.6, p.1233-1249, 2007.
- SALVI, S.; BLOMBERG, A.; RUDELL, B.; KELLY, F.; SANDSTROM, T.; HOLGATE, S. T.; FREW, A. Acute inflammatory responses in the airways and peripheral blood after short-term exposure to diesel exhaust in healthy human volunteers. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 159, p. 702–709, 1999.
- SBC - Sociedade Brasileira de Cardiologia. Brasil: Rio de Janeiro, 2011. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.cardiol.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2011.
- SBI - Sociedade Brasileira de Imunologia. Brasil: São Paulo, 2011. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.sbi.org.br/> >. Acesso em 05 de dez 2011.
- SBPT - Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Brasil: Brasília/DF, 2011. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.sbpt.org.br/> >. Acesso em 05 de dez 2011.
- SCHWARTZ, J.. Air pollution and blood markers of cardiovascular risk. **Environ Health Perspect**, v. 109, p. 405–409, 2001.
- SCHMIDT, MI et al. Prevalência de diabetes e hipertensão no Brasil baseada em inquérito de morbidade auto-referida, Brasil, 2006. **Rev. Saúde Pública**, v. 43, suppl. 2, p. 74-82, 2009,
- SEATON, A.; MACNEE, W.; DONALDSON, K.; GODENN, D. Particulate air pollution and acute health effects. **Lancet**, v. 345, p. 176-178, 1995.
- SEATON, A.; SOUTAR, A.; CRAWFORD, V.; ELTON, R.; MCNERLAN, S.; CHERRIE, J.; WATT, M.; AGIUS, R.; STOUT, R. Particulate air pollution and the blood. **Thorax**, v. 54, p. 1027–1032, 1999.
- SEMUSA – Secretaria Municipal de Saúde. Brasil: Porto Velho, 2011. **Base de dados**. Disponível em: < <http://www.portovelho.ro.gov.br>>. Acesso em: 17 ago. 2011.
- SESHADRI, S. **Nutritional anaemia in South Asia. In: Gillespie S (ed.). Malnutrition in South Asia: A Regional Profile.** Kathmandu: Regional Office for South Asia/UNICEF, 1997. p. 109–32.
- SHIMA, M.. Air pollution and C-reactive protein in children. **J of Epidemiology**, v. 17, n. 5, p. 47-54, 2007.
- SHREY, K.; SUCHIT, A.; DEEPIKA, D.; SHRUTI, K.; VIBHA, R.. Air



- pollutants: The key stages in the pathway towards the development of cardiovascular disorders. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 31, p. 1–9, 2011.
- SIGMUND, E., CROIX, M. D., MIKLANKOVA, L., AND FROMEL, K.. Physical activity patterns of kindergarten children in comparison to teenagers and young adults. **Eur. J. Public Health**, v. 17, n. 6, p. 646-651, 2007.
- SILVA, L.C.C.; RUBIN, A.S.; SILVA, L.M.C.; FERNANDES, J.C. Espirometria na prática médica. **Revista AMRIGS**, Porto Alegre, 49(3): 183-94, 2005.
- SILVA, P.R.; ROSA, A.M.; HACON, S.S.; IGNOTTI, E.. Hospitalização de crianças por asma na Amazônia brasileira: tendência e distribuição espacial. **Jornal de Pediatria**, v. 85, n. 6, p. 541-546, 2009.
- SISAM – Sistema de Informações Ambientais. 2011. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Base de dados**. Disponível em: < <http://sisam.cptec.inpe.br> >. Acesso em jan de 2012.
- SMILEY-JEWELL, S. M., NISHIO, S. J., WEIR, A. J., PLOPPER, C. G. 1998. Neo-natal Clara cell toxicity by 4-ipomeanol alters bronchiolar organization in adult rabbits. **Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.**, v. 274, p. L485–L498, 2005.
- SOLÉ D, VANNA AT, YAMADA E, RIZZO MC, NASPITZ CK. International study of asthma and allergies in childhood (ISAAC) written questionnaire: validation of the asthma component among Brazilian children. **J Invest Allergol Clin Immunol.**, v. 8, p. 376-82, 1998
- SOLI, A.S.V.. **Parasitoses intestinais**. In: SCHECHTER, M. & MARANGONI, D.V.. Doenças infecciosas: conduta diagnóstica e terapêutica. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- SØRENSEN, M.; DANESHVAR, B.; HANSEN, M.; DRAGSTED, L.O.; HERTEL, O.; KNUDSEN, L.; LOFT, S. Personal PM2.5 exposure and markers of oxidative stress in blood. **Environ Health Perspect.**, v. 111, p. 161-166, 2003.
- SOUZA, L.S.N.. Análise de Impactos das Queimadas sobre a Saúde Humana: Um estudo de caso do Município de Rio Branco, Acre. **Dissertação** (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) Rio de Janeiro: ENSP, 80p. 2008
- SRAI, S.K.; BONFORD, A.; MCARDLE, H.J. Iron transport across cell membranes: molecular understanding of duodenal and placental iron uptake.

- Best practice research clinical haematology**, v. 15, n. 2, p. 159-243, 2002.
- STEERENBERG, P.A.; VAN DALEN, W.J.; WITHAGEN, C.E.; DORMANS, J.A.; VAN LOVER EN, H.. Optimization of route of administration for coexposure to ovalbumin and particulate matter to induce adjuvant activity in respiratory allergy in the mouse. **Inhalation Toxicol.**, v. 15, p. 1309 – 1325, 2003.
- STEERENBERG, P.A.; WITHAGEN, C.E.T.; VAN DALEN, W.J.; DORMANS, J.A.M.A.; CASSEE, F.R.; HEISTERKAMP, S.H.; VAN LOVEREN, H.. Adjuvant activity of ambient particulate matter of different sites, sizes, and seasons in a respiratory allergy mouse model . **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 200, p. 186 – 200, 2004.
- STEINVIL, A.; KORDOVA-BIEZUNER, L.; SHAPIRA, I.; BERLINER, S.; ROGOWSKI, O. Short-term exposure to air pollution and inflammation-sensitive biomarkers. **Environ Res.**, v. 106, 51-61, 2008.
- STOLTZFUS, R.J. Iron-deficiency anaemia: reexamining the nature and magnitude of the public health problem. Summary: implications for research and programs. **J Nutr**, v. 131, p. 697S–701S, 2001.
- TAN, W.C.; QIU, D.; LIAM, B.L.; NG, T.P.; LEE, S.H.; van EEDEN, S.F.; D'YACHKOVA, Y.; HOGG, J.C.. The Human Bone Marrow Response to Acute Air Pollution Caused by Forest Fires. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 161, p. 1213–1217, 2000.
- TERADA, N.; MAESAKO, K.; HIRUMA, K.; HAMANO, N.; HOUKI, G.; KONNO, A.; et al. Diesel exhaust particulates enhance eosinophil adhesion to nasal epithelial cells and cause degranulation. **Int Arch Allergy Immunol**, v. 114, p. 167-174, 1997.
- THOMPSON, A.M.S.; ZANOBETTI, A.; SILVERMAN, F.; SCHWARTZ, J.; COULL, B.; URCH, B.; SPECK, M.; BROOK, J.R.; MANNO, M.; GOLD, D.R.. Baseline Repeated Measures from Controlled Human Exposure Studies: Associations between Ambient Air Pollution Exposure and the Systemic Inflammatory Biomarkers IL-6 and Fibrinogen. **EHP**, v. 118, p. 120–124, 2010.
- TORRES, Felipe R. and BONINI-DOMINGOS, Claudia R.. Hemoglobinas humanas: hipótese malária ou efeito materno?. **Rev. Bras. Hematol. Hemoter.**, v.27, n.1, p. 53-60, 2005.
- TRIGG, M.E. Hematopoietic stem cells. **Pediatrics**, v. 113 (4 suppl), p. 1051, 2004.

- TULUCE, Y; OZKOL, H; KOYUNCU, I; INE H. Increased occupational coal dust toxicity in blood of central heating system workers. **Toxicol Ind Health.**, v. 27, n. 1, p. 57-64, 2011.
- US - United States Department of State. U.S. **Climate Action Report**. Washington: Global Publishing Services, 2010.
- VERMYLEN, J.; NEMMAR, A.; NEMERY, B.; HOYLAERTS, M.F. Ambient air pollution and acute myocardial infarction. **J Thromb Haemost**, v. 3, p. 1955–1961, 2005.
- VISWANATHAN, S.; ERIA, L.; DIUNUGALA, N.; JOHNSON, J.; MCCLEAN, C. An analysis of effects of San Diego wildfire on ambient air quality. **J Air Waste Manag Assoc**, v. 56, n.1, p. 56-67, 2006.
- VON HERRATH, M.G. & HARRISON, L.C. Regulatory lymphocytes: antigen induced regulatory T cells in autoimmunity. **Nat Rev Immunol**, v. 3, n. 3, p. 223-232, 2003.
- WALTER, T.; OLIVARES, M.; PIZZARRO, F. Iron, anemia and infections. **Nutr Rev**, v. 55, p. 111 – 124, 1997.
- WATTS, K. D.. Healthcare Inequalities in Paediatric Respiratory Diseases. **Paediatric Respiratory Reviews**, v. 13, p. 57–62, 2012.
- WHO - World Health Organization. **Air Pollution Guideline**. Regional Office Europe, 2005.
- WHO – World Health Organization. **focusing on anaemia: towards an integrated approach for effective anaemia control. joint statement by the world health organization and the united nations children’s fund**. Geneva, 2004.
- WHO - World Health Organization. United Nations System, 2011. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.who.int/en/>>. Acesso em 15 jul 2011.
- WHO/NHD – World Health Organization/United Nations Children’s Fund. **Iron Deficiency Anaemia Assessment, Prevention, and Control:A guide for programme managers**. EUA: WHO, 2001.
- WILHELM, M. & RITZ, B. Local variations in CO and particulate air pollution and adverse birth outcomes in Los Angeles County, California, USA. **Environ. Health Perspect.**, v. 113, p.1212–1221, 2005.
- WOOF, J. & BURTON, D. Human antibody-Fc receptor interactions illuminated

- by crystal structures. **Nat Rev Immunol.**, v. 4, p. 89-99, 2004.
- YAMASOE, M. A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A. H.; et al. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of biomass burning in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. **Atmospheric Environment**, v. 34, p. 1641-1653, 2000.
- YEH, E.T.; ANDERSON, H.V.; PASCERI, V.; et al. C-reactive protein: linking inflammation to cardiovascular complications. **Circulation**, v. 104, p. 974-975, 2001.
- YIP, R. & DALLMAN, P.R. **Hierro**. In: Organización Panamericana de la Salud. International Life Sciences Institute. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7<sup>th</sup> ed. Washington (DC): OPAS, 1997. (Publicación Científica, 565).
- ZAMORANO A, MARQUEZ S, ARANGUIS JL, BEDREGAL P, SANCHEZ I.. Relación entre bronquiolitis aguda con factores climáticos y contaminación ambiental. **Rev Med Chil.**, v. 131, n. 10, p. 1117-1122, 2003.
- ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J.; GOLD, D. Are there sensitive subgroups for the effects of airborne particles? **Environmental Health Perspectives**, v. 108, p. 841-845, 2000.
- ZAVADNIAK, A.F.; ROSÁRIO, N.A. Regulação da síntese de IgE. **Rev. bras. alerg. imunopatol.**, v. 28, n. 2, p. 65-72, 2005.
- ZLOTKIN, S. Clinical nutrition: 8. The role of nutrition in the prevention of iron deficiency anemia in infants children and adolescents. **Canadian medical Association or Its Licensors**, v. 7, n. 168, p.59-63, 2003.
- ZULIANI, A.; CARVALHO, B.C.; NASPITZ, C.K.. **Sistema imune – desenvolvimento imunitário do recém-nascido**. In: Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina de Botucatu-UNESP, eds. *Conduitas em Pediatria*. 2a ed. Rio de Janeiro: EPUB; 1999.

# ANEXOS

## ANEXO 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Prezado (a) Senhor (a),**

**Projeto:**

Mudanças ambientais globais e efeitos nos ecossistemas e na saúde da região do arco do desmatamento – uma análise integrada para a bacia do rio Madeira.

**Coordenadores e Instituições:**

Sandra de Souza Hacon – ENSP/Fundação Oswaldo Cruz

Uma equipe de pesquisadores sob a coordenação da FIOCRUZ/ENSP em parceria com a FIOCRUZ/IFF; FIOCRUZ/ICT, USP/GEPA; UNEMAT e UNIR está desenvolvendo um estudo para avaliar os efeitos da poluição do ar oriundo das queimadas na população urbana de Porto Velho nas comunidades do rio Madeira com foco em estudantes de 6 a 16 em escolas nas margens do rio Madeira.

**Objetivo Principal:** Avaliar o estado de saúde do estudante (crianças ou adolescente) em relação às doenças respiratórias em épocas de maior e menor queima (seca/chuva, respectivamente)

**Procedimentos:** serão realizados uma vez durante o período de seca e outra no período de chuva. A participação nos dois exames e nos dois períodos é muito importante para o acompanhamento da criança e do adolescente. O Senhor e seu filho serão orientados e avisados com antecedência em relação a realização dos exames. Todo o material usado na coleta será descartável e terá destino apropriado. Os procedimentos serão realizados por profissionais capacitados.

**1 – Espirometria:** É um exame muito simples, onde a criança enche o pulmão de ar e sopra através de um aparelho, que irá medir como está a capacidade do pulmão de seu filho. A espirometria permite medir o volume inspirado e expirado e os fluxos respiratórios.

**2- Antropometria:** coleta das medidas de peso, altura e pressão arterial.

**3- Coleta de Sangue:** O estudante será convidado para realizar coleta de sangue venoso na qual o material será devidamente acondicionado e processado no laboratório em tempo hábil. O aluno deverá chegar em jejum para a coleta de sangue. Haverá distribuição de lanche após a coleta.

**Possíveis riscos e desconfortos**

**1- Espirometria:** será acompanhada por técnico capacitado e não há riscos em realizar o exame e o desconforto de fazer o exame é muito pequeno. O aluno não fará uso de nenhuma substância. Apenas soprará para que o aparelho registre os dados.

**2- Coleta de Sangue:** será feita por profissional experiente e usando material estéril, dessa forma não representa risco à saúde. Poderá haver desconforto pela punção da veia para retirada de sangue. O tempo máximo gasto com a coleta de sangue será de 5 a 10 minutos, todos os exames serão agendados com antecedência mínima de 24 horas.

**Benefícios relacionados com a sua participação:** Realização de exame bioquímico de sangue completo. Em caso de acompanhamento de médio em longo prazo, os voluntários da pesquisa serão encaminhados ao serviço de saúde do município conforme já discutido com o secretário de saúde do município.

**Retorno dos resultados aos indivíduos participantes do estudo:** Os exames serão analisados por médicos vinculados a pesquisa e os laudos constarão exames normais ou anormais, no caso de anormal, será indicada a anormalidade e encaminhado ao serviço de saúde municipal.

Os exames não prejudicarão a rotina de aula do seu filho. A secretária Municipal de Educação, assim como a direção da escola concordou em adequar o tempo das aulas para a realização da pesquisa. Dessa forma, gostaríamos muito de contar com sua colaboração no sentido de permitir que seu filho possa participar da nossa pesquisa

Eu,....., declaro que fui informado dos riscos e benefícios da pesquisa e autorizo meu (minha) filho (a)

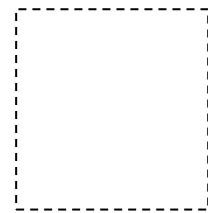
..... a participar dessa pesquisa. Entendo que o nome do meu filho ou de qualquer membro da minha família não será divulgado e ninguém além dos pesquisadores saberão os nomes dos participantes desta pesquisa. Entendo também que tenho direito a receber outras informações sobre o estudo a qualquer momento, mantendo contato com o pesquisador principal. Fui informado ainda que a participação é voluntária e que se eu preferir não participar ou deixar de participar a qualquer momento deste estudo, isso NÃO acarretará qualquer tipo de penalidade. Compreendo tudo o que me foi explicado sobre o estudo a que se refere este documento e concordo em participar do mesmo.

Nome do aluno: \_\_\_\_\_

Assinatura do responsável: \_\_\_\_\_

Desde já agradecemos sua colaboração.  
Atenciosamente,

\_\_\_\_\_  
(Assinatura do representante legal para crianças  
ou adolescente)



Impressão dactiloscópica  
(participante ou representante)

Em caso de necessidade, contate Sandra de Souza Hacon, Rua Leopoldo Bulhões nº 1480, sala 620, bairro Manguinhos, 21041-210, Rio de Janeiro / RJ e portador do telefone 021-2598 2655 e do e-mail: shacon@ensp.fiocruz.br

Informações sobre o projeto, fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/ENSP através do telefone 021- 2598-2863 ou na Rua Leopoldo Bulhões nº 1480, sala 314, bairro Manguinhos, 21041-210, Rio de Janeiro / RJ.

Porto Velho, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010.