

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Thiago de Lima Torres

**INTERNAÇÕES POR DOENÇAS DO APARELHO
CIRCULATORIO E A QUEIMA DE BIOMASSA FLORESTAL
EM RESIDENTES DE PORTO VELHO RONDÔNIA ENTRE
2014 -2015**

Taubaté – SP
2018

THIAGO DE LIMA TORRES

**INTERNAÇÕES POR DOENÇAS DO APARELHO
CIRCULATORIO E A QUEIMA DE BIOMASSA FLORESTAL
EM RESIDENTES DE PORTO VELHO RONDÔNIA ENTRE
2014 -2015**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andréa Paula Peneluppi de Medeiros

**Taubaté – SP
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

T693i

Torres, Thiago de Lima

Internações por doenças do aparelho circulatório e a queima de biomassa florestal em residentes de Porto Velho/Rondonia entre 2014 - 2015 / Thiago de Lima Torres. - 2018.

60f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté, Departamento de Ciências Agrárias, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Andréa Paula Peneluppi de Medeiros / Departamento de Medicina.

1. Acidente Vascular Cerebral. 2. Insuficiência Cardíaca Congestiva.
3. Material Particulado. 4. Monóxido de Carbono. 5. Poluição do Ar.
I. Título. II. Ciências Ambientais.

THIAGO DE LIMA TORRES

**INTERAÇÕES POR DOENÇAS DO APARELHO CIRCULATÓRIO E A QUEIMA
DE BIOMASSA FLORESTAL EM RESIDENTES DE PORTO VELHO RONDÔNIA
ENTRE 2014 - 2015**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.
Área de Concentração: Ciências Ambientais.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andréa Paula Peneluppi de Medeiros

Data: 06/03/2018

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Andréa Paula Peneluppi de Medeiros

Universidade de Taubaté

Assinatura_____

Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento

Universidade de Taubaté

Assinatura_____

Prof^a. Dr^a. Ana Cristina Gobbo César

Instituto Federal de Educação
Ciência e Tecnologia de São
Paulo

Assinatura_____

AGRADECIMENTOS

Ao findar este trabalho, percebo que adquiri novos conhecimentos que irão melhorar minha atuação profissional e humana. Pude contar com a colaboração de pessoas importantes, pois sem elas o percurso seria árduo.

Deixo aqui o meu agradecimento a Prof^a. Dra. Andréa Paula Peneluppi de Medeiros, um exemplo de médica e pesquisadora, com um conhecimento excepcional e uma paciência admirável, além de ser uma figura humana sensível e inspiradora.

Um especial agradecimento ao Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento e a Prof^a. Dra. Ana Aparecida da Silva Almeida, membros da banca de qualificação, por terem feito sugestões fundamentais para a melhoria desta dissertação.

INTERNAÇÕES POR DOENÇAS DO APARELHO CIRCULATORIO E A QUEIMA DE BIOMASSA FLORESTAL EM RESIDENTES DE PORTO VELHO RONDÔNIA ENTRE 2014 - 2015

AUTOR: THIAGO DE LIMA TORRES
ORIENTADORA: ANDRÉA PAULA PENELUPPI DE MEDEIROS

RESUMO

Estudos experimentais e observacionais têm apresentado evidências consistentes sobre os efeitos da poluição do ar, especialmente do material particulado fino, na morbidade e na mortalidade por doenças do aparelho circulatório. O presente estudo teve como objetivo estudar se a exposição aos poluentes do ar (monóxido de carbono e material particulado) e os focos de queimadas estão associados às internações hospitalares, por doenças do aparelho circulatório no município de Porto Velho - RO. Para tanto, realizou-se um estudo epidemiológico transversal dessas internações no município de Porto Velho - RO, no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015. Os critérios de inclusão foram: pessoas hospitalizadas e residentes no município de Porto Velho - RO, o diagnóstico principal da internação for por Doenças do Aparelho Circulatório (I00-I99) e estar acima de 39 anos de idade. Os dados sobre as internações foram adquiridos por meio do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Já os dados sobre a poluição do ar e dos focos de queimadas foram obtidos a partir do banco de dados do Sistema de Informações Ambientais (SISAM). Realizou-se análise descritiva e regressão logística univariada, utilizando-se o Programa Stata 9.0. A análise permitiu identificar que ser do sexo feminino pode levar à proteção quanto a ocorrência de maior número de internações por dia no que se refere aos poluentes do ar. Constatou-se maior chance de duas ou mais internações ao dia quando da ocorrência de exposição ao PM_{2,5} no 4º quartil (OR=1,67 e OR= 2,95, respectivamente nos lags 2 e 6), para o CO, de maneira expressiva e com significância, no 4º quartil (OR=1,61; OR=1,55; OR=1,90; OR=2,21; OR=1,84; respectivamente nos lags 2, 4, 5, 6 e 7). Também chama a atenção os focos de queimadas no 4º quartil (OR= 1,90; OR=1,78; OR=1,85; OR=1,90; OR=4,59; OR=2,21, respectivamente nos lags 1, 2, 3, 4, 6 e 7), todos com $p < 0,05$. Conclui-se que a exposição aos poluentes do ar (CO, PM_{2,5}) e aos focos de queimadas pode estar associada ao aumento das internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório no município de Porto Velho - RO.

Palavras-Chave: Poluição do Ar; Material Particulado; Monóxido de Carbono; Acidente Vascular Cerebral; Insuficiência Cardíaca Congestiva; Infarto Miocárdio; Ciências do Ambiente.

INTERVENTIONS FOR DISEASES OF THE CIRCULATORY APPARATUS AND THE BURNING OF FOREST BIOMASS IN RESIDENTS OF PORTO VELHO RONDÔNIA BETWEEN 2014 – 2015

AUTHOR: THIAGO DE LIMA TORRES
ADVISER: ANDRÉA PAULA PENELUPPI DE MEDEIROS

ABSTRACT

Experimental and observational studies have presented consistent evidence on the effects of air pollution, especially the fine particulate material, in morbidity and mortality for diseases of the circulatory apparatus. The objective of this study was to study whether exposure to air pollutants (carbon monoxide and particulate matter) and wildfires they are associated with hospital hospitalizations, by diseases of the circulatory system in the municipality of Porto Velho - RO. A transversal epidemiological study of these hospitalizations was conducted in the municipality of Porto Velho - RO, in the period between September 2014 and August 2015. The inclusion criteria were: people hospitalized and residents in the municipality of Porto Velho - RO, main diagnosis of hospitalization be for diseases of the circulatory apparatus (I00-I99) and be above 39 years of age. The data on the admissions were acquired through the hospital information System of the SUS (SIH/SUS) of the informatics Department of the System of the Unified Health (DATA/SUS). The data on air pollution and wildfires have been obtained from the Environmental Information System (SISAM) database. Descriptive analysis and logistic regression was conducted, using the program Stata 9.0. The analysis has allowed to identify that being female can lead to protection as to the occurrence of greater number of hospitalizations per day. About air pollutants, there was a greater chance of two or more admissions to the day when the exposure occurred to PM2.5, in the 4th quartile (OR = 1.67 and OR = 2.95, respectively in lags 2 and 6), to the CO, in a meaningful and meaningful way. In the 4th quartile (OR = 1.61; OR = 1.55; OR = 1.90; OR = 2.21; OR = 1.84; In lags 2, 4, 5, 6 and 7 respectively. It also draws attention to the focuses of burnings in the 4th quartile (OR = 1.90; OR = 1.78; OR = 1.85; OR = 1.90; OR = 4.59; OR = 2.21, respectively in lags 1, 2, 3, 4, 6 and 7), all with $P < 0.05$. It is concluded that exposure to air pollutants (CO, PM2.5) and wildfires may associated with increased hospital admissions by diseases of the circulatory apparatus in the municipality of Porto Velho - RO.

Keywords: Air Pollution; Particulate Material; Carbon monoxide; Stroke; Congestive heart failure; Myocardial infarction; Environmental Sciences.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do município de Porto Velho24
Figura 2 - Ilustração da página do DATASUS para acesso SIHSUS25
Figura 3 - Ilustração da página do DATASUS para selecionar banco de dados (dbc) do Estado de Rondônia, ano 201426
Figura 4 - Ilustração da página do Programa <i>Tabwin</i> que apresenta o procedimento da expansão do arquivo dbc.....	..26
Figura 5 - Ilustração da estimativa da concentração do CO por meio do modelo CATT-BRAMS, no dia 18 de agosto de 2015, com destaque para regiões de algumas capitais brasileiras (Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Porto Velho, Belém), bem como em Santiago no Chile.....	..30
Figura 6 - Ilustração da página do site do Sistema de Informações Ambientais.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - *Odds ratio* (OR) com respectivos intervalos de 95% de confiança (IC 95%) de "mais de uma internação ao dia", CID 10 (I00-99), de residentes no município de Porto Velho – RO, no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, segundo sexo, faixa etária, quartis da concentração máxima dos poluentes atmosféricos (CO e PM_{2,5}) e do número de focos de queimadas.....37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Distribuição das internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório ocorridas em residentes com idade de 40 anos ou mais no município de Porto Velho – RO, no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, segundo características pessoais e de internação33
- Tabela 2** - Valores da média e desvio-padrão (DP), mediana, mínimo e máximo da idade, número de internações ao dia e tempo de permanência hospitalar das internações de residentes no município de Porto Velho – RO, no período entre setembro de 2014 e agosto de 201534
- Tabela 3** - Distribuição da concentração máxima diária dos poluentes atmosféricos (CO e PM_{2,5}), da temperatura e umidade mínima e focos de queimadas no município de Porto Velho – RO, no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, segundo os valores da média e desvio padrão (DP), mediana, mínimo e máximo.....35
- Tabela 4** - Distribuição da média da concentração máxima dos poluentes atmosféricos (CO e PM_{2,5}), focos de queimadas e temperatura e umidade mínima, segundo a variável dependente "mais de uma internação ao dia", CID 10 (I00-I99), de residentes no município de Porto Velho – RO, no período entre setembro de 2014 e agosto de 201536

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIH	Autorização de Internação Hospitalar
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AVE	Acidente Vascular Encefálico
CCATT-BRAMS	Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport Model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System
CID	Classificação Internacional de Doenças
CIUR	Crescimento Intra-uterino Restrito
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EPA	Environmental Protection Agency
HNO ₃	Ácido Nítrico
IAM	Infarto Agudo do Miocárdio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	Insuficiência Cardíaca Crônica
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MODIS/TERRA	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MOPITT	Measurements of Pollution in the Troposphere
MP	Material Particulado
MP ₁₀	Partículas Inaláveis Grossa
MP _{2,5}	Partículas Inaláveis Fina
NO	Monóxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
O.	Oxigênio Atômico
O ₂	Oxigênio Molecular
O ₃	Ozônio
OMS	Organização Mundial de Saúde
OR	Odds Ratio

RO	Rondônia
SIH/SUS	Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde
SISAM	Sistema de Informações Ambientais
SMOCC/RaCCI	Smoke, Aerosols, Clouds, rainfall, and Clime/ Radiation, Cloud, and Climate Interactions
SUS	sistema único de saúde
SO ₂	Dióxido de Enxofre

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.1 Objetivos específicos.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 Poluição do ar: breve histórico	16
3.2 Poluentes do ar e seus efeitos na saúde humana e nas doenças do aparelho circulatório	17
3.3 Queima da biomassa florestal e o impacto sobre a saúde	22
4 MATERIAL E MÉTODO	24
4.1 Área de estudo	24
4.2 População, local e período.....	24
4.3 Fonte de dados das internações hospitalares e poluição atmosférica	25
4.4 Procedimento metodológico	25
4.5 Análise dos dados.....	31
5 RESULTADOS	33
5.1 Distribuição da concentração máxima diária dos poluentes atmosféricos (co e pm _{2,5}), da temperatura e umidade mínimas e focos de queimadas no município de Porto Velho – RO.....	34
6 DISCUSSÃO.....	43
7 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a poluição atmosférica faz parte de umas das principais contribuições para efeitos deletérios na saúde humana. Os poluentes do ar mais estudados são: monóxido de carbono (CO), material particulado (MP) com menos de 10 μ de diâmetro aerodinâmico (PM₁₀), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e ozônio (O₃), os quais podem ser advindos de fontes móveis (veículos automotores), fontes fixas (indústrias) e da queima de biomassa.

A queima da biomassa é uma prática antiga e repetida corriqueiramente sendo que as regiões do planeta que mais liberam poluentes através da queima de biomassa estão concentradas nos países em desenvolvimento, localizados nos trópicos e subtropicais da África, sudeste da Ásia e América do Sul, tornado uma das principais fontes de poluentes atmosféricos (CARMO et al., 2010).

No Brasil, o Estado de Rondônia está situado no arco do desmatamento, principal trajeto de dispersão de poluentes da Região Norte do país. Divisa com a Bolívia e os estados do Amazonas, Mato Grosso e Acre, possui dois terços de sua área 237.576/km² cobertos pela floresta amazônica (CASTRO; GONÇALVES; HACON, 2009)

No período de estiagem Amazônica, acontecem os maiores índices de queimadas nessa região, e os estados onde há maior incidente de queimadas contribuem para a poluição nos Estados vizinhos. Em Porto Velho, capital do estado de Rondônia, no período de seca paira sobre a cidade uma névoa de fumaça oriunda das queimadas da área rural (SOUZA, 2016).

As queimadas na Amazônia brasileira constituem prática de manejo utilizada em diferentes culturas agrícolas e estão inseridas no processo produtivo da Amazônia como fator impulsionador para a criação e manutenção de pastos para a criação de gado e na expansão da fronteira agrícola denominada “arco do desmatamento” (BARROS, 2011).

Essa prática, por ser uma das principais fontes de poluição do ar, introduz diversos compostos na atmosfera, Material Particulado Grosso (MP₁₀) e Material Particulado Fino (MP_{2,5}), que não são visíveis a olho nu e tem maior residência na atmosfera podendo atingir grandes distâncias (SOARES, 2012).

A soma de altas taxas de emissão de poluentes na atmosfera e a formação

de uma camada de inversão térmica gera uma série de problemas à saúde da população, e conseqüentemente, aumento nos casos de morbidade e mortalidade (ARBEX et al., 2004).

São precisamente o Material Particulado Grosso (MP₁₀) e Material Particulado Fino (MP_{2,5}) que têm sido mais consistentemente relacionados com o risco de doenças do aparelho circulatório, como por exemplo: infarto do miocárdio, acidente vascular encefálico, arritmias, morte súbita, insuficiência cardíaca, elevação tensional (NOGUEIRA, 2009).

Estudos experimentais e observacionais têm apresentado evidências consistentes sobre os efeitos da poluição do ar, especialmente do material particulado fino, na morbidade e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (cardíacas, arteriais e cerebrovasculares) (CANÇADO et al., 2006).

A existência de comorbidades e sua associação com exposição à poluição atmosférica, albergam um aumento de visitas a setores de emergência hospitalar e conseqüentemente um aumento de doenças do aparelho circulatório associadas ao problema de base (PEREIRA; OLMO, 2011).

Dessa forma, à análise do impacto da poluição do ar na saúde, por meio de pesquisas, é relevante para consolidar a implantação de políticas voltadas a saúde ambiental, pelo setor saúde e conseqüentemente melhora dos indicadores de saúde.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar se à exposição aos poluentes do ar (monóxido de carbono e material particulado) e também aos focos de queimadas está associada às internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório no município de Porto Velho - RO.

2.1 Objetivos Específicos

- a) Avaliar as características dos sujeitos internados por doenças do aparelho circulatório;
- b) Estimar a associação entre a poluição do ar, os focos de queimadas e a ocorrência diária de internações por doenças do aparelho circulatório.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Poluição do ar: Breve histórico

Desde os anos 30 do século passado, existe uma preocupação de se investigar os efeitos deletérios causados pela poluição atmosférica. Em 1970, a *Environmental Protection Agency* (EPA) foi encarregada de estabelecer critérios de qualidade do ar para os poluentes. Foram regulamentados: o material particulado, ozônio, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e chumbo. Desde 1975, a Organização Mundial da Saúde (OMS) mantém um programa de apoio técnico aos países em desenvolvimento, para que implantem programas de monitorização de poluentes atmosféricos. Admite-se que cinco poluentes são responsáveis por quase 98% da poluição, em termos genéricos e universais: monóxido de carbono, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos, material particulado e óxidos de nitrogênio (MEDEIROS, 2004).

Um dos primeiros episódios de poluição atmosférica, e bem documentado, ocorreu num pequeno vale industrial de *Meuse River*, na Bélgica. Do dia 1º a 5 de dezembro de 1930, uma intensa névoa de poluição provocou mais de 60 mortes com uma taxa de mortalidade dez vezes maior que o normal, e centenas de pessoas desenvolveram doença respiratória, frequentemente acompanhada pelo agravamento da insuficiência cardíaca. Em outubro de 1948, houve o episódio de Donora, também em um vale industrial na Pensilvânia, onde os produtos de combustão das indústrias locais permaneceram sobre a cidade devido à ocorrência de inversões térmicas que impediram sua dispersão, ocasionando a manifestação de algum tipo de sinal clínico em cerca de 14.000 moradores, com o registro de 400 hospitalizações e 20 óbitos.

Mas o mais dramático deles ocorreu em Londres, na Inglaterra. No inverno de 1952, a impossibilidade de dispersão de uma massa de ar estagnada com elevada concentração de dióxido de enxofre e particulado ambiental, que durou de quatro a cinco dias, com efeito agudo, resultou em aproximadamente 4.000 mortes, e embora causas respiratórias tenham sido responsabilizadas pelo aumento relativo na mortalidade, o número de mortes devido a causas cardiovasculares foi bastante expressivo, deixando claro a partir de então, que ambos, pulmão e coração, são afetados pela poluição. Em 1955, sensibilizado pelo

episódio londrino, o congresso norte-americano liberou cerca de cinco milhões de dólares para a realização de estudos sobre o impacto da poluição atmosférica sobre a saúde e economia. Na Europa, em 1956, o parlamento inglês atribuiu às autoridades locais, o controle das áreas de maior risco de acúmulo de fumaça preta emitida pelas residências, obrigando a troca do sistema a carvão por eletricidade, gás ou óleo diesel. Posteriormente, surgiu o *Clean Air Acts*, que ampliou o controle de emissão de poluentes atmosféricos às indústrias (COLOMBINI, 2008).

3.2 Poluentes do ar e seus efeitos na saúde humana e nas doenças do aparelho circulatório

A poluição do ar é diretamente influenciada pela distribuição e intensidade das emissões de poluentes atmosféricos oriundos de veículos e indústrias, bem como de focos de queimadas. As emissões oriundas de veículos exercem um papel de destaque nos padrões de poluição do ar das grandes cidades, já as emissões oriundas de indústrias e das queimadas afetam significativamente a qualidade do ar em regiões mais específicas.

Na atualidade, a poluição do ar faz parte de umas das principais contribuições para efeitos deletérios na saúde humana, assim como, nas mortes prematuras por doenças do aparelho cardiovascular e respiratório, além de ter papel importante na gênese do recém nascido com baixo peso. Os poluentes do ar mais estudados são: monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e ozônio (O₃). Na atmosfera, estes poluentes podem ser dispersos por longas distâncias devido à ação do vento e, então, vir a depositar-se no solo ou na água causando uma série de transtornos como a acidificação de lagos e rios, a alteração do balanço de nutrientes nas águas costeiras e bacias hidrográficas, a danificação de ecossistemas sensíveis e de culturas agrícolas (USEPA, 2011a).

O CO, gás incolor, inodoro e insípido que surge da combustão incompleta em veículos automotores, se o organismo for exposto e absorvido pelo sangue, forma a carboxihemoglobina, que por sua vez produz uma diminuição da oxihemoglobina e uma redução do transporte de oxigênio até os tecidos. O CO

possui uma afinidade de até 300 vezes maior com a hemoglobina do que o oxigênio, o que favorece a hipoxemia em pessoas expostas e foi associado ao aumento da mortalidade por infarto agudo do miocárdio entre as pessoas idosas (MANZOLI, 2009).

No grupo genérico dos óxidos de nitrogênio (NOx) estão incluídos o dióxido de nitrogênio (NO₂), o monóxido de nitrogênio (NO), o ácido nítrico (HNO₃) e os nitratos que se formam na combustão de gasolina, carbono e petróleo. Portanto, a principal fonte de produção de NO e NO₂ é a emissão de veículos automotores pela queima de combustíveis fósseis. Existem outras fontes de produção, como a combustão do gás de cozinha e o fumo de cigarro (CASTRO; GOUVEIA, 2003).

Já o dióxido de enxofre (SO₂), é um gás amarelado, com odor característico de enxofre, e muito irritante quando em contato com superfícies úmidas, pois se transforma em ácido sulfúrico. O SO₂ é um contaminante produzido por queima de combustível fóssil, escapamento de veículos automotores e subproduto de processos industriais. A intoxicação pelo SO₂ pode causar irritação da mucosa respiratória desde a nasofaringe e a orofaringe até os alvéolos, levando a inflamação, hemorragia e necrose. A resposta fisiológica primária à inalação do SO₂ é uma broncoconstrição reflexa e reversível.

Quanto ao ozônio (O₃), esse se forma na atmosfera a partir da reação do oxigênio molecular (O₂) com o oxigênio atômico (O⁻). O NO₂, através de uma reação fotoquímica, produz o oxigênio atômico. Portanto, a combinação com o O₂ produz O₃. A formação de O₃ é típica de áreas urbanas. Normalmente, é um poluente com uma concentração maior em ambientes externos do que em ambientes internos. O O₃ é relativamente pouco solúvel em água e costuma atingir os alvéolos pulmonares com mais facilidade, produzindo seus efeitos tóxicos nesta região. As fontes de emissão são idênticas às de NO₂, incluindo veículos automotores e industriais. Os níveis de O₃ iniciam sua elevação no período da manhã e têm o seu pico durante a tarde. Os níveis decaem durante o início da noite (CASTRO; GOUVEIA, 2003).

O Material Particulado (MP) são partículas inaláveis que podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo o diâmetro aerodinâmico é menor do que 10µm (MP₁₀). As partículas inaláveis podem ainda ser subdivididas em

partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$), diâmetro aerodinâmico menor do que $2,5\mu m$, e partículas inaláveis grossas, com diâmetro aerodinâmico entre $2,5\mu m$ e $10\mu m$ (YNOUE et al., 2017).

As partículas finas são as que atingem os bronquíolos e os alvéolos pulmonares além de permanecerem mais tempo em suspensão na atmosfera (as ultrafinas aglomeram-se rapidamente em partículas finas) e podem mais facilmente penetrar nos edifícios e habitações. São precisamente as partículas finas que têm sido mais consistentemente relacionadas com risco cardiocirculatório como: infarto agudo do miocárdio, acidente vascular encefálico, arritmias, morte súbita, insuficiência cardíaca, elevação tensional (NOGUEIRA, 2009).

Segundo Oyama (2010), as principais fontes do material particulado são por queima de combustível fóssil (principalmente pela frota veicular), seguido pela soma das contribuições dos veículos pelo atrito dos pneus e por último o solo.

No Brasil e no exterior têm se comprovado uma estreita ligação entre a poluição do ar e o aumento no número de internações e visitas a prontos-socorros (RONQUIM, 2010).

Medeiros e Gouveia (2005), aponta que a população de São Paulo está exposta a grandes concentrações de poluição atmosférica e a prevalência de crianças com baixo peso ao nascer tem se mantido alta nos últimos 22 anos, apesar das melhorias de saneamento e de assistência à saúde. Pode-se então supor que a poluição esteja afetando o desenvolvimento intrauterino das crianças. Embora a exposição aos poluentes tenha determinado menor ganho de peso ao nascer durante o primeiro trimestre gestacional.

Medeiros et al. (2009) sugere que as exposições dos gases poluentes emitidos pelo escape dos veículos automotores podem ser um fator de risco para a mortalidade perinatal. A regressão logística revelou um nível de risco crescente de morte neonatal precoce com maior exposição aos gases poluentes emitidos pelo escape dos veículos automotores. As mães expostas em comparação com as menos expostas exibiram aproximadamente 50% de risco aumentado. Já as associações para mortalidade fetal foram menos consistentes.

Silva et al. (2013), em seu estudo ecológico de série temporal em Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, região da Amazônia brasileira, verificou que a exposição ao $PM_{2,5}$ associou-se à internação por doenças respiratórias em

crianças para todo o ano de 2005, destacando-se no período de seca, tanto pelo método com defasagens quanto pelo de médias móveis. Em todo o período de 2005, houve incremento significativo de internação em relação às médias móveis, sendo de 9,1%, de um dia, de 9,2% de dois dias e de 12,0% de cinco dias. As associações foram maiores no período seco. Nesse último período, houve incremento das médias móveis de 11,4% em um dia (IC95% 1,7%;22,2%), de 21,6%, em cinco dias (IC95% 4,9%;41,1%) e de 22,0% em seis dias (IC95% 4,3%;42,8%). Não foram encontradas associações estatisticamente significantes entre exposição ao PM_{2.5} e internação de idosos por doenças respiratórias em nenhum dos períodos.

Ignotti et al. (2007) selecionaram as áreas com os piores indicadores de saúde em termos de morbimortalidade no estado do Mato Grosso, para verificar possíveis associações entre a poluição atmosférica e a mortalidade, ocorrência de internações hospitalares e atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias nos grupos etários mais vulneráveis menores de cinco de idade e avaliação da prevalência de asma nos escolares, no período de 2000 a 2004, e tais agravos manifestam-se neste grupo etário em todas as localidades, independentemente das queimadas, porém podem ser exacerbadas em ambientes com elevados níveis de poluição atmosférica, logo os indicadores de saúde mostram consistência e orientam a análise integrada de saúde e ambiente.

No que se refere às Doenças do Aparelho Circulatório, tem-se como exemplo as doenças cardiovasculares, relacionando assim no aumento de mortalidade, de admissões hospitalares, de visitas à emergência e de utilização de medicamentos (ARBEX et al, 2004).

A existência de comorbidades, e sua associação com exposição à poluição atmosférica albergam um aumento de visitas a setores de emergência hospitalar e conseqüentemente um aumento de doenças do aparelho circulatório associada ao problema de base (PEREIRA; OLMO, 2011).

Martins (2004) observou em seu estudo um aumento do risco de doenças isquêmicas do coração de 3% na faixa etária entre 45 e 64 anos para aumento de 25µg/m³.

No estudo realizado em Itabira/MG, o aumento estimado nos atendimentos de pronto-socorro por doenças cardiovasculares para cada aumento de 10µg/m³ na concentração de MP₁₀ foi de 4,5% (BRAGA et al., 2007).

Estudos na Holanda encontraram associação do aumento de poluição atmosférica, especificamente o material particulado, com os riscos de morte cardiopulmonar em 71% (HOEK et al., 2002).

Dos poluentes atmosféricos, SO₂ é intimamente relacionado à morbidade de idosos com 65 anos ou mais e crianças, enquanto que CO e NO₂ provocam internações em quase todas as faixas etárias, outros poluentes também afetam a saúde das pessoas como material particulado, ozônio e monóxido de nitrogênio. O efeito do dióxido de enxofre na morbidade é rápido, aumento diário na concentração desse composto na atmosfera reflete simultaneamente no maior número de internações por doenças cardiovasculares, principalmente doenças isquêmicas do coração. Por outro lado, o dióxido de nitrogênio também é um poluente significativo para doenças isquêmicas do coração (CHAVES, 2011).

No estudo de Gavinier e Nascimento (2014) realizado na cidade de Sorocaba - São Paulo, aponta que apesar das concentrações diárias de PM₁₀ terem sido inferiores a 100 µg/m³ em todo o período do estudo, e observando a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA n°3) (BRASIL, 1990a), que considera um limite de até 150 µg/m³, foi possível determinar que a exposição do material particulado agiu como fator de risco para doenças isquêmicas do coração no segundo e no quarto dia de defasagem.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), os padrões de qualidade do ar baseada na relação entre os padrões diários e anual de níveis de Material Particulado PM₁₀ é de 50 µg/m³ (OMS, 2006).

Os efeitos agudos da exposição ao material particulado fino provocam aumento de internações, doença isquêmica do miocárdio e cerebral, além mortes por arritmia. Já os efeitos crônicos da exposição ao material particulado fino, há o aumento de mortalidade por doenças cerebrovasculares e cardíacas. A exposição a esse poluente está associada ao aumento da viscosidade sanguínea, marcadores inflamatórios (proteína C reativa, fibrinogênio), progressão da arteriosclerose, a alterações da coagulação, à redução da variabilidade da frequência cardíaca (indicador de risco para arritmia e morte súbita). Dentre os efeitos da exposição à poluição atmosférica estão à coagulação sanguínea, disfunção cardíaca, progressão de arteriosclerose, maior probabilidade de incidência de morte súbita e hipertensão arterial (CANÇADO et al., 2006).

3.3 Queima da biomassa florestal e o impacto sobre a saúde

A queima da biomassa florestal por ser uma das principais fontes de poluição do ar, introduz diversos compostos na atmosfera, como partículas finas e ultrafinas, que não são visíveis a olho nu e tem maior residência na atmosfera podendo atingir grandes distâncias, expondo milhões de pessoas a esse tipo de poluição atmosférica (SOARES, 2012).

Nascimento e Medeiros (2012), em estudo ecológico e exploratório de padrões espaciais para taxas de internação por pneumonia em crianças e para focos de queimada no estado do Mato Grosso, mostraram municípios com altas taxas de internação que não se encontram na região onde ocorre o maior número de focos de queimadas, e sim distantes vários quilômetros, sugerindo que os produtos resultantes dessas queimadas possam ser transportados por correntes de vento, causando problemas de saúde em populações distantes dos eventos.

Estimativas da Organização Mundial de Saúde (OMS) apontam que em 2012 cerca de 7 milhões de pessoas morreram decorrentes da exposição à poluição do ar (OMS, 2014).

Em 1997, os estados de Kalimantan (Bornéu) e Sumatra (Indonésia) foram afetados por incontrolláveis incêndios florestais, com duração de aproximadamente dois meses (entre julho e setembro) e neste período, foram registrados aproximadamente 1.500 focos de incêndio que provocaram a queima de 550 mil hectares de florestas e uma área total de queima de biomassa de 4,5 milhões de hectares. A névoa decorrente desse processo cobriu 3 milhões de hectares, afetando uma população de 300 milhões de pessoas e provocando um gasto com saúde de 4,5 bilhões de dólares. Isso despertou a atenção das autoridades sanitárias de todo o mundo (ARBEX et al., 2004).

Os poluentes gasosos e o material particulado inalável gerados a partir da queima de combustíveis fósseis e biomassa apresentam efeitos diretos sobre o sistema respiratório e cardiocirculatório, em especial, de crianças e idosos. Esses efeitos têm sido medidos através de aumentos nos atendimentos de pronto-socorro, internações hospitalares e mortalidade (BRAGA et al., 2007).

Dentre os diversos poluentes emitidos na queima de biomassa, o material particulado (MP) é o poluente com maior toxicidade e o que tem sido mais estudado, pois possui maior tempo de permanência na atmosfera quando

comparadas às partículas grossas e pode ser transportado por grandes distâncias. Assim, aumenta a sua capacidade de dispersão e, conseqüentemente, o seu impacto sobre os indivíduos (CARMO et al., 2010).

Em pesquisa mais recente, Roman et al. (2015) observaram que um incremento na concentração de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deste poluente implicou na elevação em até 17% no risco de internação.

Os efeitos da poluição no sistema respiratório são o estresse oxidativo, inflamações diversas das vias aéreas e redução da capacidade de defesa dos pulmões, causando lesões graves dos cílios e espessamento do muco por efeitos da destruição da inflamação levando a exacerbação de crises asmáticas, tosse, espirros e aumento das internações hospitalares devido a rinite, bronquite, sinusite, asma e pneumonia. Ainda, causa aumento da mortalidade devido a doenças respiratórias, efeito comum à exposição crônica (FERNANDES et al., 2010).

Em relação ao sistema circulatório, o material particulado fino ($\text{MP}_{2,5}$) tem a capacidade de penetrar através dos pulmões nos vasos sanguíneos e causar danos agudos ao sistema como um todo, levando a alterações no ritmo cardíaco, isquemia miocárdica e, alterações na coagulação sanguínea. Efeitos crônicos também são descritos como progressão de placas ateromatosas (BELO; TOFOLI, 2011).

Com maiores dificuldades de associação, poluição por $\text{MP}_{2,5}$ e efeitos no sistema reprodutivo também são estudados. Os efeitos normalmente descritos tratam de prematuridade, baixo peso ao nascer e crescimento intra-uterino restrito (CIUR) que corresponde ao nascimento com peso inferior ao percentil 10 para a idade gestacional. Em relação ao crescimento fetal, o primeiro trimestre de gestação é o período considerado crítico para exposição ao material particulado (FERNANDES et al., 2010).

Estudo realizado em Vancouver, no Canadá, cidade com baixos índices de poluição atmosférica, mostrou associação entre a exposição ao $\text{MP}_{2,5}$ e partos prematuros (BRAUER et al., 2008).

Rodrigues et al. (2013) sinalizam a importância do monitoramento do material particulado proveniente das queimadas e recomendam à implantação de áreas sentinelas para acompanhar os indicadores de saúde sobre os impactos da queimada na população.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Área de estudo

A área de estudo foi Porto Velho, município brasileiro, capital do estado de Rondônia e o quarto mais populoso da região norte (Figura 1). É a capital brasileira com maior área de unidade territorial cerca de 34.000/km², com uma população de 500 mil habitantes estimados em 2015. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – 2010 (IDHM 2010) foi de 0,736 (IBGE, 2015).

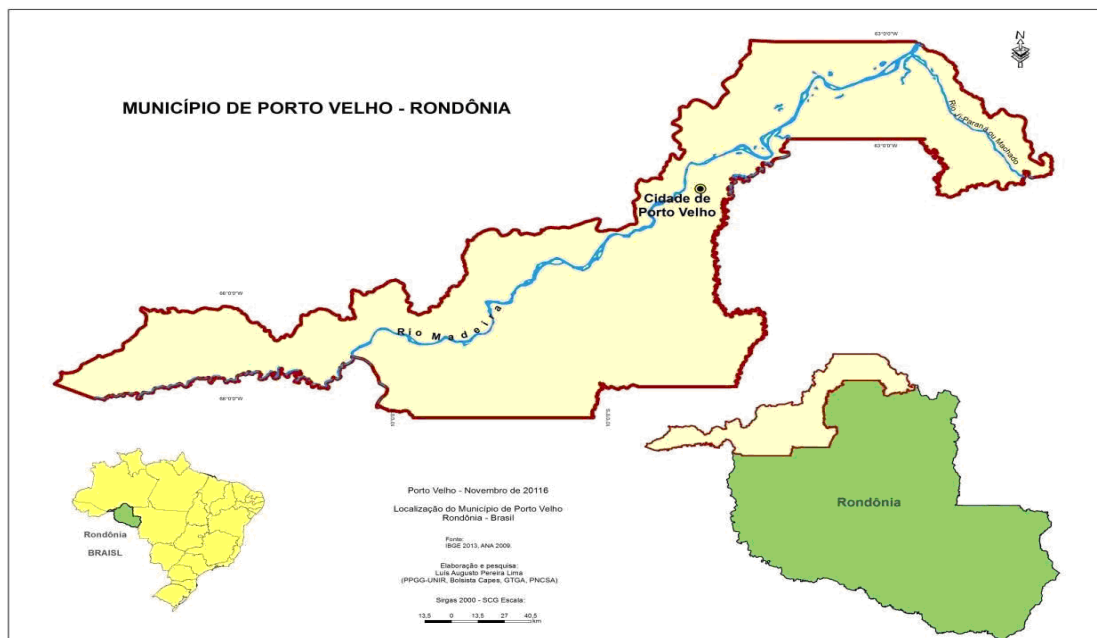


Figura 1 - Ilustração do município de Porto Velho.

FONTE: Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/11574?lang=pt>>. Acesso em 30/10/2017.

4.2 População, local e período

Trata-se de um Estudo Epidemiológico Transversal das internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório ocorridas no município de Porto Velho no período entre 1º de setembro de 2014 e 30 de agosto de 2015. Os critérios de inclusão foram: pessoas hospitalizadas e residentes do município de Porto Velho - RO, ter como diagnóstico principal da internação a Classificação Internacional de Doenças – 10ª Revisão (CID 10) - Capítulo IX CID I (100- 199) - doenças do aparelho circulatório e estar acima de 39 anos de idade.

4.3 Fonte de dados das internações hospitalares e poluição atmosférica

Os dados sobre as internações foram adquiridos por meio do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), oferecido pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS.

Já os dados sobre a poluição do ar foram obtidos de duas formas: por meio da estimativa da concentração dos poluentes (CO e PM_{2,5}) e dos focos de queimadas. As variáveis temperatura e umidade do ar também foram incluídas na análise. Para tanto, o banco de dados do Sistema de Informações Ambientais (SISAM) foi acessado.

4.4 Procedimento Metodológico

No site do DATASUS, foi acessado “Serviços”, “Transferência de Arquivos” e “SIH/SUS” para se obter os dados de internações em Rondônia no ano 2014 com arquivo no formato “dbc” (Figura 2).

Arquivo	Descrição
SIH/SUS	Arquivos disponíveis para tabulação do Sistema de Informações Hospitalares do SUS
SIASUS	Arquivos disponíveis para a tabulação do Sistema de Informações Ambulatoriais do SUS
SIH	Arquivos disponíveis para tabulação do Sistema de Informações de Mortalidade
CBI	Arquivos disponíveis para tabulação do Sistema de Comunicação de Informação Hospitalar
CIMA	Arquivos disponíveis para tabulação do Sistema de Comunicação de Informação Hospitalar - Ambulatorial
SIMASC	Arquivos disponíveis para tabulação do Sistema de Informação de Mortalidade
SISPRENATAL	Arquivos disponíveis para tabulação do Sistema de Monitoramento e Avaliação do Pré-Natal, Parto, Puerpério e Criança
CHES	Arquivos disponíveis para a tabulação do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
Base Territorial	Arquivos com a base territorial (municípios, regiões de saúde, territórios de cidadania etc.) em uso para a disseminação de informações de Saúde, antes como mapas e arquivos de conversão para uso pelo TabNet e TabNet+
Base Popacional	Arquivos com a distribuição da população brasileira segundo censos demográficos, contagens populacionais e estimativas, desde 1950, por município, sexo e idade, e segundo as estimativas realizadas para o ICS, desde 1992, por município.

Figura 2 - Ilustração da página do DATASUS para acesso SIH/SUS.

FONTE: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. DATASUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0901>>. Acesso em 23. Jun. 2015

A partir da consulta do SIH/SUS, os dados foram selecionados (Dados, autorização de internação hospitalar reduzida – AIH reduzida, ano, Estado-RO,

meses) mediante a escolha dos anos, dos meses, do Estado e do envio do arquivo dbase compactado (dbc) (Figura 3).

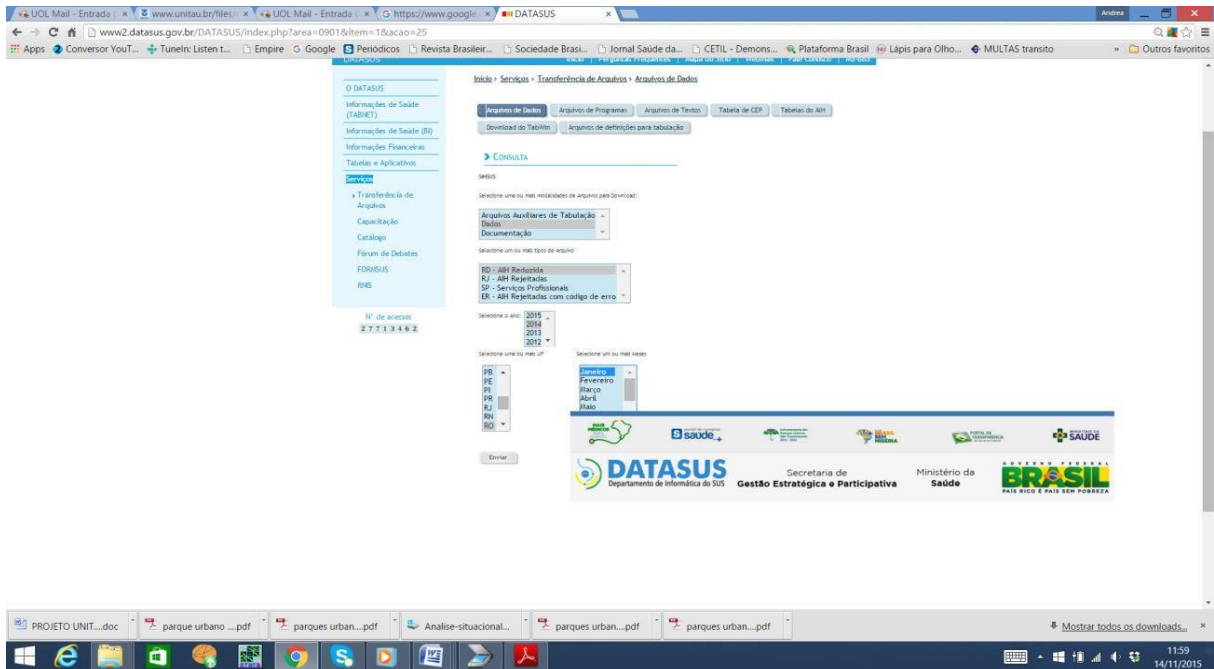


Figura 3 - Ilustração da página do DATASUS para selecionar banco de dados (dbc) do Estado de Rondônia ano 2014.

FONTE: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. DATASUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0901&item=1&acao=25>>. Acesso em: 14. nov. 2015

Esse arquivo dbase compactado do SIHSUS foi aberto no Programa Tabwin (disponibilizado pelo DATASUS) e expandido para que pudesse ser visualizado todo o banco de dados (Figura 4).

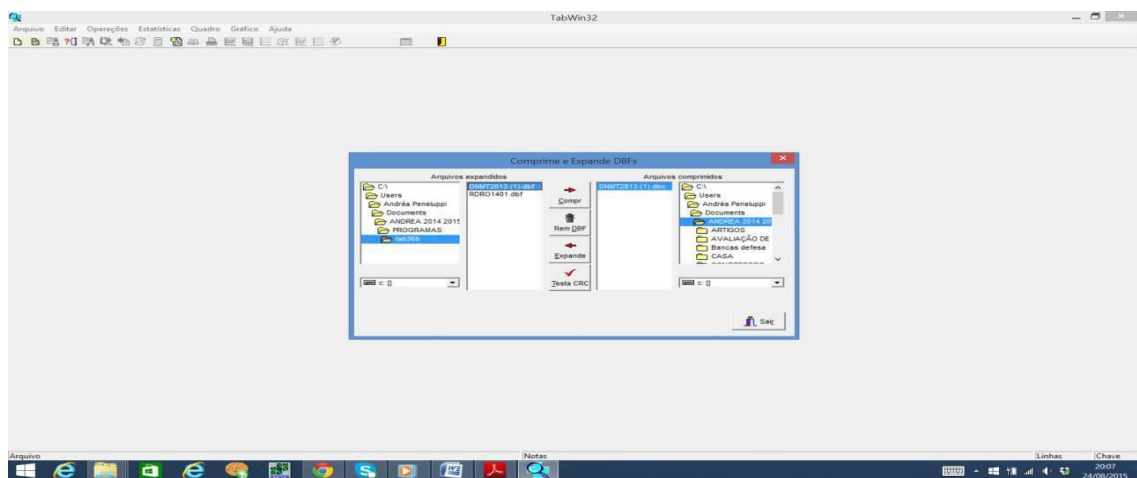


Figura 4 - Ilustração da página do Programa Tabwin que apresenta o procedimento da expansão do arquivo dbc.

FONTE: Disponível em <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060805>>. Acesso em: 04. nov. 2015

A partir do banco de dados completo do SIHSUS do Estado de Rondônia foi realizada a seleção das variáveis de interesse do estudo que permaneceram no banco (ano e mês da internação; município de residência; data de nascimento; sexo; data da internação; diagnóstico principal da internação; idade; dias de permanência e óbito). Por meio do diagnóstico principal da internação, apenas as CID 10 (I00-I99) foram selecionadas, bem como aqueles que foram internados com idade maior ou igual que 40 anos. Novas variáveis foram geradas, como por exemplo: número de internações por doença do aparelho circulatório por dia (variável contínua) e ocorrência de pelo menos duas internações por dia (variável dicotômica: sim ou não). A medida da exposição à poluição do ar, variável independente, foi obtida a partir da concentração dos poluentes do ar e dos focos de queimadas por meio do SISAM.

Esse sistema de informação disponibiliza a média diária desses poluentes, a qual é obtida a partir de um sistema de monitoramento operacional em tempo real, implementado em 2003, usando o modelo de transporte 3D on-line *Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System* (CCATT-BRAMS) acoplado com um modelo de emissões. As fontes de emissões de gases e partículas associadas com queimada em floresta tropical, cerrado e pastagem são parametrizadas e introduzidas no modelo. As fontes são distribuídas espacialmente e temporalmente, e são assimiladas diariamente conforme os focos de queimada obtidos por sensoriamento remoto (AVHRR, MODIS e GOES- 12) (LONGO et al., 2010).

Freitas et al. (2009) descreveram e avaliaram o modelo CCATT-BRAMS. Este modelo foi projetado principalmente para estudar os fluxos de superfície e transporte atmosférico de emissões de queimadas na América do Sul. O componente atmosférico deste sistema de modelagem BRAMS tem algumas funcionalidades implementadas que permitem simular realisticamente intercâmbios superfície-atmosfera em áreas tropicais e sub-tropicais da América do Sul. Todas estas capacidades são essenciais para que qualquer modelo de transporte “on-line” seja capaz de simular de forma consistente a distribuição espaço-tempo e a deposição de marcadores, para qualquer tipo de fontes envolvidas. Por outro lado, o componente de simulação (CCATT) foi demonstrado para fornecer a

representação numérica realista do transporte da queima de biomassa.

No que diz respeito à validação deste modelo, é importante destacar que se realizou a comparação e avaliação do modelo com dados observacionais e de sensoriamento remoto para a época de seca de 2002, que mostrou boas habilidades de previsão do modelo. Com relação a avaliação do modelo com medidas de superfície e aéreas do *Smoke, Aerosols, Clouds, rainfall, and Climal Radiation, Cloud, and Climate Interactions* (SMOCC/RaCCI) em 2002, verificou-se que a comparação dos resultados do modelo para PM_{2,5} e CO, com médias diárias dos valores medidos, revela uma boa correspondência em termos do padrão geral de evolução temporal e dos valores. E ainda, o resultado do modelo é muito consistente com a media observada, estando sempre dentro da faixa do desvio-padrão. Há uma alta correlação ($R^2 = 0,7$) entre os dados estimados e os dados observados de PM_{2,5} e CO. Ao se comparar o modelo com dados de *Measurements of Pollution in the Troposphere; Medições da Poluição na Troposfera* (MOPITT) a bordo do satélite, apesar de dificuldades, também houve boa comparação entre eles. E por último, ao se comparar com dados *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS/TERRA), também se observou padrão semelhante. É importante ressaltar que se tornou possível a aplicação operacional deste sistema para monitoramento da qualidade do ar numérica diariamente e previsão sobre a América do Sul, associada à emissão de fumaça de queimadas, desde 2001 (FREITAS et al., 2009).

Segundo Freire et. al. (2015), este modelo provou ser muito útil para a compreensão e previsão dos controles típicos de sistemas sobre o transporte e dispersão de poluentes provenientes da queima de biomassa. Após a validação para o transporte atmosférico de marcadores passivos, um mecanismo químico foi acoplado a este modelo de sistema, para proporcionar um sistema mais completo, capaz de fazer o prognóstico também de espécies químicas reativas, como o ozônio produzido a partir de precursores troposféricos emitidos pelas queimadas na América do Sul. A versão 5.0 do BRAMS gera previsões numéricas operacionais no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais CPTEC/INPE com resolução espacial de 5 km, enquanto que a versão anterior realizava previsões com resolução espacial de 20 km. Essa nova versão do BRAMS representa com maior precisão processos físicos de menor escala, como por exemplo o desenvolvimento e a

dissipação de nuvens (chuva). Outros avanços nas parametrizações físicas e na dinâmica do modelo também foram realizados.

Apesar dos diversos avanços no modelo BRAMS, vários processos ainda requerem melhoria em suas representações físicas para um aprimoramento do sistema regional de previsões climáticas sazonais. Por exemplo, os esquemas de radiação e convecção profunda necessitam serem revistos mais detalhadamente, incluindo seus acoplamentos com a microfísica de nuvens. A dinâmica do modelo também necessita de aprimoramentos. Métodos de alta ordem de integração espacial e temporal, e mais conservativos estão sendo introduzidos em novas versões do modelo e deverão produzir importante ganho de desempenho, principalmente em integrações de longo prazo. Trabalhos futuros incluirão também uma nova coordenada vertical, que é indicada para situações de existência de complexos topográficos como a cadeia dos Andes. Planeja-se realizar investigações com outros conjuntos de condições iniciais atmosféricas, umidade do solo e condição de contorno oceânica, com o objetivo de melhorar a inicialização do modelo (FREIRE; FREITAS E SANTOS, 2015).

Produtos Operacionais estão disponíveis em uma base diária em <meio.ambiente.cptec.inpe.br>, e têm sido amplamente utilizados para várias finalidades, que vão desde científica (MARECAL et al. 2007) às aplicações de saúde pública (BRASIL, 2006).

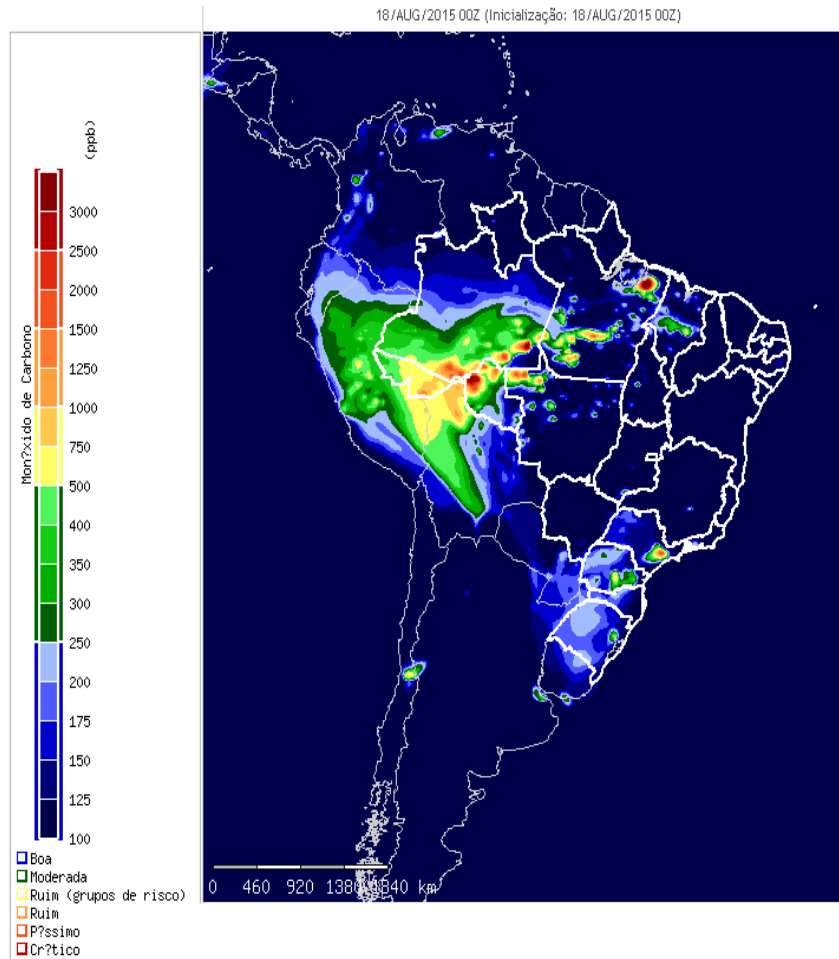


Figura 5 - Ilustração da Estimativa da concentração do CO por meio do modelo CCATT-BRAMS no dia 18 de agosto de 2015 com destaque para regiões de algumas capitais brasileiras (Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Porto Velho, Belém), bem como em Santiago no Chile.

FONTE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <http://meioambiente.cptec.inpe.br/index.php?lang=pt>. Acesso em: 18. ago. 2015.

Além da estimativa da concentração dos poluentes, os dados sobre os focos de queimadas (origem: todos os satélites), temperatura e umidade também foram obtidos do Sistema de Informações Ambientais (SISAM) (Figura 6).

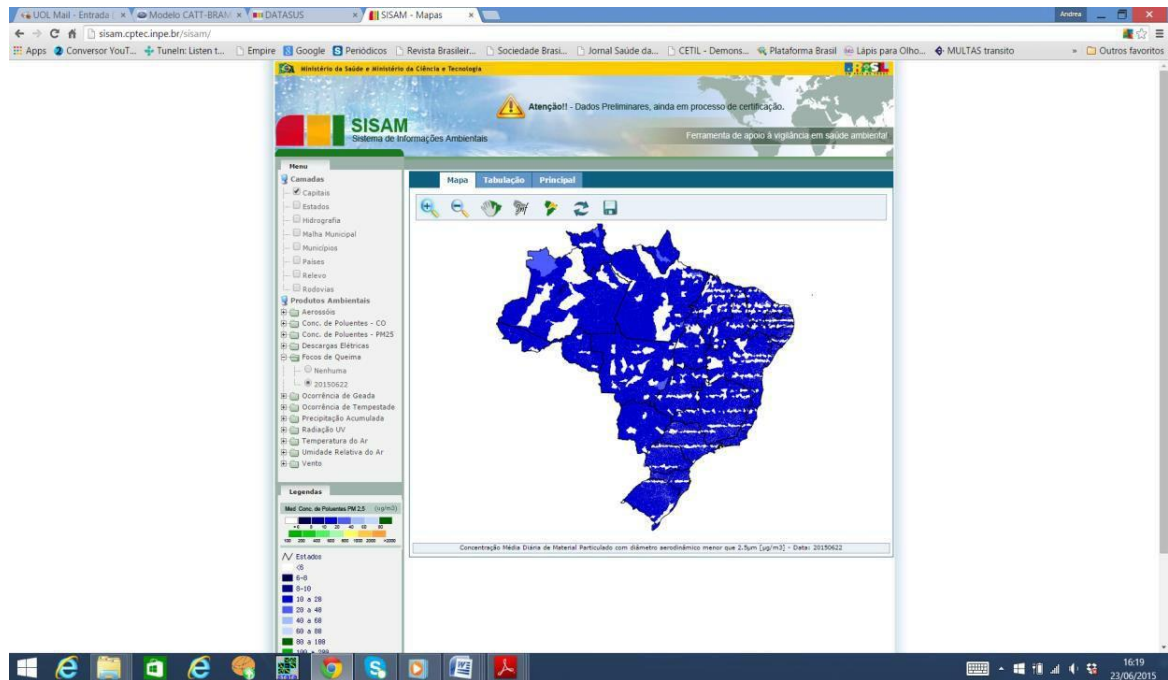


Figura 6 - Ilustração da página do site do Sistema de Informações Ambientais.
 FONTE: Sistema de Informações Ambientais (SISAM). Ferramenta de apoio à Vigilância em Saúde Ambiental. Disponível em: <<http://sisam.cptec.inpe.br/sisam/>>. Acesso em: 23. jun. 2015.

FONTE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <http://meioambiente.cptec.inpe.br/index.php?lang=pt>>. Acesso em: 18. ago. 2015.

A partir da média dessas variáveis obtidas diariamente do SISAM, novas variáveis foram geradas, como os quartis da concentração dos poluentes e dos focos de queimadas nos cinco dias que antecedem a internação.

Os dados das internações, da média da concentração dos poluentes e dos focos de queimadas foram organizados num único banco de dados.

A data da internação foi a referência para se obter as médias da concentração dos poluentes, dos focos de queimadas, da temperatura e umidade do ar no dia da internação.

4.5 Análise dos dados

Primeiramente foi realizada análise descritiva do banco de dados das internações, dos poluentes e dos focos de queimadas.

Para se examinar a associação entre exposição à poluição atmosférica e a ocorrência de internações por doenças do aparelho circulatório, utilizou-se

regressão logística (univariada). Esta abordagem levou em consideração as internações no dia concorrente bem como em dias subsequentes (*lag*), pois os efeitos dos poluentes sobre a saúde humana podem ocorrer em dias seguintes à exposição. Foram considerados até sete dias de defasagem.

A variável dependente (desfechos) foi o número de internações ao dia (dicotomizada em duas ou mais internações por dia – sim ou não). Essa foi analisada para cada uma das variáveis independentes, tanto para aquelas selecionadas a partir do SIHSUS quanto aquelas obtidas para a poluição do ar. Para tanto, *odds ratio* (OR) foi a medida de efeito utilizada.

As medidas de exposição à poluição do ar (concentração dos poluentes e número de focos de queimadas) foram categorizadas em quartis (0 a 25%; 26 a 50%; 51 a 75% e 76 a 100%) e testadas separadamente.

A média da concentração de poluentes e dos focos de queimadas categorizadas em quartis foram analisadas em relação às internações diárias (variável dependente dicotomizada).

Os seguintes *softwares* foram utilizados: Excel e Stata 9.0.

5 RESULTADOS

Do total de 6.882 casos de internações de residentes em Porto Velho - RO com idade de 40 anos ou mais, no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, permaneceram 835 para serem analisados, pois atenderam os critérios de inclusão, ou seja, ter como diagnóstico doenças do aparelho circulatório, CID 10 (I00-I99) no período do estudo.

Na Tabela 1, observa-se que a maioria (65%) era do sexo masculino e na faixa etária de 60 anos ou mais de idade com um total 505 dos 835 pacientes. Em relação aos dias de permanência de internação, 749 (89%) casos permaneceram mais de um dia.

O diagnóstico principal com maiores registros foram o Acidente Vascular Cerebral Não Especificado Hemorrágico ou Isquêmico (CID I - 64), com um total de 181 (21,7%) e a Insuficiência Cardíaca Congestiva (CID - I50.0) com 169 (20,2%) internações, logo após constataram-se os registros por Infarto Agudo Do Miocárdio Não Especificado (CID – I21.9).

Tabela 1 - Distribuição das internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório ocorridas em residentes com idade de 40 anos ou mais no município de Porto Velho-RO no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, segundo características pessoais e de internação.

VARIÁVEIS	N (N TOTAL= 835)	%
Sexo		
Feminino	292	35,0
Masculino	543	65,0
Faixa etária (anos)		
Entre 40 e 59	330	39,5
≥ 60 anos	505	60,5
≥ 2 internações por dia		
Sim	749	89,7
Não	86	10,3

FONTE: O autor

NOTA: * Infarto Agudo do Miocárdio não especificado

** Insuficiência Cardíaca Congestiva

***Acidente Vascular Cerebral não especificado como hemorrágico ou isquêmico.

No que diz respeito à análise das variáveis numéricas contínuas estudadas, verificou-se que a média de idade foi 64,4 anos, com mínimo de 40,0 anos e máximo de 97,0 anos. A média de internações por dia foi 3,5 e máximo 10 internações e o tempo de permanência hospitalar foi em média 10,3 dias, com máximo de 131 dias de permanência (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição das internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório ocorridas em residentes com idade de 40 anos ou mais no município de Porto Velho-RO no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, segundo características pessoais e de internação.

VARIÁVEIS	VALORES			
	Mínimo	Média (DP)	Mediana	Máximo
Idade (anos)	40,0	64,4 (12,9)	64,0	97,0
Número de internações/dia	1,0	3,5 (1,6)	3,0	10,0
Tempo de permanência hospitalar (dias)	0,0	10,3 (13,5)	6,0	131,0

FONTE: O autor

5.1. distribuição da concentração máxima diária dos poluentes atmosféricos (CO e PM_{2,5}), da temperatura e umidade mínimas e focos de queimadas no município de Porto Velho - RO

No presente estudo, na tabela 3, o valor médio de concentração do CO foi de 206,5 ppb com desvio padrão (569,3ppb) e máximo de 7.991,8 ppb. Já a temperatura foi em média de 21,8°C com máxima de 30,9°C e mínima de 12,2 °C. Outro fator importante é a umidade, já que a região Amazônia, no qual está situado a cidade de Porto Velho, classificada como sazonal tropical, portanto, quente úmida, o que condiz com dados da tabela 3 que apontam umidade média de 64,1% com máxima de 92,9% e mínima de 22,1%. No período de estudo, a média dos focos de queimadas que foi de 69,6 e com valor máximo de 1.238,0 focos por dia em Porto Velho. A média da concentração de PM_{2,5} foi de 21,3 µg/m³ e máximo 281,4 µg/m³ (Tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição da concentração máxima diária dos poluentes atmosféricos (CO e PM_{2,5}), da temperatura e umidade mínimas e focos de queimadas no município de Porto Velho- RO no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, segundo os valores da média e desvio padrão (DP), mediana, mínimo e máximo.

VARIÁVEIS	VALORES			
	Mínimo	Média (DP)	Mediana	Máximo
PM _{2,5} (µg/m ³)	11,2	21,3 (32,8)	11,9	281,4
CO (ppb)	34,3	206,5 (569,3)	107,9	7.991,8
Focos de Queimadas (número/dia)	0,0	69,6 (196,3)	2,0	1.238,0
Temperatura mínima (°C)	12,2	21,8 (5,5)	24,2	30,9
Umidade mínima (%)	22,1	64,1 (17,4)	68,0	92,9

NOTA: Sem registros para PM_{2,5} em 158 casos; para CO em 19 casos; para temperatura em 12 casos; para umidade em 372 casos e para focos de queimadas em 164 casos.

Na tabela 4, quanto a variável concentração de poluentes atmosféricos CO e PM_{2,5} e número de internações ao dia, observam-se maiores valores de concentração dos poluentes para os casos com maior número de internações diárias e menor umidade do ar, o que pode indicar que a poluição do ar é um dos componentes que afetam e agravam a saúde da população e, conseqüentemente, a hospitalização. No lag 0, para a ocorrência de duas ou mais hospitalizações por dia houve média de concentração de 215,4 ppb de CO e 22,0 µg/m³ de PM_{2,5}, com diferenças de 88,7 ppb e 7,3µg/m³, respectivamente para o CO e PM_{2,5}, ao se comparar com menos de duas pessoas internadas diariamente. Já para os focos de queimadas observou-se uma média de 71,1 focos (diferença entre o número de internações por dia = 22,7 focos). Essa diferença se faz, ainda maior, no lag 6, tanto para o CO, PM_{2,5} e focos de queimadas. Como a qualidade do ar se agrava com baixas temperatura e umidade do ar, os resultados indicam a diferença das médias encontradas nos dois períodos de tempo de internação estudados, onde houve uma diferença de - 0,5° C para temperatura e de -6% para

a umidade no lag 0. Para os demais lags, observou-se menor umidade para os dias com maior número de internações, com destaque também para o lag 6.

Tabela 4 - Distribuição da média da concentração máxima dos poluentes atmosféricos (CO e PM_{2,5}), focos de queimadas e temperatura e umidade mínimas, segundo a variável dependente "mais de uma internação ao dia", CID 10 (I00-I99), nos lags de 0 a 7, de residentes no município de Porto Velho - RO no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015.

Número de Internação								
≥ 2 internações ao dia								
	Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7
Variáveis independentes (média)								
CO (ppb)	126,7	138,7	141,2	141,6	231,5	133,1	107,7	134,8
PM _{2,5} (µg/m ³)	14,7	16,3	17,4	16,5	15,2	17,5	13,0	16,3
Focos de Queimadas	48,4	31,7	38,3	35,4	46,3	61,7	15,2	32,0
Temperatura (°C)	22,3	21,8	21,2	21,6	21,9	21,4	21,3	21,3
Umidade (%)	69,6	67,4	69,2	68,7	67,1	65,4	70,8	68,4
≥ 2 internações ao dia								
	Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7
Variáveis independentes (média)								
CO (ppb)	215,4	251,7	244,3	244,8	190,8	239,2	252,3	230,4
PM _{2,5} (µg/m ³)	22,0	23,7	22,6	23,1	23,7	21,6	24,3	21,5
Focos de Queimadas	71,1	90,7	81,5	81,0	76,3	67,1	91,2	77,8
Temperatura	21,8	21,8	22,0	21,8	21,6	21,8	21,8	21,7
Umidade (%)	63,6	62,5	62,3	62,7	64,3	65,6	63,3	65,2

NOTA: Sem registros para PM_{2,5} em 158 casos; para CO em 19 casos; para temperatura em 12 casos; para umidade em 372 casos e para focos de queimadas em 164 casos.

FONTE: O autor

QUADRO 1. Odds ratio (OR) com respectivos intervalos de 95% de confiança (IC 95%) de "mais de uma internação ao dia", CID 10 (I00-99), de residentes no município de Porto Velho-RO no período entre setembro de 2014 e agosto de 2015, segundo sexo, faixa etária, quartis da concentração máxima dos poluentes atmosféricos (CO e PM_{2.5}) e do número de focos de queimadas.

Variáveis	Mais de uma internação ao dia							
	OR							
	Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7
Sexo								
Feminino	0,85	0,96	0,95	1,14	0,93	0,97	1,00	1,02
Masculino	1,00							
p	0,158	0,642	0,492	0,091	0,351	0,664	0,987	0,824
Faixa etária								
Entre 40 e 59	1,00							
≥ 60 anos	0,85	1,32	1,12	0,90	0,97	1,13	0,86	1,19
p	0,487	0,06	0,446	0,474	0,839	0,415	0,326	0,234

Diagnóstico principal (I00-199)								
IAM*	0,71	0,67	1,80	0,91	0,87	0,65	1,03	1,28
Demais doenças aparelho circulatório	1,00							
p	0,254	0,049	0,01	0,639	0,485	0,033	0,873	0,249
ICC**	1,63	1,06	0,76	0,75	0,81	1,09	0,72	0,62
Demais doenças aparelho circulatório	1,00							
p	0,129	0,737	0,121	0,102	0,245	0,646	0,071	0,008
AVC ***	0,78	0,92	0,92	1,05	0,95	0,76	0,91	1,05
Demais doenças apar. circulatório	1,00							
p	0,354	0,634	0,627	0,791	0,787	0,118	0,64	0,803

Mais de uma internação ao dia										
Poluição ar	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3		Lag 4	
	OR	IC 95%	OR	IC 95%	OR	IC 95%	OR	IC 95%	OR	IC 95%
PM _{2,5} (µg/m ³)										
≤11,4	1,00	-								
>11,4 e ≤11,9	0,74	0,36-1,52	0,79	0,51-1,21	0,91	0,59-1,39	0,82	0,54-1,26	0,46	0,30-0,71
>11,9 e ≤12,9	0,56	0,28-1,12	0,80	0,51-1,23	0,98	0,63-1,53	1,04	0,67-1,63	0,50	0,32-0,79
>12,9 e ≤281,4	1,01	0,47-2,20	1,22	0,78-1,91	1,67	1,05-2,66	1,33	0,85-2,11	0,96	0,60-1,53
CO (ppb)										
≤49,2	1,00	-								
>49,2 e ≤108,2	1,06	0,54-2,08	0,64	0,42-0,96	0,88	0,59-1,31	1,44	0,96-2,17	0,83	0,55-1,24
>108,2 e ≤132,4	0,75	0,40-1,41	0,46	0,31-0,70	1,23	0,82-1,85	0,95	0,64-1,41	0,51	0,34-0,77
>132,4 e ≤7.991,8	0,88	0,46-1,69	1,14	0,74-1,75	1,61	1,05-2,46	1,39	0,92-2,10	1,55	1,00-2,42

Focos de queimadas (número/dia)										
<1	1,00	-								
≥1 e ≤2	1,42	0,40-4,97	0,98	0,58-1,67	1,34	0,78-2,31	2,36	1,27-4,38	0,83	0,49-1,39
>2 e ≤35	0,58	0,28-1,22	1,27	0,84-1,91	1,54	1,01-2,34	0,81	0,54-1,21	2,51	1,60-3,93
>35 e ≤1238	1,09	0,47-2,50	1,90	1,25-2,89	1,78	1,17-2,69	1,85	1,20-2,84	1,90	1,24-2,92
Mais de uma internação ao dia										
Poluição ar	Lag 5		Lag 6		Lag 7					
	OR	IC 95%	OR	IC 95%	OR	IC 95%				
PM _{2,5} (µg/m ³)										
≤11,4	1,00	-								
>11,4 e ≤11,9	0,87	0,56-1,34	1,01	0,66-1,54	0,75	0,49-1,15				
>11,9 e ≤12,9	0,82	0,53-1,28	0,73	0,47-1,12	0,54	0,35-0,83				
>12,9 e ≤281,4	1,37	0,85-2,21	2,95	1,76-4,94	1,93	1,16-3,21				

CO (ppb)						
≤49,2	1,00	-				
>49,2 e ≤108,2	0,76	0,51-1,14	0,78	0,52-1,16	0,52	0,35-0,77
>108,2 e ≤132,4	0,85	0,57-1,28	0,74	0,50-1,10	0,78	0,52-1,17
>132,4 e ≤7.991,8	1,90	1,20-3,00	2,21	1,38-3,53	1,84	1,15-2,96
Focos de queimadas (número/dia)						
<1	1,00	-				
≥1 e ≤2	1,29	0,74-2,25	1,25	0,74-2,13	0,76	0,45-1,28
>2 e ≤35	1,18	0,78-1,80	1,57	1,04-2,37	1,23	0,81-1,86
>35 e ≤1238	1,30	0,84-2,00	4,59	2,73-7,72	2,21	1,39-3,53

* IAM Infarto Agudo do Miocárdio não especificado ** ICC Insuficiência Cardíaca Congestiva ***AVC Acidente Vascular Cerebral não especificado como hemorrágico ou isquêmico.

FONTE: O autor

Verifica-se no quadro 1, que ser do sexo feminino pode levar à proteção quanto a ocorrência de maior número de internações por dia; enquanto que a internação por IAM obteve uma chance maior que as demais doenças do aparelho circulatório para esse desfecho (OR=1,80) e com significância estatística ($p=0,01$).

No que se refere aos poluentes do ar, constatou-se maior chance de duas ou mais internações ao dia quando da ocorrência de exposição ao $PM_{2,5}$ no 4º quartil com OR=1,67 IC95% (1,05-2,66) e OR= 2,95 IC95% (1,76-4,94), respectivamente nos lags 2 e 6), para o CO, de maneira expressiva e com significância, no 4º quartil (OR=1,61; OR=1,55; OR=1,90; OR=2,21; OR=1,84; respectivamente nos lags 2, 4, 5, 6 e 7). Também chama a atenção os focos de queimadas no 4º quartil (OR= 1,90; OR=1,78; OR=1,85; OR=1,90; OR=4,59; OR=2,21, respectivamente nos lags 1, 2, 3, 4, 6 e 7), todos com $p<0,05$.

6 DISCUSSÃO

Os poluentes atmosféricos ($PM_{2,5}$ e CO) provenientes da queima de biomassa florestal podem estar associados com o aumento de admissões hospitalares e com mais dias de permanência de internação por doenças do aparelho circulatório.

No presente estudo, o valor médio de concentração do CO foi de 206,5 ppb com desvio padrão (569,3ppb) e máximo de 7.991,8 ppb, segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 1990a), prevê a tolerância de 35 ppm, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano, ou seja 35000 ppb. Dessa forma, os valores encontrados encontram-se abaixo do limite considerado tolerável.

Estudos sobre a poluição atmosférica e os efeitos na saúde da população têm demonstrado que, mesmo quando os poluentes se encontram abaixo dos níveis determinados pela legislação, estes são capazes de provocar efeitos na saúde das pessoas (AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012; GAVINIER; NASCIMENTO, 2014).

O estudo de Tuan et al (2016) identificaram a importância da exposição ao CO e SO₂ na gênese das internações por doenças isquêmicas do coração, em indivíduos com mais de 50 anos, na cidade de São José dos Campos sendo que o aumento da taxa de CO foi significativa para atendimentos de emergência por doenças do aparelho circulatório especialmente internações por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM).

Schwartz, em 1994, mostrou que a poluição do ar está primeiramente associada a mortes não-hospitalares, representadas por mortes súbitas, muitas por arritmia e infarto do miocárdio; e verificou para cada aumento de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos níveis de Partículas Totais em Suspensão (PTS) um aumento do risco relativo (RR) de 1,06 (IC95% = 1,03- 1,10) para mortalidade, um risco relativo ainda maior para a doença cardiovascular (RR=1,08) e para a população idosa (RR=1,09).

Os grupos populacionais mais suscetíveis aos efeitos tóxicos da poluição do ar são crianças abaixo de cinco anos de idade, idosos e indivíduos portadores de doenças crônicas. A severidade dos efeitos da poluição sobre a saúde dos idosos decorre da fragilidade do sistema imunológico com o avanço da idade. Em geral, estudos mostram que a poluição atmosférica, principalmente aquela

relacionada ao material particulado, está associada ao aumento da mortalidade em idosos e a maior frequência de internações hospitalares por problemas cardiovasculares e respiratórios por asma e Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) (VORMITTAG; RODRIGUES; SALDIVA, 2010).

Nunes, Ignotti e Hacon (2013) verificaram associação entre a exposição dos poluentes com as taxas de mortalidade por doenças do aparelho circulatório e indicou maior número de casos para o grupo mais idoso.

Gouveia et al. (2003), apresentaram associações estatisticamente significantes com os poluentes, tanto nas hospitalizações quanto para a mortalidade. O incremento de 1ppm nos níveis de CO, resultou no acréscimo de 1,7% de doenças isquêmicas do coração, entre as quais se destaca o infarto do miocárdio em idosos. De maneira geral, tanto as mortes quanto as internações de crianças (menor de cinco anos de idade) e idosos (maior ou igual a 65 anos) devido às doenças respiratórias e do aparelho circulatório mostraram-se associados ao CO.

O presente estudo também indica que houve maior concentração de CO e de PM_{2,5} e de focos de queimadas para ocorrência de insuficiência cardíaca congestiva (ICC) ao se comparar com demais agravos do aparelho circulatório, encontrando-se 260,4 ppb para CO, 21,3 µg/m³ para PM_{2,5} e 87 focos de queimadas.

Segundo Brook et al. (2004), a exposição a curto prazo ao material particulado (MP) elevado contribui significativamente para o aumento da mortalidade cardiovascular aguda, em particular em certos subconjuntos de risco da população. As admissões hospitalares para várias doenças do aparelho circulatório e pulmonares aumentam agudamente em resposta a maiores concentrações de MP ambiente. A evidência implica ainda uma exposição prolongada a níveis elevados de MP na redução da expectativa de vida geral.

Nardocci et al. (2013), verificaram o impacto da poluição do ar nas internações por doenças do aparelho respiratório e circulatório em residentes do Município de Cubatão, São Paulo, Brasil e se basearam em dados de poluentes, MP, dióxido de enxofre, temperatura e umidade e encontraram resultados mais robustos para doenças do aparelho circulatório em maiores de 39 anos.

Negrisola e Nascimento (2013) citaram que estudos indicam que o efeito

dos gases poluentes sobre o desenvolvimento de crises respiratórias agudas, representado pelas internações hospitalares, mostra uma defasagem (lag). Isso significa que um indivíduo exposto à poluição em determinado dia poderá ser internado nesse mesmo dia ou alguns dias depois.

Sendo assim, este trabalho constatou maior chance de duas ou mais internações ao dia quando da ocorrência de exposição ao $PM_{2,5}$ no 4º quartil (OR=1,67 e OR= 2,95, respectivamente nos lags 2 e 6), para o CO, de maneira expressiva e com significância, no 4º quartil (OR=1,61; OR=1,55; OR=1,90; OR=2,21; OR=1,84; respectivamente nos lags 2, 4, 5, 6 e 7). Também chama a atenção os focos de queimadas no 4º quartil (OR= 1,90; OR=1,78; OR=1,85; OR=1,90; OR=4,59; OR=2,21, respectivamente nos lags 1, 2, 3, 4, 6 e 7), todos com $p<0,05$.

Em estudo realizado por Mantovani et al. (2016), observou-se que a exposição ao $PM_{2,5}$ no quinto dia após a exposição (lag 5) foi significativo para internação por doenças cardiovasculares e aumentou em 15 ppts segundo incremento de $10\mu g /m^3$ na concentração de $PM_{2,5}$. No entanto, diferentemente do presente estudo, que realizou a Regressão Logística para a análise dos dados, eles utilizaram a técnica dos modelos aditivos generalizados da Regressão de Poisson para análise de dados.

Negrisioli e Nascimento (2013) analisaram a associação entre a exposição aos poluentes ambientais e as internações hospitalares, aplicando-se modelos com defasagens de zero a cinco dias após a exposição aos poluentes. Eles identificaram efeito agudo da exposição ao dióxido de nitrogênio e efeito mais tardio da exposição ao material particulado sobre as internações por pneumonia em Sorocaba. Na regressão de Poisson, na análise com o modelo multipolvente, apenas o dióxido de nitrogênio apresentou significância estatística no mesmo dia (risco relativo – RR=1,016), assim como o material particulado (PM_{10}) na defasagem de quatro dias (RR=1,009) após a exposição aos poluentes. Semelhante ao presente estudo, onde constatou-se efeito tardio para o material particulado ($PM_{2,5}$) no 4º quartil, com destaque para os lags 6 e 7, respectivamente com OR= 2,95 e 1,93, ambos com significância estatística.

Um estudo ecológico de séries temporais, que incluiu indivíduos de 0 a 10 anos residentes de São José dos Campos, para estimar a associação entre

exposição a poluentes atmosféricos e internações por asma brônquica foi realizado por Amâncio et al. (2012).

Semelhante ao presente estudo, as variáveis de internações foram recodificadas, sendo zero referente à ausência de internação e 1 referente a uma ou mais internações diárias; utilizaram defasagens de zero até sete dias. Para estimar a associação entre a ocorrência de internações e os níveis de poluentes do ar foi realizada a regressão logística e obtidos as odds ratio com seus respectivos intervalos de confiança de 95%. Identificou-se associação do material particulado (PM_{10}) tanto no mesmo dia da exposição quanto nos próximos três, quinto e sexto dias com as internações. O dióxido de enxofre esteve associado às internações no primeiro, segundo e terceiro dias após a exposição e o ozônio no terceiro dia após a exposição ao gás.

No presente estudo, quanto a variável concentração de poluentes atmosféricos CO e $PM_{2,5}$ e o número de internações ao dia, observam-se maiores valores de concentração dos poluentes para os casos com maior número de internações diárias e menor umidade do ar, o que pode indicar que a poluição do ar seja um dos componentes que afetam e agravam a saúde da população e, conseqüentemente, a hospitalização quando o tempo está mais seco e menos chuvoso.

Como já mencionado, Porto Velho capital do estado de Rondônia está na Amazônia brasileira, e o seu clima é classificado como sazonal tropical com duas estações distintas: uma estação seca de maio a outubro e uma estação chuvosa de novembro a abril (BRASIL et al., 2014b).

Silva et al. (2013) afirmaram que há um aumento de PM característico na época de queimadas na Amazônia, que se iniciou no final de julho e começo de agosto, persistindo até no fim de novembro, pequenas oscilações de temperaturas e típica redução de umidade relativa do ar característica da estação seca.

Além disso, o uso do fogo vem se intensificando nas últimas décadas e se tornando uma atividade de crescente preocupação devido a mudanças climáticas que estão alterando o padrão de chuvas na região (CARMO, 2012).

Tais características climáticas demonstram a importância da relação entre a proporção de internações por período climático como, por exemplo, as doenças do aparelho circulatório e o período da seca, quando há o maior número de

queimadas na região.

.Em estudo realizado em Chicago (USA), identificou-se a relação de hospitalizações, estresse térmico e níveis de CO no ambiente, onde há maior concentração dos poluentes no inverno (exceto para o ozônio, o qual aumenta com o aumento da temperatura). O conjunto desses fatores, estresse térmico e níveis de poluentes no ambiente, podem induzir insuficiência cardíaca aguda, pois a diminuição da temperatura pode aumentar a carga no coração, o que resulta em aumento da frequência cardíaca, aumento da pressão sistólica, diastólica e aumento do débito cardíaco, sendo os idosos, o grupo que mais sofre com seus efeitos deletérios (MORRIS e NAUMOVA, 1998).

Santos et al. (2014) afirmam em sua pesquisa que enquanto as queimadas na região oeste dos EUA ocorrem, geralmente são pelo aumento de temperaturas e redução de precipitação na primavera e verão. Na região Amazônica, os incêndios florestais são sazonais, ocorrendo, principalmente, no período compreendido entre os meses de junho a outubro, em que as baixas temperaturas e a ausência de chuvas predominam.

Artaxo (2013) sugere que mudanças no regime de chuvas podem ser influenciadas pelo aumento do desmatamento. Logo, episódios de seca que a Amazônia tem vivenciado podem aumentar significativamente o número de incêndios na região.

Pode-se esperar que as queimadas em curso, atualmente baseadas em procedimentos de desmate e queima, devam intensificar o impacto das secas associadas com a variabilidade climática natural ou induzida pelo homem e, portanto, comprometendo a saúde humana na região (FEARNSIDE, 2005).

A elaboração e a efetivação de intervenções objetivando um ambiente mais saudável só será possível a partir de uma avaliação da ameaça para a saúde da população em correlação à poluição atmosférica. Diante disso, é indispensável uma elaboração de dados tecnicamente fundamentados para a formulação de políticas públicas aptas a viabilizar o desenvolvimento socioeconômico, respeitando o meio ambiente e a saúde da população. As informações aqui explanadas podem colaborar para o entendimento da influência da poluição atmosférica na saúde da população.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo sugere que a exposição aos poluentes do ar (CO, PM_{2,5}) e focos de queimadas pode estar associada ao aumento das internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório no município de Porto Velho - RO.

O perfil das pessoas internadas por doenças do aparelho circulatório foi com predomínio do sexo masculino, idosos, com diagnóstico principal de infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca congestiva e acidente vascular cerebral e com ocorrência de duas ou mais internações diárias.

Encontrou-se uma média diária mais elevada da concentração dos poluentes do ar (CO e PM_{2,5}) e do número dos focos de queimadas quando houve maior número de internações ao dia e quando da ocorrência de internações por insuficiência cardíaca congestiva.

Por fim, para o lag 0, destaca-se maior ocorrência de hospitalização por ICC quando da exposição ao PM_{2,5} e ao CO, com resultado mais significativo para o 3º quartil de exposição ao PM_{2,5}.

Também chama atenção maiores internações por AVC quando da exposição ao PM_{2,5}, bem como para o CO e a exposição aos focos de queimadas tem mais chance de levar à hospitalização por IAM do que pelas demais doenças do aparelho circulatório. A análise de defasagem (lag) de 7 dias apontou maior chance de duas ou mais internações ao dia quando da ocorrência de exposição ao PM_{2,5} no 2º e 6º dias, para o CO, de maneira expressiva e com significância, respectivamente nos 2º, 4º, 5º, 6º e 7º dias. Também chama a atenção os focos de queimadas no 1º, 2º, 3º, 4º, 6º e 7º dias.

A pesquisa é uma fonte útil para o desenvolvimento de princípios que direcionem estratégia e implementação de ações tanto no âmbito saúde como no ambiental. É de essencial importância que esses resultados possam ser compilados, compartilhados e debatidos como sugestão de implementação de políticas públicas, especialmente no que se alude às medidas de cuidados e promoção da saúde, monitoramento dos fatores de risco, políticas de controle e de acompanhamento da qualidade do ar e da participação da social.

REFERÊNCIAS

- AMANCIO, C. T.; NASCIMENTO, L. F. C. **Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais**. Revista da Associação Médica Brasileira, v. 58, n. 3, p. 302-307, 2012.
- AMANCIO, C. T.; NASCIMENTO, L. F.; AMANCIO, T. T. **Poluentes ambientais e chance de internações por asma em crianças-São José dos Campos, Brasil, nos anos 2004-2005**. Journal of Human Growth and Development, v. 22, n. 2, p. 202-208, 2012.
- ARBEX, M. A. et al. **Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 30, n. 2, p. 158-75, 2004.
- ARTAXO, P. et al. **Atmospheric aerosols in Amazonia and land use change: from natural biogenic to biomass burning conditions**. Faraday discussions, v. 165, p. 203-235, 2013.
- BARROS, M. M. A. **Poluição atmosférica e hospitalizações por doenças respiratórias em crianças menores de 12 anos no município de Porto Velho - RO, Amazônia ocidental**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Núcleo de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Rondônia- UNIR. Porto Velho, 2011.
- BELO, P. I.; TOFOLI, R. **Quantificação dos Níveis de Partículas Finas (MP_{2,5}) no Município de Vitória**. Dissertação (Obtenção do Grau em Bacharel em Engenharia Ambiental). Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2011.
- BRAGA, A. L. F. et al. **Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, v. 23, p. S570-S578, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação em Saúde. **Saúde Brasil 2006: uma análise da situação de saúde no Brasil/Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise de Situação em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 620 p. : il. – (Série G. Estatística e Informação em Saúde).
- BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução do CONAMA nº3, de 28 de junho de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acesso em: 01. Nov. 2015 (a).
- BRASIL, L. S. et al. **Environmental integrity and damselfly species composition in Amazonian streams at the "arc of deforestation" region, Mato Grosso, Brazil**. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 26, n. 3, p. 278-287, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. **Dados do DATASUS**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=01>>. Acesso em: 12. nov. 2015 (c)

BRASIL. **Resolução 003/1990 do CONAMA**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 01. nov. 2015. (d)

BRAUER, M. et al. **A cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes**. Environmental health perspectives, v. 116, n. 5, p. 680, 2008.

BROOK, R. D. et al. **Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association**. Circulation, v.109, n.21, p.2655-2671, 2004.

CANÇADO, J. E. D. et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. Jornal Brasileiro Pneumologia, São Paulo , v. 32, supl. 2, p. S5-S11, 2006.

CARMO, C. N. et al. **Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira**. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 27, n. 1, p. 10-16, 2010.

CARMO, C. N. **Modelagem dos efeitos dos aerossóis de queimadas para a saúde humana na Amazônia**. Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2012.

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 & Saúde Coletiva, v. 14, n. 6, p. 2083-2090, 2009.

CASTRO, H. A.; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 6, p. 135-149, 2003.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais **Estimativa da concentração do CO para regiões de algumas capitais brasileiras (Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Porto Velho, Belém), bem como em Santiago no Chile**. Disponível em:

CHAVES, L. **Evolução e sazonalidade climática das doenças cardiovasculares e respiratórias em Passa Quatro-MG**. 60 f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2011.

COLOMBINI, M. P. **Poluição atmosférica e seu impacto no sistema cardiovascular**. Revista Einstein, v. 6(2), p. 221-6, 2008.

CONFINS - **REVUE FRANCO-BRÉSILIEUNE DE GÉOGRAPHIE**. Município de Porto Velho Rondonia. 2015. Disponível em:
<<https://journals.openedition.org/confins/11574?lang=pt>>. Acesso em: 30. out. 2017

<<http://meioambiente.cptec.inpe.br/index.php?lang=pt>>. Acesso em: 18. ago. 2015.

FEARNSIDE, P. M. **Salvar florestas tropicais como uma medida de mitigação do efeito estufa: O assunto que mais divide o movimento ambientalista**. In: Atas do III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 21–25 November 2000, Manaus, Amazonas. 2001.

FERNANDES, J. S. et al. **Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana**. Revista Médica de Minas Gerais, v. 20.1 p. 92-101, 2010.

FREIRE, J. L. M. de; FREITAS, S. R.; COELHO, C. A. S. **Calibração do modelo regional BRAMS para a previsão de eventos climáticos extremos**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 30, n. 2, p. 158-170, 2015.

FREITAS, S. R. et al. **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, v. 9, n. 8, p. 2843-2861, 2009.

GAVINIER, S. S.; NASCIMENTO, L. F. **Material particulado e interações por doenças isquêmicas do coração em Sorocaba, SP**. Revista Ambiente & Água, v. 8, p. 228-236, 2013.

GONÇALVES, K. S. et al. **Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 19, n. 9, 2014.

GOUVEIA, N. et al. **Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras**. Epidemiologia e Serviço de Saúde, Brasília, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2003.

HOEK, G. et al. **Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study**. The lancet, v. 360, n. 9341, p. 1203-1209, 2002.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.**

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

INPE, Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Disponível em:
<<http://meioambiente.cptec.inpe.br/index.php?lang=pt>>. Acesso em: 18. ago. 2015.

LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. **Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão.** Pró-Fono Revista de atualização científica, v. 17, n. 3, p. 403-12, 2005.

LONGO, K. M. et al. **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, n. 13, p. 5785-5795, 2010.

MANTOVANI, K. C. C. et al. **Poluentes do ar e internações devido a doenças cardiovasculares em São José do Rio Preto, Brasil.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 21, n. 2, p. 509-516, 2016.

MANZOLI, A. **Análise das emissões veiculares em trajetos urbanos curtos com localização por GPS.** Tese (Doutorado) apresentada à escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo-USP, São Carlos, 2009.

MARÉCAL, V. et al. **Mesoscale modelling of water vapour in the tropical UTLS: two case studies from the HIBISCUS campaign.** Atmospheric Chemistry and Physics, v. 7, n. 5, p. 1471-1489, 2007.

MARTINS, L. C. **Efeitos da poluição do ar e dos fatores meteorológicos nas doenças cardiovasculares na Cidade de São Paulo.** Tese (Doutorado) apresentada a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2004.

MEDEIROS, A. P. P. et al. **Traffic-related air pollution and perinatal mortality: a case-control study.** Environmental health perspectives, v. 117, n. 1, p. 127, 2009.

_____. **Baixo peso ao nascer e a poluição do ar no município de São Paulo.** Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - USP. Área de Concentração em Medicina Preventiva, São Paulo, 2004.

MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. **Relação entre baixo peso ao nascer e a poluição do ar no Município de São Paulo.** Revista de Saúde Pública, v. 39, n. 6, p. 965-972, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - Departamento de Informática do SUS. **Transparência: Arquivos de dados.** 2015. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0901>>. Acesso em: 23. jun. 2015.

MORRIS, R. D.; NAUMOVA, E. N. **Carbon monoxide and hospital admissions for congestive heart failure: evidence of an increased effect at low temperatures.** Environmental Health Perspectives, v. 106, n. 10, p. 649, 1998.

NARDOCCI, A. C. et al. **Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, v. 29, n. 9, p. 1867-1876, 2013.

NASCIMENTO, L. F.; MEDEIROS, A. P. P. **Internações por pneumonias e queimadas: uma abordagem espacial.** Jornal de Pediatria, v. 88, n. 2, 2012.

NEGRISOLI, J.; NASCIMENTO, L. F. **Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças.** Revista Paulista de Pediatria, v. 31, n. 4, p. 501-506, 2013.

NOGUEIRA, B. **Poluição Atmosférica e Doenças Cardiovasculares.** Revista Portuguesa de Cardiologia. v. 28, n. 6, p. 715-733, 2009

NUNES, K. V. R.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S. **Circulatory disease mortality rates in the elderly and exposure to PM2.5 generated by biomass burning in the Brazilian Amazon in 2005.** Cadernos de saúde publica, v. 29, n. 3, p. 589-598, 2013.

OYAMA, B. **Identificação de fontes de partículas finas na atmosfera urbana de São Paulo.** Dissertação (Mestrado) apresentado ao Instituto de Astronomia,

Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo-USP, 2010.

PEREIRA, L. A. A.; SIMÕES, N. R. O. **Poluição atmosférica e exposição humana: a epidemiologia influenciando as políticas públicas.** Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 6, n. 2, 2011.

RODRIGUES, P. et al. **Distribuição espaço-temporal das queimadas e internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos de idade em Rondônia, 2001 a 2010.** Epidemiologia e Serviço de Saúde, v. 22, n. 3, p. 455-464 2013.

ROMAN, V. V. L. et al. **Efeitos de poluentes do ar e doenças respiratórias utilizando dados estimados por modelo matemático/Effects of air pollutants on respiratory diseases using estimated values by mathematical modelling of simulation.** Revista Ambiente & Água, v. 10, n. 4, p. 825, 2015.

RONQUIM, C. C. **Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos.** Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SANTANA, E. et al., **Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Européia.** Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012.

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

SISAM, Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental. Disponível em: <<http://sisam.cptec.inpe.br/msaude/>>. Acesso em: 23. jun. 2015.

SOARES, P. A. **Queima de biomassa na região amazônica e seus efeitos sobre a saúde: uma abordagem espacial. 2012.** 159 f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.

SOUZA, R. C. **Diagnóstico ambiental da qualidade do ar na área urbana de Porto Velho utilizando amostradores passivos de NO₂ e escala de Ringelmann.** Dissertação (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Porto Velho, 2016.

TUAN, T. S.; VENÂNCIO, T. S.; NASCIMENTO, L. F. C. **Efeitos da Exposição a Poluentes do Ar no Infarto Agudo do Miocárdio, Segundo Gêneros.** Sociedade Brasileira de Cardiologia, v. 107, n. 3, p. 216-222, 2016.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Air & Radiation Home. 2011. Disponível em: <<http://www.epa.gov/air/>>. Acesso em: 30. out. 2015 (a).

_____. **Air Quality Criteria for Particulate Matter.** Final Report, 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/pmdesignations/index.htm>> Acesso em outubro de 2015 (b).

VORMITTAG, E.; RODRIGUES, C. G.; SALDIVA, P. **Projeção da mortalidade, internações hospitalares na rede pública e gastos públicos em saúde decorrentes da poluição atmosférica no Estado de São Paulo de 2012 a 2030.** Instituto Saúde e Sustentabilidade. São Paulo, 2010.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **7 million premature deaths annually linked to air pollution.** WHO. 2014. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/> Acesso em outubro de 2015.

_____. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.** WHO. 2006. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1>. Acesso em: 01. out. 2015.

YNOUE, R. Y. et al. **Meteorologia: noções básicas.** 1ª. ED. 2017. São Paulo Oficina de Textos, 179pp, 2017.

ANEXOS

Anexo 1 – Padrões de qualidade do ar em vigor no Brasil.

POLUENTE	TEMPO MÉDIO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO (VIOLAÇÕES ACEITAS POR ANO)	
		PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO
PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	240 (1)	150 (1)
	Anual (média geométrica)	80	60
FUMAÇA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	150 (1)	100 (1)
	Anual	60	40
PARTÍCULAS INALÁVEIS - MP ₁₀ - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	150 (1)	Igual ao padrão primário
	Anual	50	
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	365 (1)	100 (1)
	Anual	80	40
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ppm)	1h	40.000 - 35 (1)	Igual ao padrão primário
	8h	10.000 - 9 (1)	
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	160 (1)	Igual ao padrão primário
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	320	190
	Anual	100	Igual ao padrão primário

FONTE: Resolução 003/1990 do CONAMA (BRASIL, 1990a)

Anexo 2 – Padrões de qualidade do ar Organização Mundial de Saúde.

Níveis de Material Particulado

Nível da média diária (Objetivo)	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	MP _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fundamentação
Intermediário – 1 (OI – 1) da OMS	150	75	Baseado em coeficientes de risco publicados em estudos multicêntricos e metanálise (incremento de cerca de 5% de mortalidade de curto prazo).
Intermediário – 2 (OI – 2) da OMS	100	50	Baseado em coeficientes de risco publicados em estudos multicêntricos e metanálise (incremento de cerca de 2,5% de mortalidade de curto prazo).
Intermediário – 3 (OI – 3) da OMS	75	37,5	Incremento de cerca de 1,2% de mortalidade de curto prazo.
Intermediário – 4 (OI – 4) da OMS	50	25	Baseado na relação entre os padrões diário e anual de material particulado.

Níveis de (O₃) - médias de 8h

FASE	MÁXIMA		FUNDAMENTAÇÃO PARA O NÍVEL INDICADO
	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE 8H DIÁRIA (µg/m ³)		
Altos níveis	240		Efeitos significantes à saúde; substancial proporção de populações vulneráveis afetadas.
IT-1	160		Efeitos significantes à saúde; não proporciona proteção adequada à saúde pública. A exposição a este nível de ozônio está associada com: <ul style="list-style-type: none"> Efeitos fisiológicos e pulmonares em jovens adultos saudáveis se exercitando e expostos por períodos de 6,6 horas; Efeitos sobre a saúde de crianças (baseado em vários estudos de campos de verão nos quais estas estavam expostas ao ozônio ambiente); Um aumento estimado de 3 a 5% na mortalidade diária (baseado em estudos de séries temporais diárias).
AQG	100		Proporciona proteção adequada à saúde pública, embora possa ocorrer algum efeito abaixo deste nível. A exposição neste nível é associada com: <ul style="list-style-type: none"> Um aumento estimado de 1 a 2% na mortalidade diária (baseado em estudos de séries temporais diárias); Extrapolação de estudos de laboratório e de campo baseada na probabilidade de repetição da exposição na vida real, considerando que os estudos de laboratório excluem sujeitos altamente sensíveis ou clinicamente comprometidos, ou crianças; Probabilidade de que o ozônio ambiente seja um marcador de outros oxidantes associados.

Níveis de (SO₂)

FASE	TEMPO DE AMOSTRAGEM		FUNDAMENTAÇÃO PARA O NÍVEL INDICADO
	MÉDIAS DE 24H	MÉDIA DE 10 MIN.	
IT-1 ^A	125	-	
IT-2	50	-	Objetivo intermediário baseado no controle das emissões veiculares, industriais ou de produção de energia. Seria um objetivo razoável e viável para alguns países em desenvolvimento (poderia ser alcançado em poucos anos) o que resultaria em significantes ganhos à saúde e justificaria outras melhorias (tais como o estabelecimento do AQG como objetivo).
AQG	20	500	

Níveis de NO₂.

TEMPO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO (µg/m ³)
1 hora	200
Anual	40
1 hora	30
8 horas	100

Níveis de CO.

TEMPO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO (MG/M3)
15 minutos	100
30 minutos	60
1 hora	30
8 horas	100

FONTE: Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide (WHO, 2006)