

Impactos das queimadas em época de estiagem sobre a qualidade do ar de Porto Velho (Rondônia) e seus possíveis efeitos na saúde

Willians Prestes de Almeida¹, Cesar Luiz da Silva Guimarães^{2*}

¹Acadêmico em Engenharia Ambiental e Sanitária, Faculdade de Educação de Porto Velho, Brasil

²Doutor em Biologia Experimental, Professor da Faculdade de Educação de Porto Velho, Brasil. (*Autor correspondente: cesarluz666@gmail.com)

Histórico do Artigo: Submetido em: 23/11/2021 – Revisado em: 21/03/2022 – Aceito em: 30/04/2022

RESUMO

Porto Velho, capital de Rondônia, localizado na região norte do Brasil, tem o clima equatorial quente úmido, com duas estações bem definidas no ano: período chuvoso e seco. Por ser um estado predominantemente rural, Rondônia apresenta grande incidência de práticas de mudança do uso do solo, incluindo desmatamento e queimadas, que ficam mais evidentes no período de seca. A fumaça produzida na queima contém, dentre outros componentes, material particulado fino (PM_{2.5}), que pode afetar o trato respiratório de quem é exposto a ele. Com o objetivo de verificar a relação entre a piora da qualidade do ar em decorrência das queimadas em época de estiagem e o possível aumento de internações por morbidades respiratórias, o presente estudo foi proposto. Foram coletados dados de queimadas, precipitação, internações e concentração de PM_{2.5}, onde se observou aumento das queimadas e de PM_{2.5} entre julho e outubro, como também dos casos de internações entre abril e setembro, enquanto a precipitação teve queda a partir de maio e se manteve em baixa até setembro. A partir disso, pode-se observar que a redução da precipitação marca o aumento dos focos de queimadas, que por sua vez coincide com o aumento da concentração de PM_{2.5}. Por fim, pode-se considerar uma possível relação entre a redução das chuvas e a piora da qualidade do ar, o que afeta a saúde humana e pode ter influência sobre o aumento de casos de internações por morbidades respiratórias.

Palavras-Chaves: Queimadas, Estiagem, Qualidade do Ar, Material Particulado, Saúde.

Impacts of fires during dry season on the air quality of Porto Velho (Brazil) and possible effects on human health

ABSTRACT

Porto Velho, capital of Rondônia state, located at Brazil's northern region, has a warm and wet equatorial climate, with two well-defined seasons: rainy and dry seasons. For being a majoritarily rural region, Rondônia shows a great incidence of land use change activities, including deforestation and fires, which are more evident in the dry season. The smoke generated on burning have, among other elements, fine particulate matter (PM_{2.5}), that can affect the respiratory system of whom get exposed to it. This study was proposed with the objective of verify the possible relation between the worsening of air quality in consequence of dry season fires and the increase on hospitalizations for respiratory diseases. It was collected fires, rain precipitation, hospitalizations and PM_{2.5} concentration data, where increases in fires and PM_{2.5} were found out between July and October, as also increases in hospitalizations were noticed between April and September, while the rain precipitation has decreased since May and stood this way until September. From this, it was possible to observe that the start of the rain precipitation reduction marks the increase of fire spots, and the increase of fire spots concur with the rise of PM_{2.5} concentration. Finally, the possible relation between the decrease of rain incidence and the worsening of air quality can be established, that can affect the human health and have influency on the increase of hospitalizations for respiratory diseases.

Keywords: Fires, Dry Season, Air Quality, Particulate Matter, Health.

Almeida, W. P., Guimarães, C. L. S. (2022). Impactos das queimadas em época de estiagem sobre a qualidade do ar de Porto Velho (Rondônia) e seus possíveis efeitos na saúde. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*. v.10, n.1. p.124-136, 2022.



1. Introdução

A Amazônia é a maior floresta tropical em extensão do mundo, ocupando uma área aproximada de 6,3 milhões de km², sendo desta área cerca de 5,5 milhões de km² a porção sobre território brasileiro, compondo grande parte da Amazônia Legal, composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins (Arana, 2009). Situada na região equatorial, possui um clima quente e úmido, com precipitação média de aproximadamente 2.300 mm/ano, com um período chuvas compreendido entre os meses de novembro e março, e período de seca compreendido entre os meses de maio e setembro, com um período de transição entre os dois nos meses de abril e outubro (Fisch, Marengo & Nobre, 1998).

Durante o período da seca, a incidência de focos de queimada na região aumenta significativamente, como indica o portal Monitoramento dos Focos Ativos por Estado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Em Rondônia, essa incidência chegou a quase dobrar de valor do ano de 2014 para 2015, saindo de 7.334 para 13.113 focos, se mantendo acima de 10.000 focos em todos os anos de 2016 a 2021 (INPE, 2021).

Rondônia apresenta um importante acesso à Amazônia pelo restante do país e vice-versa, encontrando-se o estado em uma expansão econômica e social bastante acentuada, através de atividades de ocupação e modificação do uso do solo, inclusive com incentivo do poder público, predominando as atividades primárias, como a agricultura e pecuária (Rodrigues, Ignotti & Hacon, 2013). Trata-se de um estado jovem, e o seu desenvolvimento se mostra por meio de controvérsias entre progresso e impacto ambiental (Santos, Tadeucci & Oliveira, 2010). No decorrer de sua história, apresentou ciclos de extrativismo, e atualmente se encontra em grande expansão na agropecuária, setor que representa boa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) do estado (SEPOG, 2019).

O desmatamento e as queimadas, apesar de serem distintos entre si, são características diretamente associadas às práticas produtivas do campo, uma vez que normalmente a derrubada vem seguida pela queima da vegetação, prática potencializada nos períodos de menor incidência de precipitação (Castro, Gonçalves & Hacon, 2009). Devido a essa característica da região possuir a precipitação bem-marcada durante o ano, tendo períodos de menor incidência, e associado às atividades de mudança do uso do solo, a existência de queimada como ferramenta do setor é frequente e cíclica, uma vez que as condições do ambiente facilitam sua ocorrência (Rego & Kato, 2017).

A grande concentração espaço-temporal de queimadas gera um acúmulo de fumaça, que possui propriedades organolépticas facilmente perceptíveis, como a limitação da visão do ambiente e o forte cheiro característico, que por si apresentam impactos na vida cotidiana da população (Radojevik & Hassan, 1999). Além dessas características perceptíveis aos nossos sentidos, a poluição atmosférica tem sido associada ao aumento da morbidade por doenças respiratórias, como demonstra Ignotti et. al. (2010), principalmente em consequência do material particulado que é gerado pela queima da biomassa, que se torna componente, dentre outros, da fumaça lançada.

A composição dessa fumaça lançada apresenta componentes que podem afetar a saúde, e em estudo recente, Vohra et. al. (2021) aponta que cerca de 10 milhões de mortes prematuras por ano no mundo estão associadas ao material particulado, um dos componentes presentes nesses lançamentos na atmosfera. A partir disso, surge a problemática de como a mudança na qualidade do ar em decorrência das queimadas ocorridas, principalmente, em época de estiagem pode impactar sobre a saúde da população no município de Porto Velho/RO.

No ano de 2017, estabeleceram-se critérios para uso do fogo em atividades agropastoris e florestais no estado de Rondônia, visando evitar incêndios, que são fontes de poluentes resultantes da queima da biomassa, liberando o uso apenas em certos casos (SEDAM, 2017). Mesmo com essa iniciativa, ainda existem ocorrências de queimadas em excesso, e para conseguir maior eficiência nessas ações, é preciso conhecer as fontes e os impactos gerados nas condições em que ocorrem através de estudos na área.

Conhecendo a origem de tais problemas, bem como os fatores e os envolvidos, é possível combatê-los de forma eficiente, podendo assim sugerir formas de minimizar esse lançamento e levantar uma discussão baseada nesses conhecimentos para que possa auxiliar na resolução desse tipo de poluição (Souza, 2016).

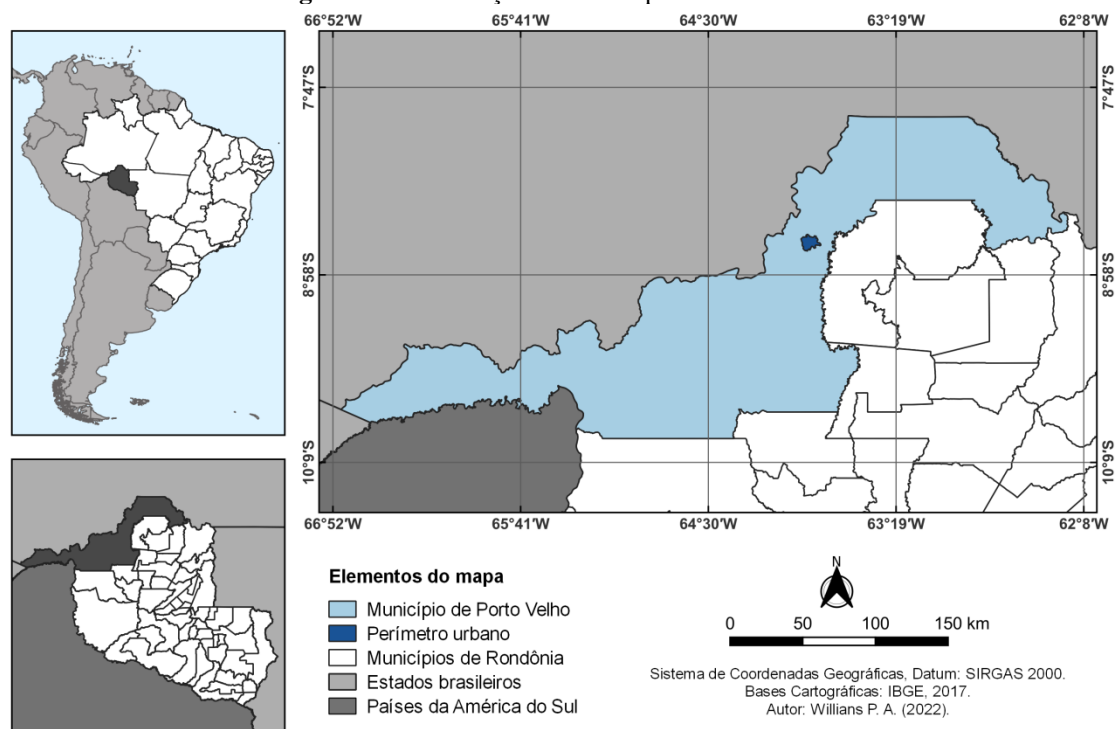
Desta forma, o presente estudo teve como objetivo analisar dados referentes às queimadas em períodos do ano com diferentes índices de precipitação, divididos em estação chuvosa, de novembro a março, e estiagem, de maio a setembro, e comparar com dados da saúde no município de Porto Velho, Rondônia, visando avaliar a possível relação entre a mudança na qualidade do ar e os números referentes aos casos de morbidades no sistema de saúde local ligadas à exposição aos componentes da fumaça acumulada no período de estiagem.

2. Material e Métodos

2.1 Local de Estudo

O município de Porto Velho é a capital de Rondônia e está localizado no extremo norte do estado, pertencente à região Norte do Brasil (Figura 1), e possui 34.090,95 km² de extensão territorial (IBGE, 2021). Faz fronteira internacional com a Bolívia, com os estados brasileiros Amazonas e Acre, além de sete municípios do interior do estado, sendo eles Alto Paraíso, Buritis, Candeias do Jamari, Cujubim, Itapuã do Oeste, Machadinho e Nova Mamoré (Porto Velho, 2018).

Figura 1 – Localização do Município de Porto Velho.



Fonte: Autor (2022).

De acordo com a classificação climática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o tipo de clima predominante na capital e em todo o estado de Rondônia é o Equatorial Quente, úmido, com três meses secos e temperatura média acima de 18°C em todos os meses do ano, e conforme Fisch, Marengo

e Nobre (1998), possui os períodos com maior e menor incidência de chuva bem definidos, sendo a seca compreendida principalmente entre os meses de junho e setembro.

2.2 Coleta de Dados

Para a presente pesquisa, foram coletados dados e informações referentes a queimadas, chuvas, concentração de material particulado e internações associadas a morbidades do aparelho respiratório no município de Porto Velho, Rondônia, para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2019, totalizando um período de 10 anos.

Os dados relativos aos focos de queimada foram obtidos no Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais do INPE, consultados nos relatórios de monitoramento dos focos ativos por estado e pelo sistema de monitoramento BDQueimadas, uma plataforma digital para monitoramento e alerta de fogo na vegetação integrante do Programa Cerrado, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

As concentrações de Material Particulado Inalável Fino (PM_{2.5}), apresentadas em micrograma por metro cúbico (µg/m³), foram consultadas no banco de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental (SISAM), que tem como fonte para essa variável os modelos do Serviço de Monitoramento da Atmosfera Copernicus (CAM5) do Centro Europeu de Previsão Meteorológica de Médio Prazo (ECMWF), que fornece dados e informações sobre a composição atmosférica a partir de satélites (SISAM, 2021).

Os valores de Precipitação Acumulada, apresentadas em milímetros (mm), foram também consultados no banco de dados do SISAM, que para essa variável tem como fontes o Centro de Previsão do Clima (CPC) da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA) até o ano de 2018, e o Modelo WRF do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE para o ano de 2019 (SISAM, 2021).

Para obtenção de dados relativos a internações associadas a Doenças do Aparelho Respiratório por local de residência, foi consultado o portal TABNET, um tabulador de domínio público do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), que tem como fonte o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), gerido pelo Ministério da Saúde.

2.3 Análise dos Dados

Para a análise dos dados, adotou-se o cálculo de média aritmética (Equação 1), obtida pela divisão do somatório dos valores pelo número delas, onde x representa os valores e n representa a quantidade de valores x .

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Os dados de Focos de Queimadas foram coletados para períodos mensais (janeiro a dezembro) no período de 2010 a 2019, totalizando 120 valores. A média foi realizada para os meses, obtendo-se 12 médias mensais para focos de queimada para um período de 10 anos.

Na coleta dos dados relativos a concentrações de PM_{2.5}, foram captados valores com intervalo de seis horas para os anos de 2010 a 2017, e intervalo de doze horas para os anos de 2018 e 2019, todos com início às 00 hora do primeiro dia. Calculou-se a média para cada horário de cada dia dos anos integrantes do período proposto, totalizando 1464 valores que foram traduzidos em forma de gráfico para melhor observação. Além desses valores horários, foi calculada a média mensal dos valores médios diários, obtendo-

se 12 valores mensais de concentração do material particulado fino.

A precipitação acumulada em milímetros (mm) foi obtida após o somatório mensal dos valores diários coletados, totalizando 120 valores. Após isso, calculou-se a média para cada mês dos anos do período, totalizando 12 médias mensais de precipitação acumulada.

Os quantitativos referentes a internações associadas a doenças do trato respiratório foram obtidos em um total de 120 valores mensais. A média foi feita para cada mês para os 10 anos integrantes do período, aferindo-se 12 valores para internações em Porto Velho de residentes da cidade associadas ao trato respiratório.

3. Resultados

A média anual de focos de queimada entre os anos os anos de 2010 e 2019 foi de 2768 registros, tendo o mês de agosto como a maior média mensal para o período com 1133 registros, e os meses de fevereiro, março e abril como as menores médias mensais com 02 registros cada, como mostra a Tabela 1.

Para o mesmo período, a média anual de precipitação acumulada foi de 1500 mm, sendo o maior registro médio no mês de janeiro, com 255 mm, e o menor registro médio no mês de julho, com apenas 13 mm. É possível observar uma redução na incidência de precipitação a partir do mês de maio, que perdura até setembro, e a partir de outubro os valores começam a se elevar.

Os valores médios de internações por doenças do aparelho respiratório apresentam uma linearidade durante os meses, apresentando valores acima de 100 e abaixo de 200, com leve aumento no período de abril a setembro em relação aos demais meses. A média anual de atendimentos para o período analisado é de 1850 casos.

Tabela 1 - Média aritmética para o período de 10 anos (2010 - 2019) em Porto Velho/RO

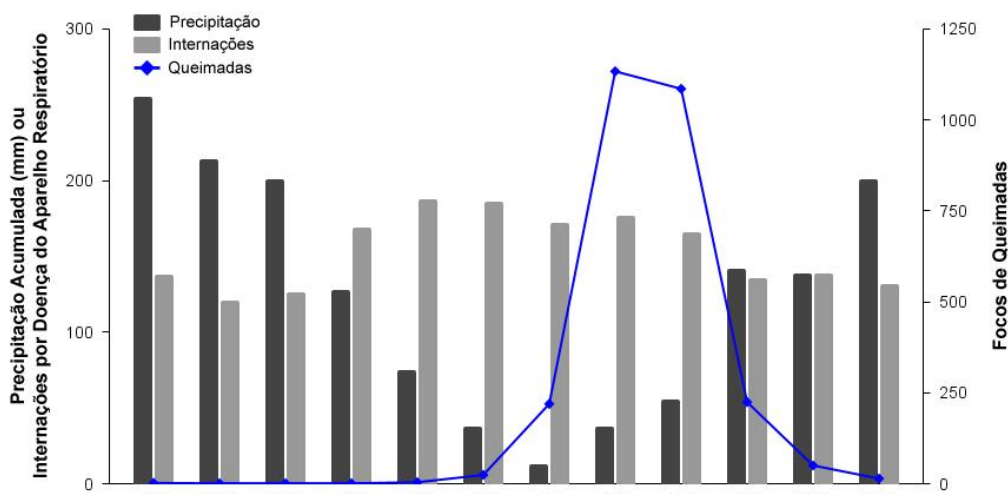
	Precipitação Acumulada (mm)	Focos de Queimada	Internações por Doenças do Aparelho Respiratório
Janeiro	255	03	138
Fevereiro	214	02	121
Março	201	02	126
Abril	128	02	169
Maio	75	05	188
Junho	38	25	186
Julho	13	220	172
Agosto	38	1133	177
Setembro	56	1085	166
Outubro	142	225	136
Novembro	139	51	139
Dezembro	201	15	132
Total	1500	2768	1850

Fonte: Autor (2021), adaptado de INPE (2021), SISAM (2021) e DATASUS (2021).

A Figura 2 traz o gráfico com os dados referentes à precipitação acumulada, número de internações relativas ao presente estudo e focos de queimada sobrepostos, as duas primeiras variáveis na forma de colunas e a terceira variável em forma de linha com pontos demarcados, sendo os valores em ordem crescente de baixo para cima no eixo y; e o mês de referência em ordem crescente da esquerda para a direita

no eixo x, iniciando em janeiro e encerrando em dezembro.

Figura 2 – Gráfico de sobreposição das médias aritméticas para o período 2010 - 2019 em Porto Velho/RO.



Fonte: Autor (2021), adaptado de INPE (2021), SISAM (2021) e DATASUS (2021).

Os dados obtidos e analisados referentes às concentrações de $PM_{2.5}$ estão contidos na Tabela 2. Podem-se observar os valores médios diários para cada mês, além dos valores médios diários máximos e mínimos dos respectivos meses, que demonstram o pico médio e o menor valor médio registrado para cada mês.

Tabela 2 - Média aritmética, valores mínimos e máximos diários de $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) para o período de 10 anos (2010 - 2019) em Porto Velho/RO

	Média	Mínimo	Máximo
Janeiro	13,09	10,46	17,73
Fevereiro	11,02	9,21	14,25
Março	12,83	10,83	16,39
Abril	11,59	9,66	15,35
Mai	10,56	8,88	13,01
Junho	11,62	8,84	20,34
Julho	34,97	11,73	121,83
Agosto	121,29	48,19	288,47
Setembro	69,43	38,32	116,34
Outubro	25,29	15,80	53,36
Novembro	15,06	11,92	20,73
Dezembro	15,68	12,56	22,80

Fonte: Autor (2021), adaptado de SISAM (2021).

Observa-se um aumento brusco entre os meses de julho e outubro em relação aos outros meses, como também é possível notar que a maior e menor concentração estão nos meses de agosto e maio, respectivamente. O maior pico médio diário foi registrado também no mês de agosto, enquanto a menor concentração diária foi registrada no mês de junho.

A Tabela 3 mostra os valores médios anuais para o período estudado. A maior média está no ano de 2010 e oscila entre valores mais baixos e mais altos nos outros anos. A menor média está no ano de 2013 e o maior aumento se mostrou do ano de 2014 para 2015.

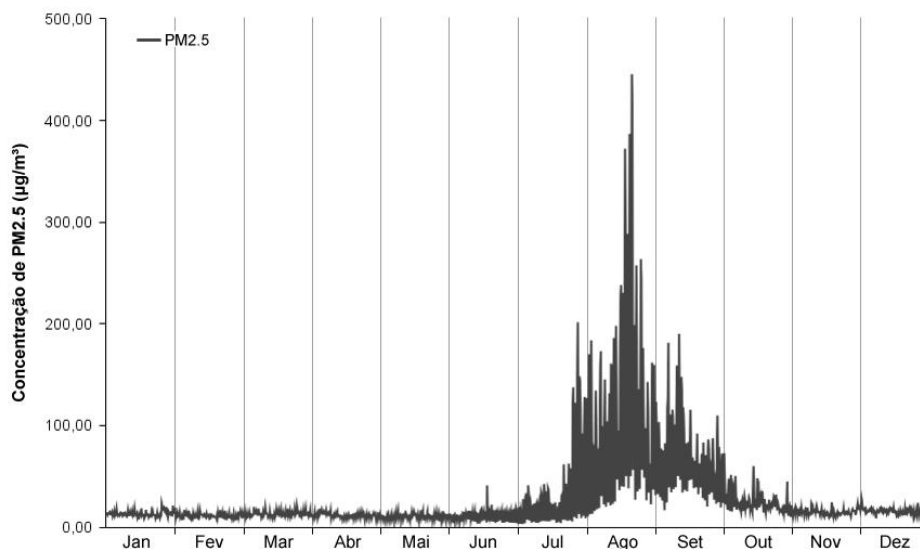
Tabela 3 - Média aritmética anual de PM_{2.5} (µg/m³) para o período de 10 anos (2010 - 2019) em Porto Velho/RO

	Média
2010	53,60
2011	20,84
2012	25,73
2013	14,19
2014	23,70
2015	41,04
2016	29,05
2017	31,81
2018	33,69
2019	24,74

Fonte: Autor (2021), adaptado de SISAM (2021).

A partir das médias de cada horário para o período objeto desse estudo, foi elaborado o gráfico da Figura 3. A linha demonstra o trajeto entre os valores obtidos, partindo da esquerda para a direita nos meses dispostos em ordem crescente, de janeiro a dezembro, com delimitação em seções de igual área para cada mês.

Figura 3 – Concentração média de PM_{2.5} para o período 2010 - 2019 em Porto Velho/RO.



Fonte: Autor (2021), adaptado de SISAM (2021).

É possível observar o maior pico na área estipulada para o mês de agosto, mas é notória a tendência de altos valores a partir do mês de julho, que se estende até o mês de outubro, onde se observa declínio nos níveis aferidos. Nos demais meses, é visível uma maior linearidade da curva, que não demonstra grandes

variações.

4. Discussão

4.1 Precipitação x Qualidade do Ar

Os resultados alcançados evidenciaram a relação direta entre a incidência de chuvas e queimadas, onde a redução da primeira implica no aumento da segunda. Nos valores obtidos para essas duas variáveis, observa-se que nos meses onde há redução da precipitação acumulada, os focos de queimada aumentaram.

Observou-se ainda a relação entre a ocorrência de queimadas e a piora da qualidade do ar. Nos meses em que houve a combinação do aumento de queimadas e redução das chuvas, observou-se aumento significativo da concentração de material particulado fino em suspensão na atmosfera, como mostram os valores coletados. Com o aumento da queima de biomassa, maior quantidade desse poluente é lançada no ar e a falta de chuva, que é capaz de limpar os poluentes da atmosfera, permanece por mais tempo em suspensão e se acumula.

A dispersão dos poluentes na atmosfera sofre influência da velocidade e da turbulência dos ventos, que variam de acordo com a topografia, a cobertura vegetal, a presença de continentes ou oceanos e do uso e ocupação do solo (Torres & Machado, 2011). Segundo Dias et. al. (2012), outro fator importante são as chuvas, que lavam a atmosfera sequestrando os poluentes do ar e decantando os particulados.

Figura 4 – Vista da região central de Porto Velho/RO (abril/2021 à esquerda e agosto/2021 à direita).



Fonte: Santos (2021).

Esse acúmulo é visível tanto nos dados analisados quanto empiricamente, como é demonstrado na Figura 4. Duas fotos foram tiradas a partir do mesmo ponto, com vista ampla para a região central da zona urbana de Porto Velho/RO, em dois momentos diferentes no ano de 2021. À esquerda, está a captura realizada no mês de abril, que teve como concentração média diária de $PM_{2.5}$ para o período objeto do estudo o valor de $11,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$; e à direita, está a captura feita no mês de agosto, que teve como valor médio diário de concentração de $PM_{2.5}$ para o período do estudo $121,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na sua Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, define padrões de qualidade do ar a serem adotados em etapas, sendo a primeira etapa estabelecida no valor de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a concentração média em 24 horas de $PM_{2.5}$, e o padrão final a ser alcançado gradativamente com a concentração de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Além das concentrações padrão de qualidade, definiram-se níveis de atenção relacionados à exposição ao material particulado para médias diárias a partir de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, chegando ao nível de emergência em concentrações iguais ou superiores a $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como se pode observar, o valor médio diário esteve dentro do permitido pela legislação vigente no

mês de abril para o período de estudo, e a imagem da esquerda capturada nesse mesmo mês, que possui a combinação alta precipitação e baixa incidência de queimadas, corrobora com o resultado alcançado, mostrando o ar limpo o bastante para ser possível enxergar a longa distância, além do céu na tonalidade azul característica.

Já na imagem da direita, capturada no mês de agosto, que tem a combinação inversa da situação anterior, com baixa precipitação e altíssima incidência de queimadas, onde é perceptível o acúmulo de fumaça, que impede a visualização à longa distância e confere ao céu um tom acinzentado, reitera o resultado alcançado de que valor médio diário ultrapassou o limite estabelecido pelo CONAMA para seu valor diário e se aproximou do valor do primeiro estágio de atenção à exposição.

No que diz respeito às médias anuais de $PM_{2.5}$, a Resolução CONAMA nº 491/2018 define a concentração de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como limite, e de acordo com os resultados obtidos, as médias anuais de 2010 a 2019 se mostraram todas acima do valor permitido, com exceção do ano de 2013, com $14,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentração média.

4.2 Qualidade do Ar x Internações por Doenças Respiratórias

O quantitativo de internações mostra uma constância entre 100 e 200 casos médios em todos os meses, mostrando o maior aumento em relação ao mês anterior em abril, com 43 internações a mais; e a maior redução em outubro, com 31 internações a menos, com pouca variação nesses meses. Isso demonstra que, entre abril e setembro, mês anterior a outubro, as internações se mantiveram em alta em comparação aos demais meses.

Nesse intervalo, existe o aumento das queimadas e a piora da qualidade do ar também em decorrência da redução das chuvas. As internações que reduziram ligeiramente de junho para julho, volta a subir no mês de agosto, o que coincide com o pico de queimadas e acúmulo de material particulado na atmosfera, o que pode indicar relação de causa-efeito.

Em seu estudo, Machin & Nascimento (2018) também notaram maior risco de internação por doenças respiratórias em períodos de seca em Cuiabá/MT, onde houve aumento das internações e da concentração de $PM_{2.5}$ e consequente maior exposição ao poluente nesses períodos. Ignotti et. al. (2010) concluiu em seu estudo que houve associação entre a exposição à fumaça gerada pelas queimadas na Amazônia e o aumento de hospitalizações, principalmente de idosos e crianças, utilizando as concentrações de $PM_{2.5}$ como indicador de poluição atmosférica.

Carmo et. al. (2010) evidencia que a exposição ao material particulado fino presente na fumaça das queimadas está associada ao aumento de atendimentos por doenças respiratórias no município de Alta Floresta/MT, e que, apesar de ser um aumento ser pequeno, a exposição ao $PM_{2.5}$ gera um impacto substancial se for considerado a quantidade de pessoas sob exposição.

A Resolução CONAMA nº 491 adotou como referência os valores guia de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005. À época, o padrão final era o valor de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mas a nova atualização do guia da OMS em 2021 trouxe o novo valor de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como objetivo final para este poluente. Para o período estudado, o valor médio observado no mês de agosto de $121,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ chegou próximo ao limite mínimo de atenção de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definido pelo CONAMA, e ultrapassou o limite de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no valor médio diário máximo para os meses de julho, agosto e setembro, com $121,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $288,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $116,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

Ali et. al. (2019) afirma que o material particulado tem composição química e características físicas variadas que apresentam risco à saúde humana, que dependem principalmente da concentração e tamanho, respectivamente, e, associado aos Elementos Potencialmente Tóxicos (PTE), pode penetrar profundamente no trato respiratório e causar efeitos adversos na saúde.

O tamanho do material particulado é um fator importante na sua influência sobre a saúde humana: as

partículas inaláveis, especialmente $PM_{2.5}$, tem potencial para serem depositadas nos alvéolos pulmonares, e uma exposição prolongada pode desencadear doenças crônicas, como câncer pulmonar e problemas cardiovasculares (Bovo & Wisniewski, 2009). A composição química é outra característica determinante da possível influência sobre a saúde, pois a presença de metais como Vanádio (V), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) pode indicar efeitos toxicológicos aos indivíduos expostos (Bovo & Wisniewski, 2009).

Apesar dos indícios, não se pode afirmar totalmente que apenas os focos de queimadas que ocorreram em Porto Velho/RO foram as fontes de material particulado acumulado, uma vez que não foi feita análise da composição dessa fumaça para que se soubesse a sua origem. Segundo Arbex et. al. (2004), os poluentes emitidos nas queimadas não atuam apenas localmente, mas são também capazes de afetar regiões distantes da sua origem, transportados por fenômenos meteorológicos, o que aumenta o impacto gerado sobre os indivíduos expostos, o que indicaria que a fumaça acumulada no local de estudo pode ter sua origem também em outro local.

Essa impossibilidade de estabelecimento de relação direta é corroborada pelo estudo realizado por Rodrigues, Ignotti e Hacon (2013), onde observaram que as áreas de maior ocorrência de focos queimadas diferem das de maior ocorrência de internações, concluindo-se que a exposição aos poluentes gerados pelas queimadas não coincidiu com o seu local de origem, o que indica a possibilidade de adoção dos focos de incêndio apenas como indicador indireto de exposição à fumaça.

Em seu estudo de revisão, Ribeiro e Assunção (2002) concluíram que já existe base científica para afirmar que a poluição do ar afeta negativamente a saúde humana, mas no que diz respeito aos poluentes emitidos nas queimadas, com é o caso do material particulado, os impactos ainda não foram bem avaliados, mas é sabido que afetam uma quantidade significativa de pessoas, principalmente em locais com intensa atividade agrícola.

A importância desse conhecimento se mostra na possibilidade de definição políticas de controle e de padrões de qualidade do ar focando especificamente nas queimadas, uma vez que o atual monitoramento e padrões de qualidade são inadequados para avaliar a poluição gerada pelas queimadas, além de não levarem em consideração a exposição a concentrações elevadas a curto prazo (Ribeiro & Assunção, 2002).

As informações obtidas e sua análise possuem limitações, como a utilização de um único poluente como indicador. Outra limitação se mostra na obtenção de dados referentes às internações, que, apesar de provenientes de uma fonte oficial, não tem asseguração de diagnóstico correto, onde casos ligados ao $PM_{2.5}$ podem não ter sido registrados por não ter sido necessária internação, tanto como os casos registrados de internação não possuem causa definida ligada ao $PM_{2.5}$.

Ainda assim, é sabido que a poluição do ar tem impactos na saúde, sendo incerto o grau em que se afeta o organismo e o tempo de exposição, logo, pode-se observar uma associação entre o fenômeno da piora da qualidade do ar e o aumento das internações por doenças respiratórias.

Torna-se inviável o estabelecimento de relação direta de causalidade entre ambos os acontecimentos, pois isso demandaria a análise de diversas outras variáveis, como condições meteorológicas, histórico hospitalar das pessoas internadas, o levantamento de afetados pela exposição aos poluentes que não precisaram de internação, dentre outros.

5. Conclusão

O presente trabalho evidenciou a relação entre a redução das chuvas com o aumento da ocorrência de queimadas, principalmente entre os meses de julho e setembro, além de ter demonstrado a consequente elevação das concentrações de material particulado fino em suspensão no ar de Porto Velho/RO.

Indicou ainda a associação entre a piora da qualidade do ar com o aumento de internações por doenças respiratórias, mas não se pôde estabelecer relação de causalidade, uma vez que para isso seria necessário estudo mais aprofundado.

É notório que os estudos relacionados à poluição do ar e seus impactos na saúde ainda são pouco conclusivos, o que indica a necessidade de maior investigação por futuros estudos, envolvendo as diferentes áreas do conhecimento. A identificação da composição da fumaça que se acumula sazonalmente na cidade serviria como guia para prevenção e tratamento de doenças correlacionadas aos elementos potencialmente tóxicos presentes nela.

Além disso, essa identificação serviria como direcionador para identificação da sua fonte geradora. Uma vez sendo possível identificar a fonte, seria possível traçar um plano de ação para a eliminação ou mitigação desse lançamento de poluentes na atmosfera, o que é impossível sem um estudo mais detalhado e multidisciplinar. Todos esses conhecimentos relacionados ao tema podem servir como base para tomada de decisões pelo poder público no sentido de estabelecer limites visando melhora na saúde pública e qualidade de vida, associado ao investimento em práticas mais sustentáveis e menos poluidoras que as usadas atualmente.

6. Referências

Ali, M. U.; Liu, G.; Yousaf, B.; Ullah, H.; Abbas, Q.; & Munir, M. A. M. (2019). A systematic review on global pollution status of particulate matter-associated potential toxic elements and health perspectives in urban environment. **Environ Geochem Health**, 41, 1131–1162.

Arana, A. A. (2009). **A composição elementar do aerossol atmosférico em Manaus e Balbina**. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

Arbex, M. A.; Cançado, J. E. D.; Pereira, L. A. A.; Braga, A. L. F.; & Saldiva, P. H. N. (2004). Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, 30 (2), 158-175.

Bovo, F.; & Wisniewski, P. (2009). Efeitos de material particulado sobre mecanismos imunológicos. **Biosaúde**, 11 (2), 93-100.

Carmo, C. N.; Hacon, S.; Longo, K. M.; Freitas, S.; Ignotti, E.; Leon, A. P.; & Artaxo, P. (2010). Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Revista Panamericana de Salud Pública**, 27 (1), 10-16.

Castro, H. A.; Gonçalves, K. S.; & Hacon, S. S. (2009). Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no Estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. **Ciênc. saúde coletiva**, 14 (6), 2083-2090.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, 21 de nov. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603>. Acessado em outubro/2021. 2018.

Dias, V. R. M.; Sanches, L.; Alves, M. C.; & Nogueira, J. S. (2012). Spatio-temporal variability of anions in wet precipitation of Cuiabá, Brazil. **Atmospheric Research**, 107, 9-19.

Fisch, G.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. (1998). Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amaz.**, 28 (2), 101-126.

IBGE (2021). **Área da unidade territorial: Área territorial brasileira 2020**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/porto-velho/panorama>>. Acesso em: 28/09/2021.

IBGE (1978). **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf>. Acesso em: 29/09/2021.

Ignotti, E.; Valente, J. G.; Longo, K. M.; Freitas, S. R.; Hacon, S. S.; & Netto, P. A. (2010). Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. **Revista de Saúde Pública**, 44 (1), 121-130.

INPE (2021). **BDQueimadas**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#graficos>>. Acesso em: 29/09/2021.

INPE (2021). **Monitoramento dos Focos Ativos por Estado**. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/>. Acesso em: 29/08/2021.

Machin, A. B.; & Nascimento, L. F. C. (2018). Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, 34 (3), e00006617.

Prefeitura Municipal de Porto Velho (2018). **A cidade**. Porto Velho. Disponível em: <<https://www.portovelho.ro.gov.br/artigo/17800/a-cidade>>. Acesso em: 28/09/2021.

Radojevic, M.; Hassan, H. (1999). Air quality in Brunei Darussalam during the 1998 haze episode. **Atmospheric Environment**, 33 (22), 3651-3658.

Rego, A. K. C.; & Kato, O. R. (2017). Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, 20 (3), 203-224.

Ribeiro, H.; & Assunção, J. V. (2002). Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**, 16 (44), 125-148.

Rodrigues, P. C. O.; Ignotti, E.; & Hacon, S. S. (2013). Distribuição espaço-temporal das queimadas e internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos de idade em Rondônia, 2001 a 2010. **Epidemiol. Serv. Saúde**, 22 (3), 455-464.

Santos, E.; Tadeucci, M. S. R.; Oliveira, E. A. A. Q. (2010). Desenvolvimento Regional: Um Estudo Sobre a Economia do Estado de Rondônia. **XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**, São José dos Campos, SP, Brasil, 6.

Santos, J. I. O (2021). **Acervo Fotográfico**.

SEDAM. **Portaria nº 229, de 27 de julho de 2017**. Estabelece as situações em que pode ser concedida autorização para o uso de fogo em vegetação e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Rondônia, 02 de ago. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/Portaria-229-SEDAM->

Uso-do-Fogo.pdf>. Acessado em agosto/2021. 2017.

SEPOG (2019). **Agropecuária representa a maior fatia do Produto Interno Bruto de Rondônia**. Porto Velho. Disponível em: <<http://www.rondonia.ro.gov.br/secretaria-de-planejamento-divulga-pib-de-rondoniaem-2017/>>. Acesso em: 29/08/2021.

SISAM, INPE (2021). **Download de Dados**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/sisam/v2/dados/download/>>. Acesso em: 30/09/2021.

SISAM, INPE (2021). **Ficha técnica Material Particulado d < 2.5 µm (PM2.5) Próximo da Superfície**. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/sisam/v2/static/site/files/ficha_tecnica_concentracao_pm25.pdf>. Acesso em: 29/09/2021.

SISAM, INPE (2021). **Ficha técnica Precipitação Acumulada**. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/sisam/v2/static/site/files/ficha_tecnica_precipitacao_acumulada.pdf>. Acesso em: 29/09/2021.

Souza, R. C. (2016). **Diagnóstico Ambiental da Qualidade do Ar na Área Urbana de Porto Velho Utilizando Amostradores Passivos de NO₂ e Escala de Ringelmann**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, RO, Brasil.

TABNET, DATASUS (2021). **Morbidade Hospitalar do SUS - Por Local de Residência - Rondônia**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/nrro.def>>. Acesso em: 29/09/2021.

Torres, F. T. P.; & Machado, P. J. O. (2011). **Introdução à Climatologia**. São Paulo: Cengage Learning Brasil.

Vohra, K.; Vodonos, A.; Schwartz, J.; Marais, E. A.; Sulprizio, M. P.; Mickley, L. J. (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by 2 fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. **Environmental Research**, 195, 110754.

WHO, World Health Organization (2021). **WHO air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. Geneva. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>>. Acesso em: 30/09/2021.