

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
BACHARELADO EM GEOGRAFIA**

ANDRÉ MIGUEL ALVES DE LIMA

**ANÁLISE TEMPORAL DAS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS NA
CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NO
MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO**

PORTO VELHO – RO

2023

ANDRÉ MIGUEL ALVES DE LIMA

**ANÁLISE TEMPORAL DAS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS NA
CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NO
MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO**

Trabalho de Conclusão do curso de Geografia,
Departamento de Geografia, da Universidade
Federal de Rondônia, apresentado como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo

PORTO VELHO – RO

2023

Catálogo da Publicação na Fonte
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

L732a Lima, Andre Miguel Alves de.
Análise temporal das condições atmosféricas na concentração de material particulado no município de Porto Velho/RO / Andre Miguel Alves de Lima. - Porto Velho, 2023.

76 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo.

Monografia (Graduação). Departamento de Geografia. Núcleo de Ciências Exatas e da Terra. Fundação Universidade Federal de Rondônia.

1. Qualidade do ar. 2. Poluição atmosférica. 3. Análise rítmica. I. Gobo, João Paulo Assis. II. Título.

Biblioteca Central

CDU 502.3



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE GEOGRAFIA - PORTO VELHO

ATA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 16 dias do maio de 2023, às 09:30h, ocorreu no Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental - LABOGEOPA a defesa da monografia intitulada "**ANÁLISE TEMPORAL DAS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS NA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO**", do discente **André Miguel Alves de Lima** do Curso de Bacharelado do DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE GEOGRAFIA sob orientação da Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo.

Procedida a apresentação do Trabalho pelo discente e após a apuração das notas atribuídas pelos componentes da Banca de Avaliação, o discente foi considerado APROVADO, com nota 10,0 (dez) pontos, devendo o mesmo atender as observações da Banca e proceder as devidas alterações na versão final do trabalho monográfico, tendo o prazo de até 30 (trinta) dias, a partir desta data, para proceder a entrega de 02 (dois) exemplares da monografia impressos em capa dura e mais cópia gravada em CD. Para tanto, assinam a presente:

Membros da Banca

Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo - Orientador/Presidente - UNIR

Prof. Dr. Paulo Henrique Pereira Pinto - Membro/Interno - UNIR

Prof. Dr. Reginaldo Martins da Silva Souza - Membro/Externo - IFRO



Documento assinado eletronicamente por **JOAO PAULO ASSIS GOBO, Docente**, em 16/05/2023, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **PAULO HENRIQUE PEREIRA PINTO, Docente**, em 16/05/2023, às 12:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo Martins da Silva de Souza, Usuário Externo**, em 16/05/2023, às 12:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1345000** e o código CRC **317CC433**.

Dedico este trabalho, em primeiro lugar, a Deus, por me manter de pé diante dos desafios. Dedico também a minha mãe, Andréia Alves dos Santos, que foi e é essencial na minha existência. Aos amigos e familiares que me ajudaram e ao Professor Dr. João Paulo Assis Globo que me ensinou durante toda a trajetória acadêmica.

APRESENTAÇÃO/TRAJETÓRIA DE PESQUISA

A minha trajetória acadêmica começa no ano de 2017, quando entrei no curso de Geografia na Universidade Federal de Rondônia, após inscrição no processo seletivo da UNIR. Escolhi este curso, pois em toda a minha vida estudantil participei e me envolvi em temáticas relacionadas à geografia através do Projeto COM-VIDA (Comissão de Meio Ambiente Qualidade de Vida) que existia na Escola Murilo Braga na qual estudei desde a quinta série do ensino fundamental.

Em 2021 comecei minha caminhada na pesquisa acadêmica, quando entrei no grupo de pesquisa em Bioclimatologia e Mudança Climáticas na Amazônia (BIOCLAM). A partir deste momento comecei a me aprofundar nas temáticas do clima.

Meu interesse pela temática da poluição atmosférica surge quando o Professor João Paulo apresentou a possibilidade de participar de um Projeto de Extensão Universitária (PIBEC) que trabalhava com esta temática, oportunidade que aceitei e que se revelou enriquecedora, a partir deste projeto comecei a me aprofundar e estudar a bioclimatologia.

Por fim, apresentei em seminário o resultado do Projeto de PIBEC “Monitoramento da Qualidade do Ar em Residências Urbanas e Rurais: Um Levantamento Realizado por Alunos da Rede Pública de Ensino de Porto Velho/RO”, que gerou um artigo que foi aceito na Revista de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço por fazer parte durante estes anos de graduação como aluno da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), que me proporcionou conhecimento de qualidade.

Agradeço aos meus familiares que me apoiaram ao longo dessa jornada, em especial a minha mãe, Andreia Alves dos Santos que sempre esteve ao meu lado. Aos meus avós Ozanira Alves Pinto (*in memoriam*), Taumartugo Regio dos Santos (*in memoriam*) e Maria José de Lima que foram/são meus grandes exemplos de vida.

Agradeço também aos professores: Graziela Tosini Tejas, Reginaldo Martins da Silva de Souza, e todos os professores que me instruíram, transpassando seu conhecimento. Ao meu orientador João Paulo Assis Gobo, por ao decorrer desta graduação dedicar seu tempo para me orientar e ensinar, seu conhecimento foi fundamental para a minha construção acadêmica, profissional e pessoal.

Enfim, agradeço a todos meus amigos, colegas e pessoas que de alguma forma contribuíram e participaram da minha trajetória de vida, ao grupo de pesquisa BIOCLAM, por me iniciar na trajetória de pesquisa científica na geografia.

“Acreditamos que os geógrafos brasileiros devem à Geografia Universal uma contribuição que, partindo de princípios universais, devem ser expressar em termos de investigação calcada na vivência de uma realidade bastante original e com técnicas adequadas”. CARLOS AUGUSTO DE FIGUEIREDO MONTEIRO

RESUMO

As constantes formas de degradação da floresta amazônica e a utilização de meios como as queimadas de extensas áreas florestadas têm influenciado nos índices de qualidade do ar, visto que na queima da biomassa são emitidos poluentes que degradam a atmosfera. O presente trabalho teve como objetivo estabelecer uma análise das características climáticas através da aplicação da análise rítmica proposta por Monteiro (1971) e a influência climática na concentração de material particulado presente nas áreas externas e internas de residências de alunos de duas escolas públicas no município de Porto Velho, Rondônia, uma localizada na área urbana e a segunda na zona rural do município, representando espacialmente distintas áreas de uso e ocupação do solo. Para alcançar tal objetivo foi realizada a análise de dados históricos da Estação Meteorológica da Usina de Santo Antônio, a utilização de filtros de amostragem passiva nas residências dos alunos em dois períodos de coleta, análise gravimétrica em laboratório e análise estatística dos filtros coletados e posteriormente aplicação da análise rítmica para o período de coleta. Os resultados evidenciaram que o período denominado “seco” correspondente aos meses de setembro, outubro e novembro de 2021 apresentaram os maiores valores de concentração de material particulado, visto que foi um período caracterizado pela atuação da Massa de Ar Equatorial Continental (mEc) ocasionando estabilidade atmosférica e temperaturas elevadas, havendo diminuição de concentração do poluente no mês de novembro que foi marcado pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), por fim o período denominado “úmido” que refere-se ao mês de maio de 2022 obteve os menores valores de concentração de material particulado em comparação ao período “seco”, posto que foi um mês caracterizado pelo intensa dinâmica atmosférica com atuação de Sistemas Frontais (S.F), da Massa Polar Atlântica (mPa) e da Massa Tropical Atlântica (mTa).

Palavras-Chave: Qualidade do Ar; Poluição Atmosférica; Análise Rítmica.

ABSTRACT

The constant forms of degradation of the Amazon forest and the use of means such as the burning of extensive forested areas have influenced the air quality indices, since in the burning of biomass pollutants are emitted that degrade the atmosphere. The present work aimed to establish an analysis of the climatic characteristics through the application of the rhythmic analysis proposed by Monteiro (1971) and the climatic influence in the concentration of particulate matter present in the external and internal areas of residences of students of two public schools in the municipality of Porto Velho, Rondônia, one located in the urban area and the second in the rural area of the municipality, representing spatially different areas of land use and occupation. To achieve this objective, historical data analysis of the Meteorological Station of Usina de Santo Antônio was carried out, the use of passive sampling filters in the students' residences in two collection periods, gravimetric analysis in the laboratory and statistical analysis of the collected filters and later application of the rhythmic analysis for the collection period. The results showed that the so-called "dry" period corresponding to the months of September, October and November 2021 had the highest values of concentration of particulate matter, since it was a period characterized by the action of the Continental Equatorial Air Mass (mEc) causing stability atmosphere and high temperatures, with a decrease in the concentration of the pollutant in the month of November, which was marked by the action of the South Atlantic Convergence Zone (SACZ), finally the so-called "humid" period that refers to the month of May 2022 obtained the lowest values of particulate matter concentration compared to the "dry" period, since it was a month characterized by intense atmospheric dynamics with the influence of Frontal Systems (SF), the Atlantic Polar Mass (mPa) and the Atlantic Tropical Mass (mTa).

KEYWORDS Air Quality; Air Pollution; Rhythmic Analysis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	49
Tabela 2.....	51
Tabela 3.....	57
Tabela 4.....	57
Tabela 5.....	59

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.....	28
Figura 2.....	30
Figura 3.....	33
Figura 4.....	37
Figura 5.....	40
Figura 6.....	44
Figura 7.....	45
Figura 8.....	46
Figura 9.....	47
Figura 10.....	48
Figura 11.....	50
Figura 12.....	53
Figura 13.....	54
Figura 14.....	55
Figura 15.....	56
Figura 16.....	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AB	Alta da Bolívia
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
BIOCLAM	Grupo de Pesquisa em Bioclimatologia e Mudanças Climáticas na Amazônia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COREH	Coordenadoria de Recursos Hídricos
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DSA	Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais
E.E.E.F.M	Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JBN	Jatos de Baixos Níveis
MEC	Massa Equatorial Continental
MP	Material Particulado
MPA	Massa Polar Atlântica
MPTS	Material Particulado Total em Suspensão

MTA	Massa Tropical Atlântica
MTC	Massa Tropical Continental
OMS	Organização Mundial da Saúde
PICS	Projetos Integrados de Colonização
PTS	Partículas Totais em Suspensão
PVH	Porto Velho/RO
SEDAM	Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental
SF	Sistema Frontal
SMAS	Sistemas de Monções da América do Sul
UB	União Bandeirantes-Porto Velho/RO
VCANS	Vórtice Ciclônico em Altos Níveis
WHO	World Health Organization
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA	17
3	OBJETIVO GERAL	19
3.1	Objetivos Específicos	19
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
4.1	Poluição Atmosférica	20
4.2	Material Particulado (MP)	22
4.3	Monitoramento da Qualidade do Ar	23
4.4	Efeitos dos Poluentes na Saúde Humana	25
4.5	Sistemas Atmosféricos na Amazônia Meridional	26
4.5.1	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	27
4.5.2	Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	28
4.5.3	Alta da Bolívia (AB).....	29
4.5.4	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCANs)	30
4.5.5	Jatos de Baixos Níveis (JBN).....	31
4.5.6	Massa de Ar Equatorial Continental (mEc)	31
4.5.7	Massa de Ar Tropical Atlântica (mTa).....	32
4.5.8	Massa Polar Atlântica (mPa).....	32
4.6	Análise Rítmica	33
4.7	Uso e Ocupação do solo no sul da Amazônia	35
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
6	METODOLOGIA	38
6.1	Coleta e Amostragem do Material Particulado (MP)	38
6.2	Aplicação da Análise Rítmica	41
7	RESULTADOS	43
8	DISCUSSÃO	60

9	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Com aproximadamente sete milhões de areal total a floresta amazônica que é considerada a maior floresta tropical úmida do planeta, rica em biodiversidade de flora e fauna, sendo também um importante regulador climático, vem sofrendo nas últimas décadas um modelo de ocupação baseado no desmatamento, provocando desequilíbrio ambiental, social e climático (CORREIA et al., 2007; FEARNSIDE, 2005).

A prática de queimadas de áreas na Amazônia está inserida no contexto atual de grilagem de terras, da retirada ilegal de madeira e da expansão da agropecuária extensiva, esses fatores influenciam na intensificação do uso desta prática para a conversão da floresta em pastos, beneficiando outros modelos de uso e ocupação do solo na região (MORISSETTE et al., 2005; LEMOS, 2010).

O modelo de ocupação e uso do solo incentiva a prática de queimadas para limpeza e conversão de florestas em pastagens, é no período de menor pluviosidade no sul da região correspondente ao inverno no hemisfério sul que uma densa camada proveniente da queima de biomassa cobre os estados do sul da Amazônia (IGNOTT et al., 2007).

As emissões de poluentes na atmosfera da região durante os meses de seca aliado às condições climáticas vigentes neste período afetam a qualidade do ar, tornando-o insalubre, além de afetar negativamente a saúde dos indivíduos expostos (GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012).

A poluição atmosférica advinda destas queimadas afeta diretamente a saúde das populações que residem nesta região, sendo, portanto, a aplicação do monitoramento dos níveis de qualidade do ar uma ferramenta capaz de compreender os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana e no meio ambiente. A exposição de indivíduos ao material particulado, por longos períodos, pode acarretar o risco de doenças do trato respiratório e cardiovascular (COLOMBINI, 2007).

Estudos voltados para a compreensão da relação entre o clima e a humanidade são relevantes para entender como a dinâmica climática afeta e modifica a existência humana (MENDONÇA; CASTELHANO, 2016). Logo, para estudos de monitoramento

de poluentes na atmosfera, a World Health Organization (2006), menciona como fator relevante as condições meteorológicas de umidade do ar, direção e intensidade dos ventos e as condições de temperatura, esses fatores em conjunto podem influenciar na dispersão ou concentração de poluentes no ar.

A precipitação é outra variável importante para a concentração de poluentes como o material particulado. O regime de precipitação pode influenciar na dispersão e deposição de poluentes na superfície, enquanto a ausência de precipitação contribui para a concentração (GUERRA; MIRANDA, 2011; WALDHEIM, ARAUJO; CARVALHO, 2006).

Neste sentido, nota-se a importância de estudos que monitoram os índices de qualidade do ar, a identificação das fontes de emissão de poluentes atmosféricos na região amazônica e as consequências na saúde para as populações inseridas na Amazônia (MASCARENHAS, 2008).

Portanto, este trabalho teve como objetivo monitorar a qualidade do ar e a concentração de material particulado no município de Porto Velho/RO por meio de filtros de coleta e compreender a relação entre os sistemas atmosféricos e a poluição.

2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA

A relação entre a humanidade e o meio ambiente é mencionada ao longo de toda história humana, em especial os temas relacionados à água e a atmosfera, pois as dinâmicas ligadas a estas temáticas afetam diretamente o bem-estar das sociedades (GOBO; GALVANI; WOLLMAN, 2018).

No meio acadêmico brasileiro, os estudos relacionados à poluição atmosférica geralmente são focados nas emissões industriais e de transportes, poluição esta predominante dos grandes centros urbanos (CHIQUETTO et al., 2018; CARNESECA; ACHCAR; MARTINEZ, 2012).

A dinâmica da poluição do ar na Amazônia se distingue do padrão observado em grandes cidades que provém das indústrias e transportes, visto que a emissão de poluentes se concentra no período de estiagem, a principal fonte é a queima de biomassa por meio das queimadas (SHRIVASTAVA et al., 2019; ALVES et al., 2011).

O modelo de uso e ocupação do solo na região amazônica implementado durante as décadas finais do século XX, causou enorme pressão sobre a floresta amazônica, gerando desmatamento e degradação da floresta (ARTAXO et al., 2002). Uma das técnicas utilizadas para a derrubada da floresta e abertura de novas áreas é o uso do fogo, denominado de queimadas, geralmente usada nos meses de estiagem (junho, julho, agosto) no sul da região amazônica (CLAEYS et al., 2010).

De acordo com Sisenando et al. (2011) essas queimadas se alastram dos pastos para as áreas de florestas, destruindo a massa florestal e causando inúmeras problemáticas ambientais, entre essas problemáticas a emissão de poluentes e de particulados para a atmosfera é uma das mais relevantes, pois neste período a região é coberta por uma nuvem de fumaça, afetando o meio ambiente, a paisagem e saúde das populações.

Gases e partículas são emitidos durante a queima da biomassa para a atmosfera. A queima da biomassa é caracterizada como o processo químico no qual compostos orgânicos reagem com oxigênio O_2 gerando produtos de sua reação como

dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e material particulado constituído pelas cinzas produzidas, sendo este último nocivo à saúde humana (SOUZA, 2008).

Segundo Fontão (2018) é de extrema relevância para a sociedade os estudos que se aprofundam nos processos climatológicos a fim de compreender a dinâmica climática atuante em escalas locais e regionais e a sua relação com eventos relacionados à atmosfera.

O monitoramento dos poluentes na atmosfera e o estudo dos padrões e condições atmosféricas é crucial para compreender a origem dos poluentes e a concentração destes na atmosfera, analisando o papel da dinâmica climática, visto que é no período de estiagem que há uma intensificação das queimadas na região (ARAGÃO et al., 2018). A presença destes poluentes na atmosfera ocasiona na degradação nos níveis de pureza do ar, como consequência os índices de qualidade do ar se tornam críticos afetando a negativamente a saúde das populações expostas.

3 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é compreender as influências dos sistemas atmosféricos, a variação dos elementos climáticos no comportamento da dispersão e concentração de poluentes, especificamente as partículas totais em suspensão (PTS).

3.1 Objetivos Específicos

- ✓ Monitorar a concentração de Material Particulado Total em Suspensão (MPTS) nas residências de alunos de escolas públicas em duas localidades do município de Porto Velho/RO.
- ✓ Analisar a dinâmica atmosférica durante os períodos de monitoramento que compreende os meses de setembro, outubro e novembro de 2021 e maio de 2022.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica se subdivide em seis partes. O primeiro tópico aborda a dinâmica da poluição atmosférica. O segundo, terceiro e quarto tópico apresentam aspectos relativos ao material particulado, suas consequências para a saúde humana e os mecanismos de monitoramento da qualidade do ar. O quinto tópico refere-se aos sistemas atmosféricos que atuam ao longo do ano na Amazônia. O sexto tópico apresenta aspectos relativos à análise rítmica criada por Monteiro (1971), sendo o sétimo e último tópico o processo de uso e ocupação do solo no sul da Amazônia.

4.1 Poluição Atmosférica

Com a capacidade de criar ferramentas, o ser humano ao longo dos tempos desenvolveu maquinários capazes de realizar a queima de combustíveis fósseis, emitindo poluentes e deteriorando a qualidade do ar no processo. A interferência humana na deterioração da qualidade do ar, surge nos primórdios da humanidade com a descoberta do fogo, desde então o ser humano vem continuamente modificando e interferindo na composição química da atmosfera que o cerca (BRAGA et al., 2001).

Em suas pesquisas, Kawano (2003) descreve a poluição atmosférica sendo o conjunto complexo de poluentes que permanece no ar, produzidos por meio das atividades antropogênicas, que cause danos ambientais, sociais, e a saúde, sendo uma das problemáticas socioambientais que ganharam relevância a partir do século XX na comunidade científica.

De acordo com Singh e Chauhan (2022), o aumento populacional na Índia aliado ao progresso econômico, acarretou o aumento da demanda de bens industriais e da agricultura, segmentos estes que no decorrer de seus processos utilizam a queima de combustíveis, assim ocasionando na crescente emissão de poluentes na atmosfera comprometendo a pureza do ar.

Os pesquisadores, Ding et al. (2013) e Li et al. (2017) em suas pesquisas realizadas sobre a poluição atmosférica na China, evidenciou através de suas

investigações a respeito da concentração de cargas pesadas de poluentes na atmosfera diariamente e a sua influência em modificar a dinâmica climática local, além da deterioração dos níveis de qualidade do ar, também afeta a temperatura do ar, altera a precipitação e a intensidade da radiação.

Na China a quantidade de material particulado presente na atmosfera se tornou uma relevante problemática não somente ambiental como na saúde dos chineses que convivem diariamente com episódios de deterioração da qualidade do ar (LIU et al., 2017)

Os poluentes presentes na baixa estratosfera são descritos como poluentes clássicos, ou seja, presente frequentemente na atmosfera devido às atividades antropogênicas são eles: dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOX), material particulado (MP) e os poluentes específicos que são os compostos orgânicos voláteis (COVs) (CASTRO; ARAUJO; SILVA, 2013).

Na região amazônica a poluição do ar advém principalmente da prática de atear fogo para limpeza e preparo das pastagens e da queima da floresta para abertura de novas áreas para a agropecuária, se dispersando pela região por meio das correntes de ar (SILVA; LIMA, 2006).

Devido às atividades ilegais de desmatamento e conseqüentemente queimadas nas pastagens e florestas durante o período de estiagem na região, a composição química da atmosfera sofre alteração em razão da intensa emissão de poluentes provenientes da queima da biomassa (ARTAXO et al., 2005).

O padrão de poluição atmosférica observado na região amazônica tem características distintas das observados em outras regiões do Brasil, sendo que a principal fonte de emissão de poluentes advém das queimadas que assolam a região no período de estiagem, afetando e degradando a qualidade do ar. A incidência do aumento de queimadas nesse período do ano surge de um conjunto de fatores climáticos como a diminuição da precipitação e a baixa umidade que são características do clico da estiagem e fatores antropológicos como o desmatamento e a conversão de florestas em novas áreas para pastagem e agricultura (IGNOTTI et al., 2007; CARMO et. al., 2010).

A poluição do ar na Amazônia ocorre durante os períodos de estiagem que afligem a região, época que propicia as queimadas, causando uma longa cobertura de fumaça que provém da queima da biomassa devido aos padrões circulatórios na atmosfera da região (SILVA et al., 2013).

Durante a emissão de poluentes pelas queimadas o material particulado entra em circulação na atmosfera, sendo ele composto é caracterizado por matéria sólida ou líquida suspensa na atmosfera e com capacidade de se espalhar por grandes áreas pois é resistente a dispersão, causando impactos ambientais e sociais nas populações afligidas (BRAGA et al., 2001; CARMO et al., 2010). No que diz respeito a poluição do ar em ambientes internos a ínfima circulação do ar acarreta um aumento significativo de contaminantes (BRICKUS; NETO, 1999).

As formas empregadas nas construções das residências representam também são outro fator de influência na concentração de poluentes, neste caso se relaciona com a baixa troca de circulação do ar, favorecendo o acúmulo de materiais particulados dentro destas casas. Para Pires e Carvalho (1999), um sistema de ventilação do ar inadequado propicia para que a renovação do ar do interior seja ineficaz, causando a baixa dispersão destes poluentes que adentraram no ambiente interno.

A poluição do ar afeta diretamente no bem-estar das populações afetadas, sendo que a exposição diária a poluentes resulta em doenças que prejudicam toda a população, em especial crianças e idosos que são mais vulneráveis (CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013).

4.2 Material Particulado (MP)

Material Particulado é toda a carga de partículas em estados sólido ou líquido de poluentes, poeiras e fumaças, e por consequência do seu tamanho fica em suspensão na atmosfera, pode ser originado de diversas fontes antrópicas ou naturais (BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018; SILVA, 2013).

Classificado pelo seu tamanho aerodinâmico, material particulado de diâmetro igual ou menor que 50 μm (micrômetros) é definido como partículas totais em

suspensão com efeitos negativos na saúde e no ambiente, em relação aos materiais particulados de diâmetros igual ou menor a 10 μm e menor ou igual a 2,5 μm , são definidos respectivamente como partículas inaláveis e partículas inaláveis finas, suas consequências a saúde humana se inalado afeta o trato respiratório superior e pode adentrar todo o sistema respiratório (DONALDSON et al., 2001).

Segundo Castanho (1999) a presença destes aerossóis na atmosfera pode variar entre dias e semanas, dependendo da intensidade de emissão temporalmente destes particulados, da precipitação, seu transporte pelas correntes de ar pode causar a dispersão dos poluentes para outras regiões.

4.3 Monitoramento da Qualidade do Ar

Com o estabelecimento de parques industriais baseados na queima de combustíveis fósseis a partir da revolução industrial, estudos de monitoramento e rastreamento da origem de poluentes na atmosfera começaram a ser realizados quando cidades industriais na França, Inglaterra e Estados Unidos no século XX, foram atingidas por episódios de poluição atmosférica, causando ocorrências de mortalidade associadas à degradação do ar (CANÇADO et al., 2006; BRAGA et al., 2001).

Segundo Vormittag (2021) o monitoramento da concentração da poluição na atmosfera é utilizado para mensurar o nível de má da qualidade do ar e evidenciar a composição química destes elementos, além de nortear decisões nas esferas públicas e privada a respeito do controle e mitigação da emissão de poluentes.

A crescente preocupação com a qualidade do ar no Brasil surge a partir do século XX, quando ocorrências de poluição do ar começaram a surgir nas cidades berço das indústrias, o Estado através de leis e decretos passou a estabelecer índices para a concentração de diversos poluentes entre eles o material particulado e monóxido de carbono, além de criar programas nacionais para o controle de poluentes visando a saúde da população (FRONDIZI, 2008).

Por meio da Resolução n.491 de 19/11/2018 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) fixou parâmetros primários e secundários de qualidade o ar no

território nacional, sendo que para o material particulado inalável da ordem igual ou menor de $10 \mu\text{m}$ são de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para período diário de 24 horas (CONAMA, 2018).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a emissão de poluentes como material particulado, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e outros poluentes que causam a degradação do ar, fez com que a organização reconhecesse como uma grande ameaça ambiental a saúde dos seres humanos devido às grandes concentrações destes poluentes na atmosfera por longos períodos, assim a organização instituiu diretrizes por meio do guia de qualidade do ar direcionando os estudos e avanços nesta problemática (WHO, 2021).

Em função dos impactos negativos na saúde humana e das altas concentrações de poluentes no ar das urbes industrializadas procedimentos e técnicas de monitoramento são utilizados para medir os níveis de concentração e análise laboratoriais destes poluentes, por meios de sistemas de monitoramento (SASSI e FOURATI; 2022).

Segundo Moreira, Tirabassi e Morais (2008) o estudo a coleta de dados a respeito dos níveis de poluição na atmosfera e qualidade do ar é composto por uma rede de monitoramento constituído por pontos de coleta dispostos espacialmente além de análise laboratorial para identificação dos elementos químicos e o emprego de modelos de representação da dispersão e transporte dos poluentes.

De acordo com Li et al.(2023) sistemas de monitoramento de baixo custo ou móveis de coleta são apropriados para estudos realizados em áreas espacialmente grandes devido ter maior capacidade de alcance e pouco gasto financeiro, como os sensores de baixo custo (LCS), sensores eletroquímicos (SE), plataformas móveis e veículos equipados para coleta e medição da poluição, entre outras ferramentas.

Para Kawano (2003) a análise e modelagem dos dados de concentração de poluentes por meio do monitoramento é eficiente para a identificação da quantidade e intensidade dos poluentes, a interação química poluentes-atmosfera e poluentes-receptor, além da criação de planos objetivando o controle da emissão e parâmetros para a qualidade do ar.

4.4 Efeitos dos Poluentes na Saúde Humana

O impacto da poluição do ar não acarreta apenas problemas na área ambiental, mas também afeta negativamente a saúde dos seres vivos que convivem e respiram diariamente essas grandes quantidades poluentes, principalmente nas cidades (FREITAS, 2004).

A concentração de grandes quantidades de poluentes na atmosfera por longos períodos traz consequências negativas para a saúde do ser humano afetando o sistema respiratório principalmente de crianças e idosos e causando internações relacionadas ao trato respiratório sendo que a exposição ao material particulado da ordem menor de 2,5 micrômetros está relacionada às internações hospitalares (CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013).

De acordo com Braga et al. (2001) os moradores dos centros urbanos industrializados ao redor do mundo, vêm sofrendo a bastantes décadas com a problemática da poluição do ar causada pelos parques industriais, em 1952 a cidade de Londres na Inglaterra foi afetada pela intensa poluição causada pelas indústrias e uso do carvão para aquecimento associado a uma inversão térmica, resultou em grandes números de mortos e internações devido à inalação destes poluentes presentes no ar.

Segundo Kulick et al. (2023) a exposição humana ao material particulado pode acarretar como fator relevante da deterioração da saúde a longo prazo, em suas pesquisas, relatou forte relação entre episódios cardiovasculares em mulheres após a exposição prolongada a ambientes com concentrações de material particulado na ordem de 2,5 a 10 micrômetros.

Em seus estudos Bakonyi (2004) investigou os efeitos negativos da presença de poluentes na atmosfera na saúde de crianças entre os anos de 1999 e 2000 na cidade de Curitiba estado do Paraná e ao reunir os dados de atendimentos médicos e dados da poluição atmosférica, identificou correlações entre o crescimento de atendimentos médicos no trato respiratório e o aumento de poluentes.

Na região amazônica a fonte de poluição atmosférica tem sua origem nas queimadas técnica empregada para a queima da biomassa geralmente utilizada

posteriormente ao desmatamento, gerando químicos como monóxido de carbono, a fumaça e o material particulado, que são inalados pela população da região, causando problemas respiratórios (CARMO, 2010).

4.5 Sistemas Atmosféricos na Amazônia Meridional

O estudo da dinâmica climática e a influência que exerce sobre a superfície é de vital importância para a compreensão dos efeitos dos eventos climáticos que estes exercem sobre a população humana, pois a depender da intensidade acarretam consequências sociais e econômicas às sociedades.

Em relação à dinâmica climática sul-americana, o regime de precipitação e a estação chuvosa sobre parte do Brasil, Garcia (2010), discorre a respeito da constituição do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS), que se apresenta nas baixas latitudes sul-americanas, originando-se da diferença de temperatura da superfície da plataforma continental e do oceano atlântico, gerando o regime de chuvas.

A atual constituição geológica da Amazônia teve sua gênese em uma série de fatores geológicos e climáticos, como a elevação orogênica da cadeia de montanhas andinas a oeste, e as mudanças climáticas no mioceno foram fatores importantes para o surgimento de uma das maiores bacias hidrográficas do planeta como a amazônica na era cenozoica (SACEK et al., 2023).

Segundo Tejas (2019) a floresta amazônica surge como resultado desta geodinâmica espacial no norte da América do sul, o Estado brasileiro denomina este grande domínio de florestal como Amazônia Legal, correspondendo a 60% do território nacional, sua importância advém como regulador climático e de precipitação para a porção centro leste do América do sul.

A conservação da floresta amazônica é de grande importância para o equilíbrio climático da América do Sul e do planeta em razão do seu relevante papel no ciclo hidrológico da região, através da interação da camada florestal com atmosfera na troca hídrica (HIGUCHI et al., 2009).

A dinâmica climática na região amazônica sofre influência de diversos sistemas atmosféricos que atuam na região no decorrer do ano, no ciclo anual das chuvas sistemas como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Zona de convergência intertropical (ZCIT) e os Jatos de baixos Níveis (JBN) atuam na umidade e alta carga de precipitação, já em relação a estação seca sistemas como a massa de ar equatorial (mEc), massa de ar tropical atlântica (mTa) agem para inibir formações de sistemas de precipitação, na região sul e sudeste da Amazônia nesta época sofre incursões de ondas de frios relacionadas a massa de ar polar atlântica (mPa)(TEJAS, 2019; SANTOS; LUCIO; SILVA, 2015; MU; JONES, 2022).

4.5.1 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

Dentre os sistemas que atuam no Brasil durante o verão na América do sul, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), se constitui por ser uma banda de nebulosidade com características de monção que atravessa o Brasil no sentido noroeste- sudeste causando grande precipitação ao longo do território brasileiro (VIEIRA et al., 2013).

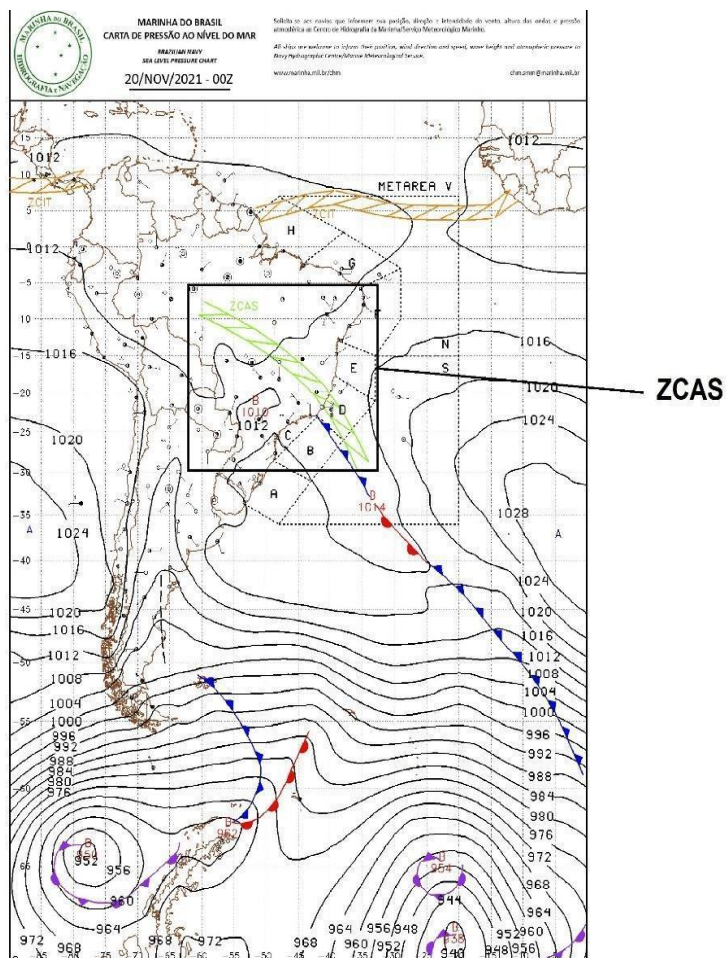
Com início estacional do verão, ventos alísios oriundos do nordeste do oceano atlântico sopram carregando umidade para o interior da Amazônia, parte considerável desta umidade é transportada para o centro sul do Brasil pelos ventos, devido a configuração geográfica da cordilheira dos Andes, aliado ao anticiclone subtropical do atlântico sul (ASAS), que neste período se configura a leste no oceano atlântico sul, levando umidade deste para o continente colaborando para o surgimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (SANTOS; REBOITA, 2018; KOUSKY, 1988)

De acordo com Bier et al. (2017) a junção do escoamento da umidade para as altas latitudes com a configuração em altos níveis nas regiões subtropicais de Jatos Subtropical (JST) são fatores relevantes para a formação de zonas de convergências.

Temporalmente a zona de convergência começa a configurar-se durante a primavera e a ocorrer com mais frequência durante todo o verão na América do sul, ocasionando eventos extremos de precipitação pelos pais (NOGUÉS-PAEGLE et al.,

2002). A Figura 1 apresenta uma carta sinótica representando um período sobre vigência da ZCAS.

Figura 1. Carta Sinótica em superfície da 00Z do dia 20/11/2021, com destaque para a Zona de Convergência do Atlântico Sul.



Fonte: Marinha do Brasil (2021).

4.5.2 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A zona de convergência intertropical (ZCIT), se forma a partir da junção dos ventos alísios na linha equatorial, entre as latitudes 5° S e 10° N, dando origem a uma faixa de nebulosidade não homogênea, devido à grande carga de umidade presente na

atmosfera retirada do oceano ocorre intensa precipitação sobre as áreas influenciadas por este sistema (MOURA; VITORINO, 2012; KODAMA, 1992).

A ZCIT- Zona de Convergência Intertropical se apresenta como um sistema atmosférico atuante na zona equatorial do planeta, região caracterizada pela convergência dos ventos alísios, a presença de um cavado, águas quentes superficiais do oceano atlântico e bandas de nebulosidades, resultado da intensa interação atmosfera oceano (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009)

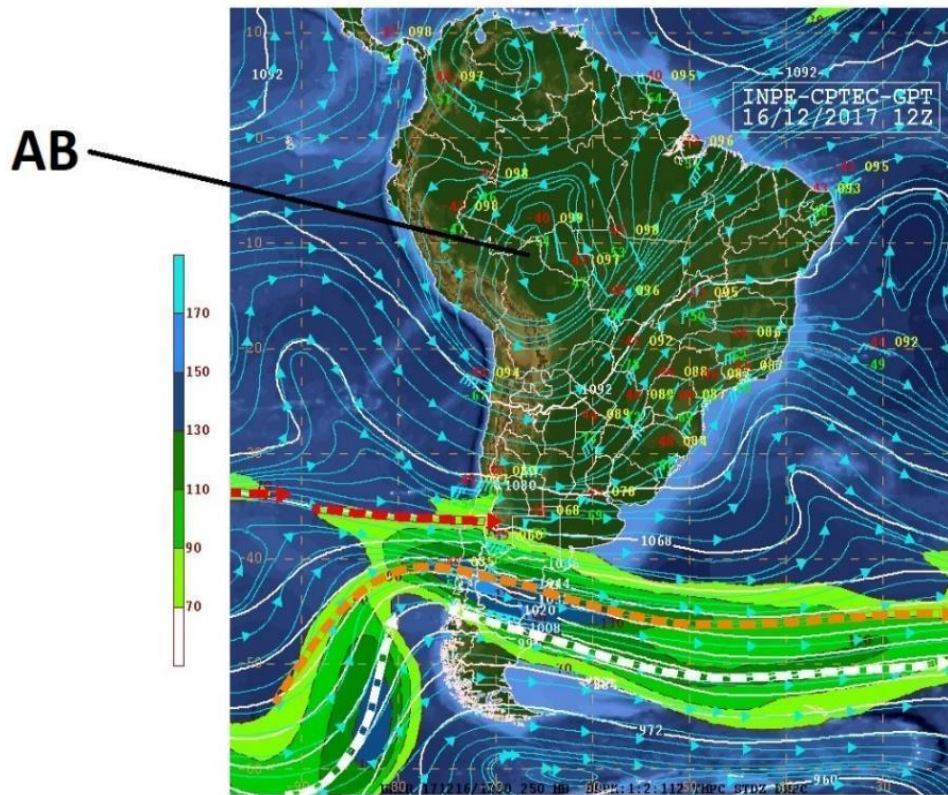
Sua intensidade e localização na faixa equatorial varia de acordo com a temperatura das águas superficiais do oceano atlântico sua posição durante o verão nas latitudes a 2°S a 4°S e durante os meses de inverno austral se situa a aproximadamente a 14° N, afetando toda a dinâmica de precipitação na América do Sul (FERREIRA; MELLO, 2005).

4.5.3 Alta da Bolívia (AB)

Durante o verão austral se configura sobre o altiplano boliviano um anticiclone em altos níveis (200 hpa) denominado Alta da Bolívia (AB), que interagindo com a convecção típica desta época na região, gerando precipitação sobre a região amazônica, sendo presente apenas na época do inverno (verão austral) amazônico (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998), conforme demonstra a Figura 2.

A dinâmica atmosférica da América do Sul sofre influência da Alta da Bolívia (AB), sendo um fenômeno exclusivo dos meses de verão no hemisfério sul, se caracteriza por ser um anticiclone nos níveis médios superiores da circulação atmosférica, atua dependendo da sua intensidade e posição na variação anual das chuvas na região, surge dos fatores de aquecimento e liberação de calor da Amazônia e consequência das ondas de Rossby a esta liberação de calor da região (LENTERS; COOK, 1997).

Figura 2. Carta Sinótica em altitude da 12Z, do dia 16/12/2017, destacando a Alta da Bolívia.



Fonte: INPE/CPTEC (2017).

4.5.4 Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCANs)

O sistema atmosférico denominado Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCANs), se caracteriza por ser um sistema de baixa pressão que se desenvolve sobre a região nordeste do Brasil, especialmente na estação do verão austral (REBOITA et al., 2017). Devido às suas características de subsidência em seu centro, as bordas do sistema se caracterizam por ter bastante nebulosidade, divergindo do seu núcleo que se apresenta seco e sem nebulosidade (FERREIRA; MELLO, 2005). Durante o verão austral a formação deste sistema contribui para o estabelecimento do Sistema de Monções da América do Sul que atua por meio da configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) afetando boa parte do território do Brasil (NIELSEN et al., 2019).

4.5.5 Jatos de Baixos Níveis (JBN)

Denominam-se Jatos de Baixos níveis (JBN) à transposição de cargas de umidade presentes na Amazônia, através de ventos que se intensificam a leste da cordilheira dos Andes para outras regiões do continente (MARENGO et al., 2004; SANTOS; CAMPOS; LIMA, 2008).

Segundo Vera et al. (2006) existe uma série de fatores para a configuração dos JBN na América do Sul, como a entrada dos ventos alísios que são desviados na Amazônia, o conjunto de circulação local devido a topografia e influência da cordilheira dos Andes e por fim o direcionamento canalizado dos ventos advindo do Atlântico Norte para a região extratropical (bacia do rio da prata na Argentina). Esse sistema é presente ao longo de todo ano, sendo intensificado durante o período de verão no hemisfério sul (MARENGO et al., 2004).

4.5.6 Massa de Ar Equatorial Continental (mEc)

Com origem na porção noroeste do Brasil, a massa equatorial continental tem propriedades quente e úmida, sua carga de umidade provém tanto da evapotranspiração da floresta amazônica quanto a umidade fornecida pelo oceano Atlântico, no decorrer do verão austral a atuação dessa massa de ar ganha espaço sobre o território brasileiro, influenciando o regime hídrico da Amazônia e parte do Brasil (FRANCA, 2009; FRANCA, 2015).

Sua maior atuação sobre o território brasileiro começa durante a primavera e se intensifica no verão, as nuvens provenientes da alta umidade e do calor se deslocam no sentido noroeste sudeste do país causando precipitação durante estes períodos, se enfraquecendo durante o inverno no hemisfério sul, restringindo a sua presença apenas na Amazônia ocidental, sua atuação volta a ganhar força e intensidade a partir da primavera (MARCUSO et al., 2011).

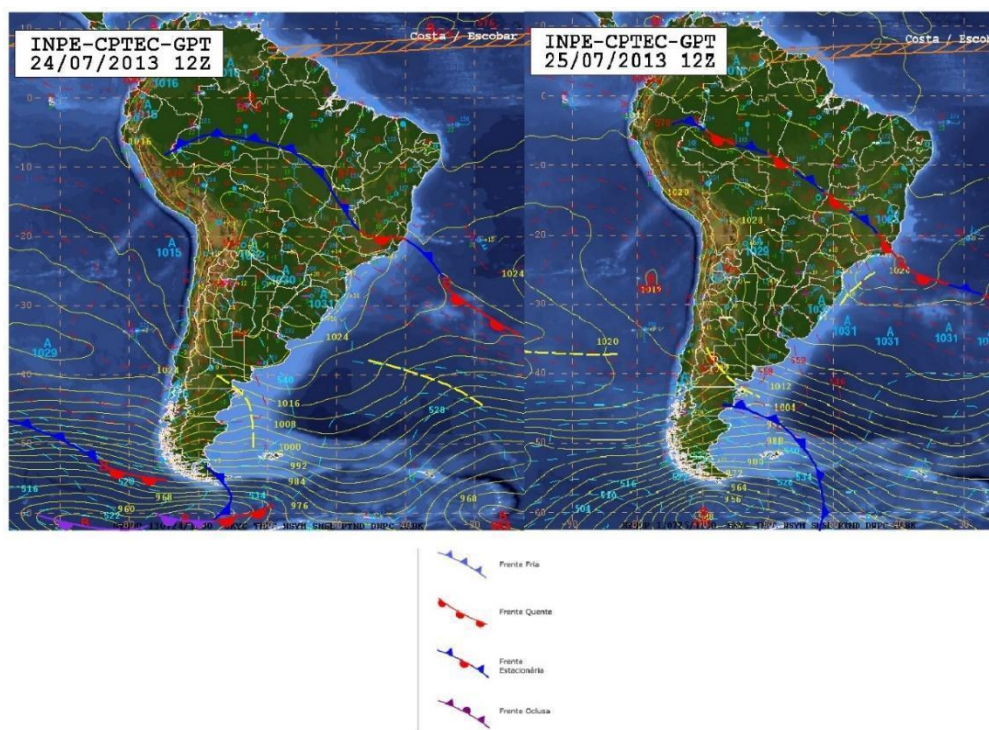
4.5.7 Massa de Ar Tropical Atlântica (mTa)

A massa de ar tropical atlântica faz parte dos sistemas que influenciam a dinâmica climática na Amazônia, afetando principalmente o regime de chuvas em parte da região, é a partir desta massa de ar que a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) adentra o continente durante o inverno, causando baixa umidade, dias com ausência de nebulosidade, altas temperaturas e baixa precipitação, gerando a estação seca na porção sul sudoeste da Amazônia, sua presença por longo período também influencia na concentração de poluentes no ar, devido a diminuição das chuvas (FRANCA,2009; BORSATO; MENDONÇA,2015; TEJAS, 2019).

4.5.8 Massa Polar Atlântica (mPa)

A principal característica da massa polar atlântica é o favorecimento da queda de temperatura e o estabelecimento da estação invernal no hemisfério sul. Se constitui pelos anticiclones polares originados na antártica que integram esse sistema atmosférico de altas latitudes, de ar frio e seco, eventuais ondas de ar frio atingem nos meses de inverno o sul da região amazônica através do corredor formado no centro da América do sul, derrubando as temperaturas e causando o fenômeno de “friagem” na região (MARENGO et al, 1997; FRANCA, 2015), como demonstra a Figura 3 a seguir:

Figura 3. Carta Sinótica de superfície da 12Z do dia 25/07/2013, destacando o avanço de uma frente fria associada à Massa Polar Atlântica.



Fonte: INPE/CPTEC (2013).

4.6 Análise Rítmica

Até o século XX o clima era visto a partir da abordagem estática, os estudos nesta área eram predominantemente descritivos e excludentes, pois não levavam em consideração as características e particularidades dos espaços, foi a partir de Max Sorre (1951) que trouxe para a academia a abordagem que visava a integração e análise conjunta dos elementos que compõe o clima, surge deste modo a análise do ritmo climático (DE MELLO et al, 2017).

Durante o século XX a escola brasileira de climatologia começou a se dinamizar, sendo que a partir da década de 1960 por meio de estudos realizados pelo professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, surge à abordagem do clima por meio da análise de seu ritmo e sucessão de tempos, seus métodos deram origem a escola denominada de climatologia geográfica brasileira (OGASHAWARA, 2012)

Metodologia gestada durante a década de 1970 pelo Professor Carlo Augusto Figueiredo Monteiro, docente da Universidade de São Paulo (USP) (CONTI, 2007). A análise rítmica se constitui por analisar o comportamento e o ritmo habitual dos sistemas atmosféricos que atuam na área de pesquisa, registrando os dados meteorológicos como a temperatura do ar, umidade relativa e a presença de precipitação diariamente (MONTEIRO, 1971).

A compreensão da sucessão do estado do tempo e da atuação dos sistemas atmosféricos, só será possível por meio da análise dos elementos climáticos, em determinada ordem cronológica, conciliando esses elementos com a atuação dos sistemas atmosféricos que se repetem sucessivamente (MONTEIRO, 1971; TEJAS, 2019).

Segundo Monteiro (1991) para a realização da análise rítmica deve-se empregar a técnica de integrar em gráfico a descrição diária da variação dos elementos climáticos no período selecionado para análise em conjunto com descrição de atuação dos sistemas atmosféricos.

Segundo Zavattini (2000) o surgimento da metodologia do ritmo climático proposto por Monteiro (1971), contribuiu enormemente para o avanço das pesquisas no âmbito climático no território brasileiro.

Diversos estudos foram desenvolvidos utilizando a análise rítmica desde o seu surgimento, destacando-se alguns trabalhos: Da Silveira (2006) que em empregou este método visando a investigação da variação diária dos elementos climáticos á superfície do município de Maringá no Estado do Paraná, além de investigar a relação entre os sistemas atmosféricos e a ocorrência de precipitação. Borsato e Mendonça (2015) que em sua pesquisa de caracterização climática da região centro-sul brasileira utilizou a metodologia proposta por Monteiro (1971) de análise da sucessão e ritmo climático.

Em sua tese de Doutorado Tejas (2019) aplicou o ritmo climático com objetivo de compreender a influencias da atuação dos sistemas atmosféricos no comportamento térmico espaço-temporal da sede urbana do município de Porto Velho no Estado de Rondônia.

4.7 Uso e Ocupação do solo no sul da Amazônia

Ao longo do século XX a dinâmica de povoamento na Amazônia se modificou ao substituir a ocupação humana as margens dos rios por assentamentos e cidades ao longo das redes de rodovias construídas para a integração da Amazônia no contexto nacional (BECKER, 2005).

Segundo Fernandes (2008) com o estabelecimento do regime militar, o discurso propagado e posto em prática através de uma série de atos e investimentos foi o da integração econômica e física com o restante do território nacional da região amazônica.

Com a interferência e ação direta governamental, a integração da região amazônica física e econômica com o restante do país, se intensifica a partir da década de 1970, através de projetos de assentamentos agrários, abertura de rodovias e redes de telecomunicações, sendo o sul da região amazônica o palco principal de implementação deste modelo de ocupação (DE MELLO, 2006).

De acordo com Côrtes e D'Antona (2016) a colonização da região se configurou por ondas migratórias de diversas regiões do país e o modelo incentivado foi o da ocupação rural tornando a floresta até então pouco explorada a nova fronteira de expansão agrícola.

Com esse modelo utilizado, o desmatamento se intensificou na região, como consequência a conversão de aproximadamente 14% da floresta original para áreas desmatadas e degradadas, essa região foi denominada de “arco do desmatamento” e compreende os estados de Rondônia, sul do Amazonas, Pará, Mato Grosso e o Acre (BECKER, 2001; ALVES, 2002).

No decorrer deste processo de integração da nova fronteira sul- noroeste da Amazônia, o desmatamento foi intensificado convertendo a cobertura florestal em pastagens, deste modo introduzindo a economia da Amazônia no sistema econômico global como produtora de commodities de grãos e carne (CASTRO, 2008)

Nesse contexto de integralizar e desenvolver Amazônia, o estado de Rondônia começava a sofrer transformações socioespaciais, sua colonização e ocupação foram

de caráter oficial, ou seja, estava incluído nos planos governamentais da época a sua ocupação, os pretextos utilizados para pôr em prática foram as disputas agrárias, onde essa região forneceria terras para solucionar estes conflitos e a disponibilidades de matérias primas a ser encaminhadas para os centros econômicos brasileiros(NASCIMENTO, 2010)

A partir da década de 1970, através do estado brasileiro foram implementados projetos de colonização no Estado de Rondônia, por meio de assentamentos rurais e construção de infraestrutura viária, estabelecendo a ocupação por meio de ondas migratórias vindo de diversas regiões do país (RABELLO, 2013).

A colonização se deu através da intervenção direta do estado brasileiro por meio da instalação de Projetos Integrados de Colonização (PICs) que foram implementados pelo INCRA durante a década de 1970, neste período o desmatamento era incentivado causando inúmeras problemáticas no meio ambiente e social nas décadas seguintes (NASCIMENTO, 2010; DOS SANTOS et al., 2015; NUNES, 1996).

O modelo de ocupação vigente no sul da região amazônica é a principal causa do desmatamento na região, modelo este baseado na substituição da floresta por meio da extração da madeira e queimadas que se alastram dos pastos para regiões de florestas (RIVERO et al., 2009).

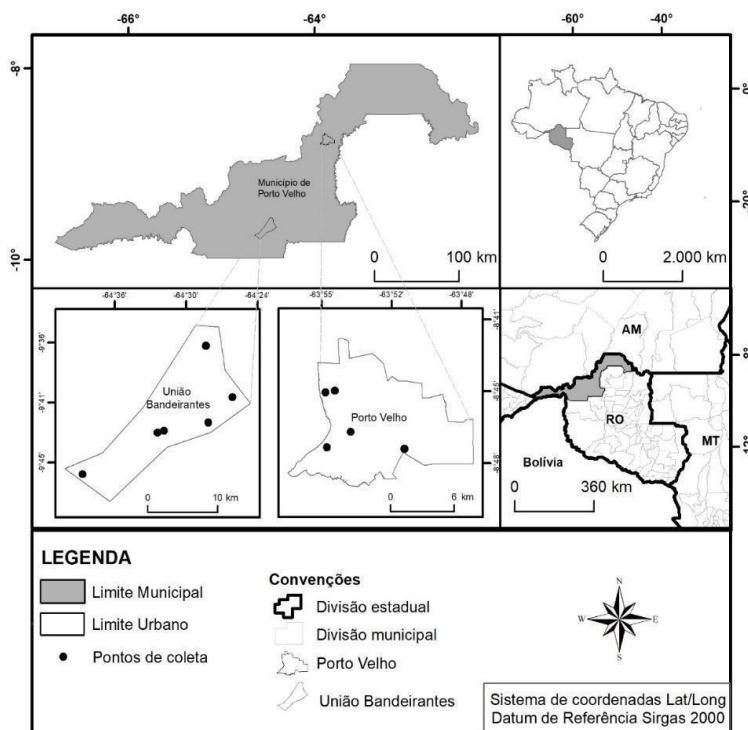
O desmatamento na região amazônica tem avanço contínuo sobre as áreas de florestas a partir do início da intervenção do estado no século XX, sendo que inúmeros são os fatores que causam essa degradação, como o incentivo de ocupação a partir da década de 1970, a criação de bovino, a extração madeireira que abre clareiras nas florestas e o avanço recente da soja, fatores que influenciam fortemente na degradação da floresta amazônica (FEARNSIDE, 2005).

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

O município de Porto Velho está localizado no estado de Rondônia, além disso, é considerado a sua capital, com uma área territorial de aproximadamente 34.091,952 km² ao norte do estado, sua população foi estimada em 2021 de 548.952 habitantes

(IBGE, 2023). Seu distrito sede localiza-se na margem direita do Rio Madeira, contando com uma área urbanizada de aproximadamente 117,34 km² (TEJAS et al., 2017), conforme a Figura 4 a seguir:

Figura 4. Mapa de localização das áreas de estudos no município de Porto Velho, com os pontos de coleta identificados.



Fonte: O Autor.

Além do distrito sede, o artigo 78º da lei nº 838, de 04 de fevereiro de 2021 que dispõe acerca do plano diretor do município de Porto Velho, classifica os seguintes povoados no território como núcleos urbanos: Abunã, Calama, Demarcação, Extrema, Rio Pardo, Nazaré, Jaci-Paraná, Nova Mutum Paraná, União Bandeirantes, Nova Califórnia, São Carlos, Fortaleza do Abunã e Vista Alegre do Abunã (PORTO VELHO, 2021).

As características climáticas se apresentam por meio de duas estações bem definidas: estação chuvosa e uma estação seca de curta duração. A estação chuvosa

se estabelece durante o verão no hemisfério sul, com alta precipitação e umidade registrando altos índices de precipitação em novembro, janeiro, fevereiro, março e abril, e a estação seca durante os meses de inverno austral, notadamente junho, julho, agosto e setembro apresentando redução na precipitação, com o restante dos meses caracterizando transição (TEJAS, 2012; BEZERRA; DANTAS; TRINDADE, 2010).

Em termos de vegetação o município de Porto Velho está inserido nos domínios do bioma amazônico, com predominância nesta região da floresta de terra firme e a presença também das seguintes vegetações: Floresta Ombrófila aberta, Floresta Ombrófila densa e fragmentos de savanas (PERIGOLO; MEDEIROS; SIMON, 2017; BEZERRA; DANTAS; TRINDADE, 2010; TEJAS; AZEVEDO; LOCATELLI, 2011).

6 METODOLOGIA

O procedimento metodológico foi dividido em duas partes. A primeira refere-se à coleta de material particulado presente na atmosfera por meio de amostradores passivos, em duas localidades do município de Porto Velho/RO e posteriormente o tratamento em laboratório e geração de dados. A segunda parte diz respeito ao emprego da Análise Rítmica proposta por Monteiro (1971) método empregado para compreender e analisar o ritmo dos fenômenos atmosféricos simultaneamente com elementos climáticos e especializando com os aspectos geográficos.

6.1 Coleta e Amostragem do Material Particulado (MP)

A pesquisa foi desenvolvida na sede urbana e no distrito de União Bandeirantes localizados no município de Porto Velho/RO. O município em questão possui um extenso território com diversificados tipos de uso e ocupação do solo, desde seu distrito sede, vilas ribeirinhas e rurais e sua zona rural.

A técnica proposta por Troppmair (1998) foi utilizada para mensurar a quantidade de MP, que propõe a utilização de filtros de papel para a coleta e uso de

balança analítica para a pesagem dos filtros a fim de obter o peso em gramas dos filtros após o período de coleta.

Para a coleta de particulados foi selecionado o método de coleta por meio de amostradores passivos, para tanto foi utilizado filtros de papel da marca JP 40 faixa branca com 15 centímetros de diâmetro (FIGURA 5). Devido às distâncias entre os pontos de coleta, principalmente em relação ao distrito de União Bandeirantes foi selecionado este método de amostragem passiva, que oferece praticidade em seu manuseio e se adequa para este tipo de pesquisa, além da utilidade para análise de poluentes de origem orgânica.

Amostradores de coleta passivo dispõem de certas características como a praticidade e fácil aprendizado para seu manuseio, baixo custo em relação a outros métodos e devido a suas dimensões são vantajosos para ambientes internos (BRAIT; ANTONIOSI FILHO, 2010).

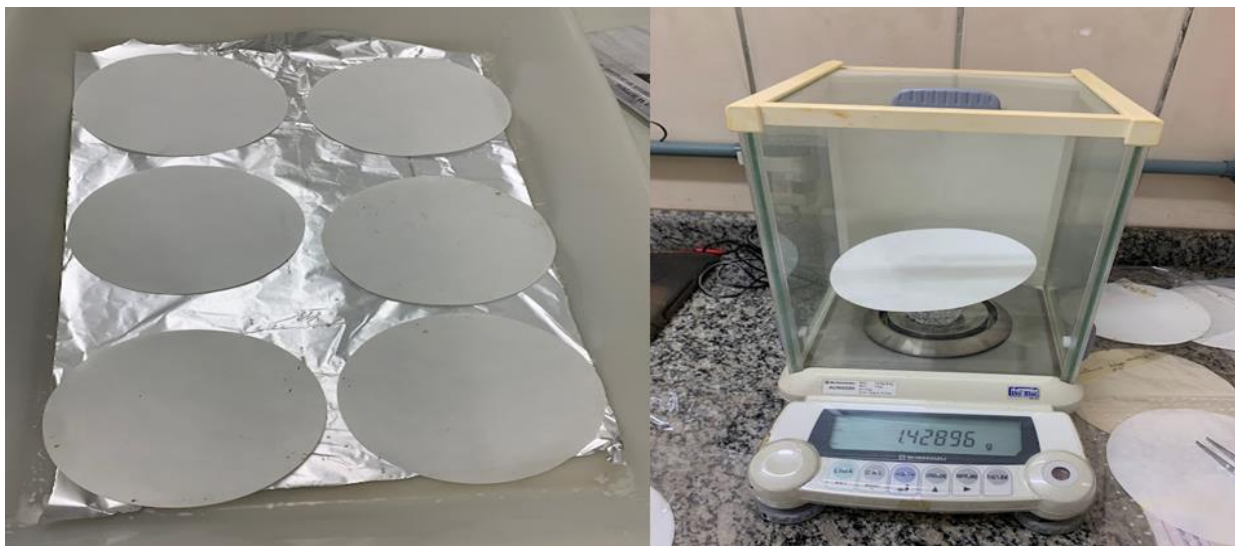
O procedimento de coleta foi realizado na residência de alunos de duas escolas públicas do município de Porto Velho/RO, sendo a Escola E.E.E.F.M Castelo Branco na sede urbana e a Escola E.E.E.F.M Cesar Freitas no distrito de União Bandeirantes, no qual foram instalados filtros nas áreas internas e externas das residências, no total, 13 alunos participaram da pesquisa. O período de coleta foi dividido em dois: 90 dias que corresponde aos meses de setembro, outubro e novembro de 2021, denominado período “seco”, os filtros ficaram expostos com troca periódica a cada 30 dias e durante 30 dias correspondentes ao mês de maio de 2022, denominado período “úmido”.

Para a pesagem dos filtros foi utilizado uma balança analítica do modelo Metler Toldeto XS105 com resolução de 0,01 miligramas para a pesagem dos mesmos (FIGURA 5) e foram empregadas três etapas: 1. Pesagem dos filtros anterior à instalação, visando obter o peso de referência e para comparações posteriores, o valor obtido foi de 1,37111 gramas; 2. Posterior a coleta, os filtros foram pesados denominados peso úmido referente a pesagem depois do período de exposição nas residências em contato com o ar, em seguida na terceira etapa os filtros foram submetidos ao processo de secagem em estufa com temperaturas em torno de 40°

graus celsius e umidade relativa do ar aproximadamente de 35% durante 24 horas, procedimento para retirada de toda carga de umidade presente nos filtros, logo após retirados da estufa e esfriados para novamente serem pesados, deste modo obtendo peso sem umidade, somente a carga de material particulado, esta pesagem foi denominado de peso seco, resultado da subtração do peso úmido.

Como parâmetro para determinar as classes qualitativas de qualidade do ar tomou-se como base a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA N° 491 de 2018, que permitiu qualificar os valores de concentração de material particulado total em suspensão na atmosfera. Para a maior compreensão optou-se por aplicar o valor médio, que foi obtido com base do valor total de cada ponto de coleta ao longo dos períodos de amostra. E elementar ressaltar que os valores obtidos de concentração de material particulado por meio da metodologia aplicada nesta pesquisa se diferem de outros estudos que utilizaram equipamentos tecnológicos, pois a forma de deposição do material no filtro se diferencia.

Figura 5. Filtros utilizados para as coletas e balança analítica utilizada na análise laboratorial.



Fonte: O Autor.

Após essas etapas, os dados obtidos foram inseridos em planilhas do programa MS Excel, tratados e quantificados, a fim de espacializar os valores obtidos

nos pontos de coletas utilizando o Software ArcGIS 10.5, gerando, assim, os mapas temáticos de barras com variável visual quantitativa disponível no menu Symbology, Charts – Bar/Column do programa ArcMap.

É recomendável este tipo de mapa para apresentação de dados em períodos distintos para duas informações diferentes com dados não muito discrepantes (ARCHELA;THÉRY, 2008). A base de dados cartográficos secundários vetoriais utilizados no presente trabalho foi da divisão do município do perímetro urbano com base em RONDÔNIA (2002) e IBGE (2020) disponibilizados em formato shapefile (SHP). Adotou-se o sistema de coordenadas lat/long, datum de referência SIRGAS 2000.

6.2 Aplicação da Análise Rítmica

Para a compreensão da relação entre os elementos climáticos e os sistemas atmosféricos foi adotada a metodologia proposta por Monteiro (1971) definida como o estudo e análise da sucessão diária do estado do tempo e conjunto com a variação dos elementos climáticos.

No que se se refere à análise e interpretação dos sistemas atmosféricos para quantificação, foi realizado a leitura de cartas sinóticas da circulação isobárica em superfície sobre a área de estudo no período dos meses de setembro a novembro de 2021 e maio de 2022, com base nas cartas sinóticas disponibilizadas pelo Serviço Meteorológico da Marinha do Brasil (00Z e 12Z, carta de superfície<<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-dos-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinotica>>), do Centro de previsão do Tempo e Estudo Climáticos (CPTEC/INPE) (00Z e 12Z, carta de superfície<<http://img0.cptec.inpe.br/~rgptimg/Produtos-Pagina/Carta-Sinotica/Analise/Superficie/?C=M;O=A>>), foi realizada a análise da circulação atmosférica no período diário de 24 horas, de acordo com o método de Monteiro(1971). As imagens do satélite meteorológico GOES-16 (Geostationary Operational Environmental Satellite) do canal 13 (10.35 μm) que se encontram disponíveis no seguinte site: Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA), com o link de acesso:

(<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic?i=br>). As imagens de satélite foram utilizadas como suporte de verificação e confirmação da classificação dos sistemas atmosféricos.

Para a análise foram considerados os seguintes sistemas que atuam sobre a Amazônia meridional: Massa Equatorial Continental (mEc), Sistemas Frontais (S.F), Massa Tropical Atlântica (mTa), Massa Polar Atlântica (mPa) e Massa Tropical Continental (mTc) (TEJAS,2019;NIMER,1991). Em relação ao registro e quantificação dos sistemas atmosféricos foram elaboradas planilhas referentes aos meses de setembro a novembro de 2021 e maio de 2022, com cada linha da planilha referente a cada dia do mês e as colunas da planilha com os sistemas atmosféricos que atuam sobre a estação meteorológica de Santo Antônio em Porto velho/RO. No que diz respeito à atuação dos sistemas atmosféricos foi atribuído valores numéricos (24) em relação aos dias em que apenas um sistema atuou na região e (12) para os dias em que a área de estudo esteve sob a atuação de dois sistemas, sendo que esses valores foram somados e transformados em porcentagem e representados graficamente.

Em relação aos dados dos elementos climáticos foi elaborado um banco de dados no programa MS Excel, constituído por dados de temperatura (média, máxima e mínima), umidade do ar média, direção do vento, precipitação total diária e pressão atmosférica, os dados foram obtidos por meio da estação meteorológica da Usina de Santo Antônio no período correspondente de setembro a novembro de 2021 e maio de 2022, meses que foram realizados o monitoramento através de filtros. A estação da usina de Santo Antônio faz parte da rede de monitoramento hidrometeorológico da Coordenadoria de Recursos Hídricos -COREH pertencente a secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental-SEDAM do estado de Rondônia, localiza-se nas dependências da usina hidrelétrica de Santo Antônio. Os dados meteorológicos da estação se encontram disponíveis no site gratuitamente: SEDAM/RO (<https://coreh.sedam.ro.gov.br/meteorologia/>). A estação foi escolhida após a verificação de que os dados climatológicos pertencentes ao INMET estavam incompletos, sendo que a estação da usina de Santo Antônio apresentava os dados meteorológicos completos do período em que foi realizada a pesquisa.

Posteriormente a compilação dos dados necessários, foi realizado o tratamento e qualificação dos elementos climáticos como a temperatura média, máxima e mínima, pressão atmosférica, umidade relativa do ar média, precipitação diária, direção dos ventos e a atuação diária dos sistemas atmosféricos nos meses selecionados junto ao software e programa RítmoAnálise que tem a capacidade de gerar gráficos de análise rítmica (BORSATO, 2006; BORSATO; BORSATO, 2008). Foram gerados quatro gráficos de análise rítmica referentes aos meses de setembro, outubro e novembro de 2021 e maio de 2022.

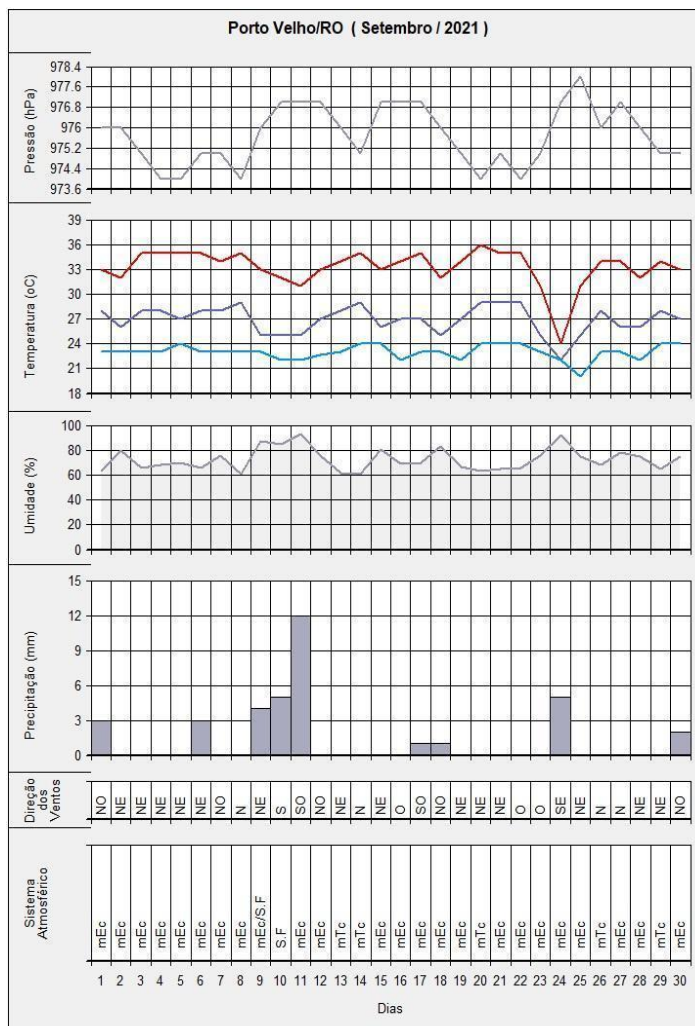
Neste estudo, portanto, a análise da atuação em sequência dos sistemas atmosféricos por meio da análise rítmica forneceu a sucessão dos tipos de tempos que atuaram na área de estudo, qualificando o regime climático da região.

7 RESULTADOS

Os dados referentes à análise rítmica e coleta de MPTS serão apresentados de forma descritiva e analítica, objetivando compreender a relação entre os valores coletado de MP, a variação dos elementos climáticos e a atuação de sistemas atmosféricos no período em que foi realizado a coleta: setembro a novembro de 2021 e maio de 2022.

Os meses de setembro a novembro de 2021 foram marcados pela presença constante da atuação da massa equatorial continental (mEc). Setembro com 78,3% ou 23 dias de presença deste sistema atmosférico, com os outros sete dias entre a presença da massa continental tropical (mTc) com 16,7% atuando e 5% de atuação de sistemas frontais, sendo marcado por dias com temperaturas elevadas, umidade relativamente baixa comparada a outubro, novembro de 2021 e maio de 2022 e baixa precipitação (41,40 milímetros) , conforme a Figura 6.

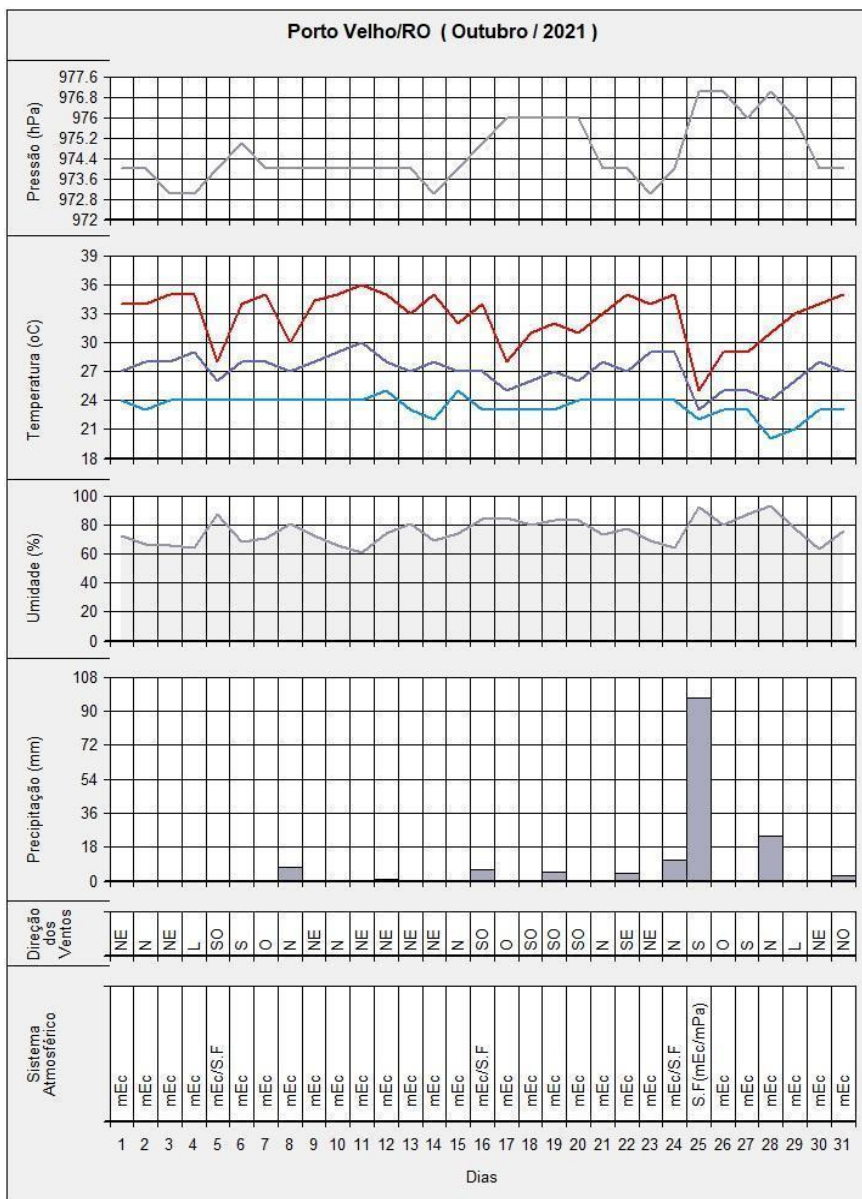
Figura 6. Gráfico referente à Análise Rítmica do mês de setembro de 2021.



Fonte: O Autor

A massa equatorial continental atuou por todo o mês de outubro de 2021 com 93,5% de presença ao longo do mês ocasionando temperaturas altas, umidade do ar elevada e o retorno das chuvas para a região registrando precipitação de 163,80 mm, um sistema frontal atuou brevemente, a Figura 7 apresenta os elementos climáticos e as massas de ar.

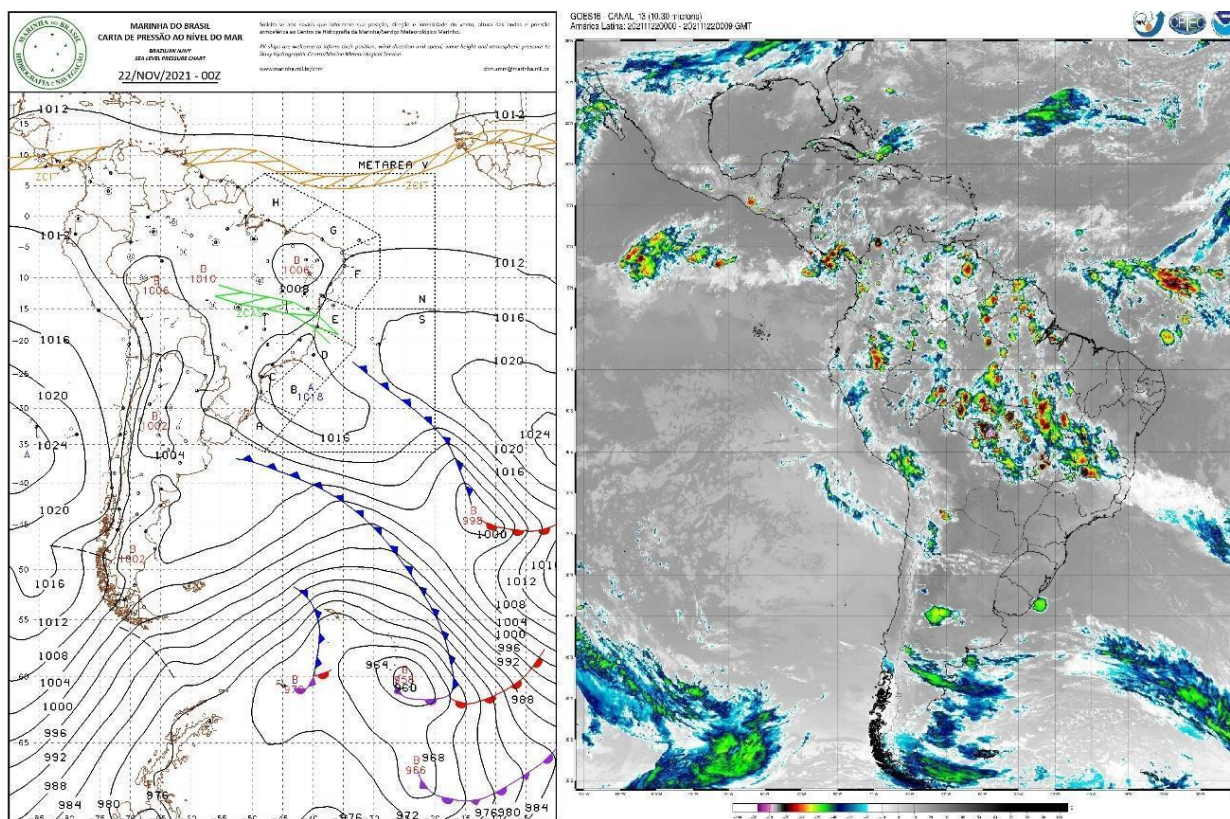
Figura 7. Gráfico referente à Análise Rítmica do mês de outubro de 2021.



Fonte: O Autor.

Durante o mês de novembro a massa equatorial continental atuou todos os trinta e um dias do mês, ocasionando episódios de formação de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) conforme a Figura 8:

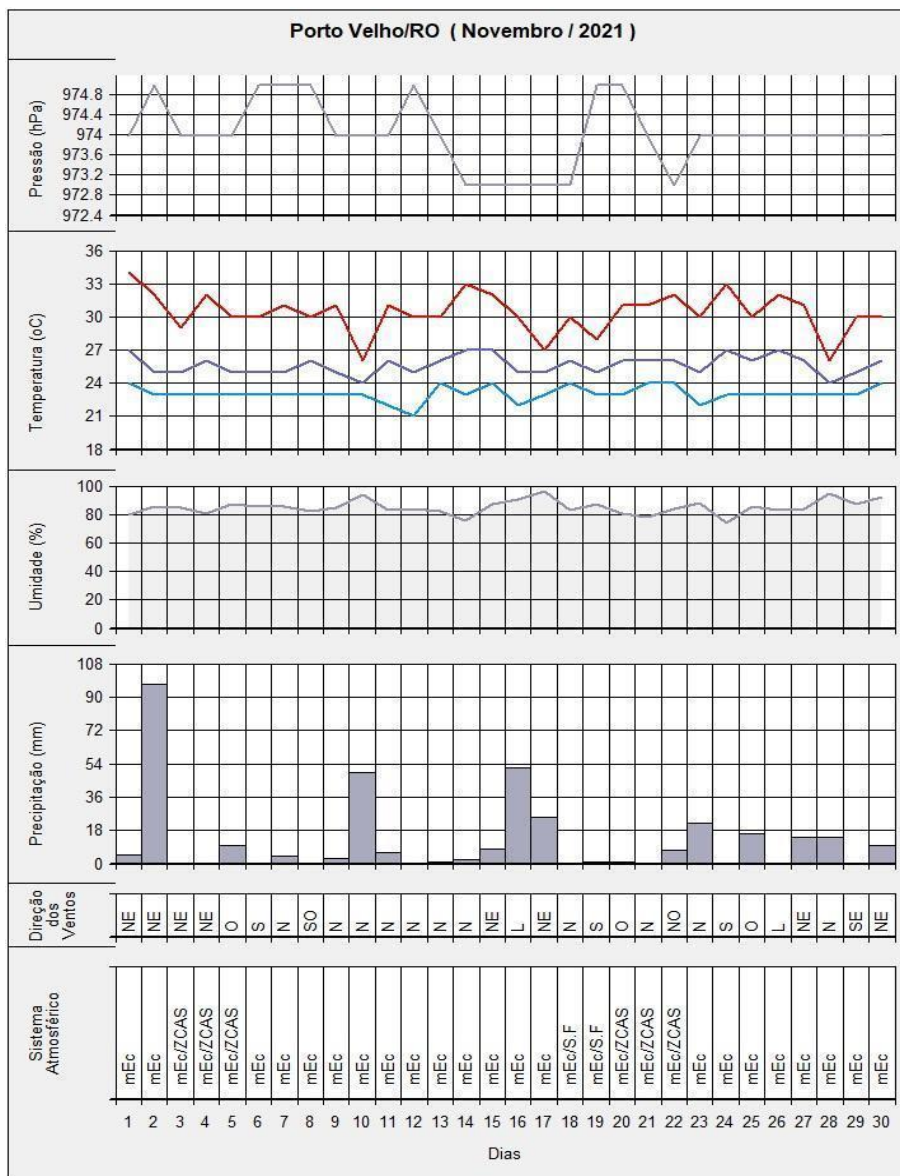
Figura 8. Carta Sinótica e Imagem de Satélite da 00Z do dia 22 de novembro de 2021, evidenciando a formação de uma ZCAS durante o mês de novembro de 2021.



Fonte: INPE/CPTEC(2021).

O mês foi marcado por aumento de dias com ocorrências de chuvas com precipitação total de 355,20 mm, temperaturas altas e umidade do ar elevada, conforme representa a Figura 9.

Figura 9. Gráfico referente à Análise Rítmica do mês de novembro de 2021.

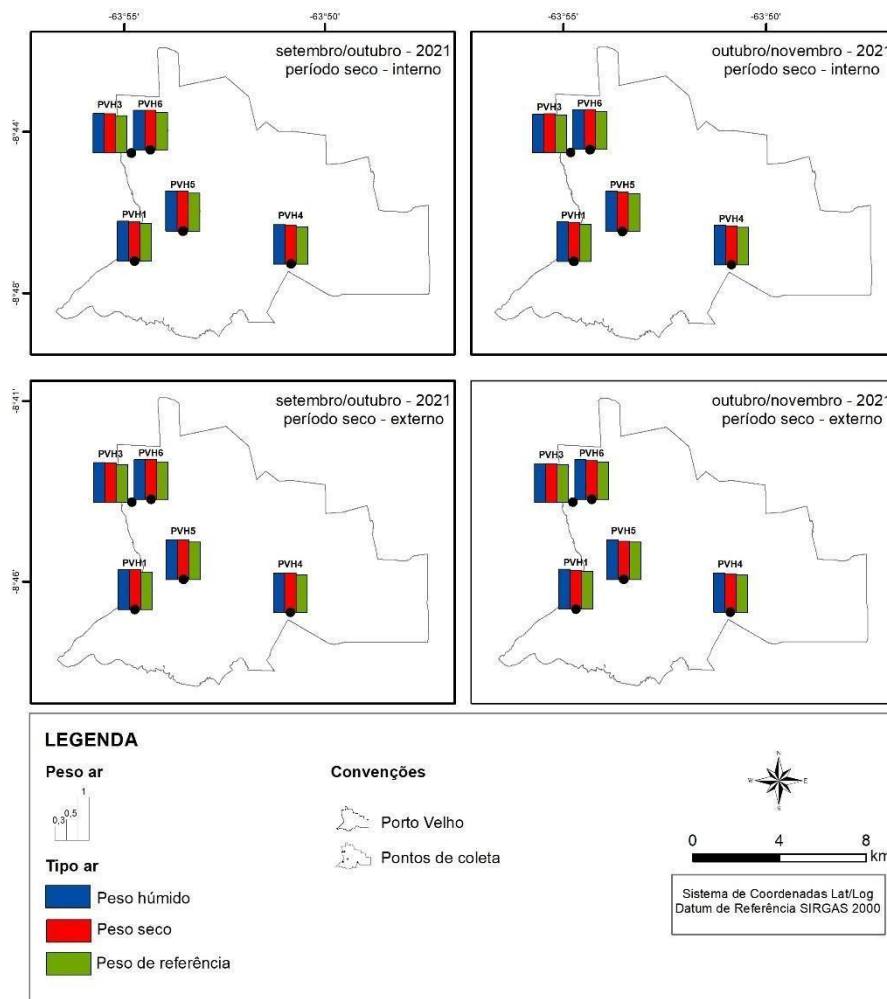


Fonte: O Autor.

O período de coleta entre setembro e outubro de 2021 no núcleo urbano do município de Porto Velho/RO foi o que apresentou em média os maiores valores de concentração de material particulado tanto nas coletas de áreas internas e externas, em seguida o período de coleta entre outubro e novembro de 2021 apresentou o segundo maior valor médio de concentração. A Figura 10 apresenta as diferenças de

concentração de material particulado, tanto em peso úmido e seco, quanto externo e interno nos pontos de coleta na sede urbana do município de Porto Velho/RO.

Figura 10. Mapa representando em barras os denominados pesos e os valores de concentração de material particulado (MP) nas residências dos alunos da sede urbana de Porto Velho/RO, referente aos meses de setembro, outubro e novembro de 2021, em suas áreas internas e externas.



Fonte: O Autor

Os valores registrados durante o período de coleta nos meses de setembro a novembro de 2021 na sede urbana de Porto Velho/RO foram detalhados na tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Valores registrados em cada pesagem na sede urbana de Porto Velho/RO, no período de coleta: setembro, outubro e novembro de 2021.

Amostras Período Seco –Porto Velho/RO; Setembro/Outubro de 2021.

Pontos de coleta	Área Externa		Área Interna		Peso de Referência (g)
	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco(g)	
PVH1	1,44996	1,44708	1,4657	1,43783	1,37111
PVH2	1,45931	1,42533	1,43829	1,43115	1,37111
PVH3	1,44711	1,44043	1,45275	1,43025	1,37111
PVH4	1,45063	1,45063	1,46215	1,4397	1,37111
PVH5	1,4513	1,44652	1,45389	1,44753	1,37111
PVH6	1,45787	1,4584	1,44797	1,44467	1,37111

Amostras Período Seco -Porto Velho/RO, Outubro/Novembro de 2021.

Pontos de coleta	Área Externa		Área Interna		Peso de Referência (g)
	Peso Úmido (g)	Peso Seco(g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco(g)	
PVH1	1,43938	1,43065	1,46092	1,4306	1,37111
PVH2	1,45802	1,44006	1,46971	1,43564	1,37111
PVH3	1,43762	1,37111	1,40465	1,42133	1,37111
PVH4	1,42405	1,37111	1,44085	1,41229	1,37111
PVH5	1,4367	1,42356	1,45423	1,42356	1,37111
PVH6	1,43994	1,43124	1,4621	1,46091	1,37111

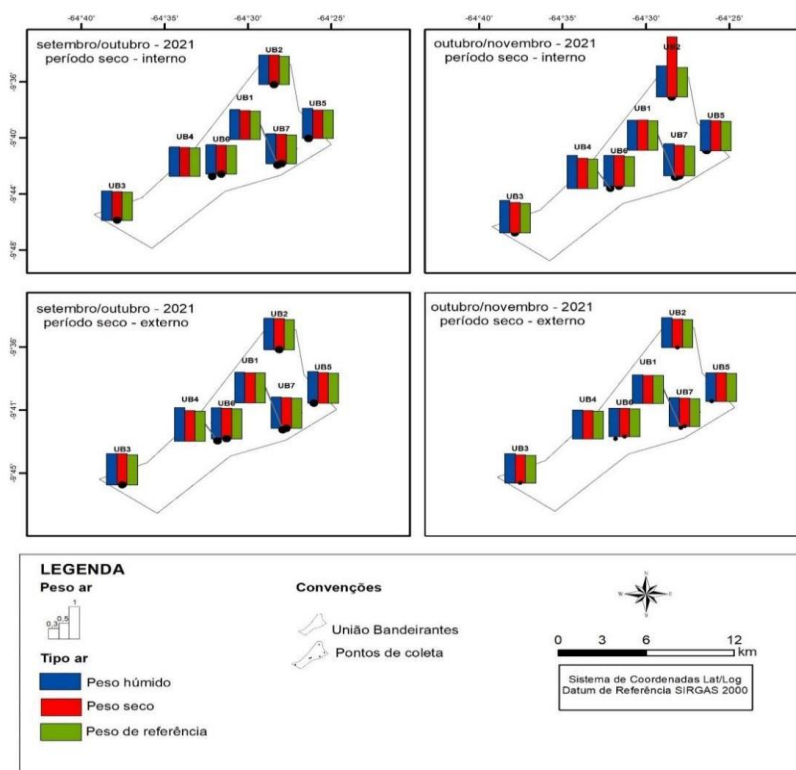
Fonte: O Autor.

Em relação ao distrito de União Bandeirantes os dados das áreas internas das residências apresentam os maiores valores no período de coleta entre setembro e outubro de 2021, em seguida o período de outubro a novembro do respectivo ano.

A poluição do ar exterior influencia de modo direto na degradação do ar interno das residências, visto que a entrada e circulação do ar ocorrem por meio de janelas e portas, ou seja, quando abertas deixam adentrar toda a poluição externa (BRICKUS; NETO, 1999).

Nos pontos de coleta externos o mês de maio de 2022 apresentou os maiores valores de concentração de material particulado seguido de setembro/outubro e por último outubro/novembro de 2021. A Figura 11 apresenta as diferenças de concentração de material particulado, tanto em peso úmido e seco, quanto externo e interno nos pontos de coleta no distrito de União Bandeirantes no município de Porto Velho/RO.

Figura 11. Mapa representando em barras os denominados pesos e os valores de concentração de material particulado (MP) nas residências dos alunos do distrito de União Bandeirantes em Porto Velho/RO, referente aos meses de setembro, outubro e novembro de 2021, em suas áreas internas e externas.



Fonte: O Autor.

Os valores registrados durante o período de coleta nos meses de setembro a novembro de 2021 no distrito de União Bandeirantes no município de Porto Velho/RO foram detalhados na tabela 2 a seguir:

Tabela 2. Valores registrados em cada pesagem no distrito de União Bandeirantes em Porto Velho, no período de coleta referente a setembro, outubro e novembro de 2021.

Amostras Período Seco – Distrito de União Bandeirantes-Porto Velho/RO, Setembro/Outubro de 2021.

Pontos de coleta	Área Externa		Área Interna		Peso de Referência (g)
	Peso Úmido (g)	Peso Seco(g)	Peso Úmido(g)	Peso Seco(g)	
UB1	1,40218	1,37997	1,45225	1,4064	1,37111
UB2	1,43608	1,41469	1,44039	1,44039	1,37111
UB3	1,43562	1,43562	1,42698	1,39664	1,37111
UB4	1,52813	1,38714	1,41445	1,3801	1,37111
UB5	1,45789	1,39897	1,46564	1,38237	1,37111
UB6	1,41609	1,39162	1,42108	1,39203	1,37111
UB7	1,41919	1,41124	1,44978	1,42326	1,37111

Amostras Período Seco – Distrito de União Bandeirantes-Porto Velho/RO, Outubro/Novembro de 2021.

Pontos de coleta	Área Externa		Área Interna		Peso de Referência(g)
	Peso Úmido (g)	Peso Seco(g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco(g)	
UB1	1,39881	1,37111	1,40646	1,42172	1,37111
UB2	1,48034	1,4066	1,45348	2,81128	1,37111
UB3	1,45518	1,399	1,4987	1,40294	1,37111
UB4	1,42109	1,40307	1,53201	1,39475	1,37111
UB5	1,40329	1,3969	1,41302	1,39475	1,37111
UB6	1,40468	1,4023	1,43459	1,41839	1,37111

UB7	1,42229	1,40381	1,48901	1,42263	1,37111
-----	---------	---------	---------	---------	---------

Fonte: O Autor.

Segundo Guerra e Miranda (2011) em relação à qualidade do ar, os fatores que compõem as condições atmosféricas e que afetam os níveis de concentração de poluentes na atmosfera, surge da interação entre os elementos climáticos como precipitação, temperatura, direção e velocidade do vento afeta tanto na composição quanto na dispersão dos poluentes.

Os meses que compreendem o período denominado “seco”, especificamente os meses de setembro e outubro foram considerados os com os maiores valores médios de concentração de material particulado na sede urbana e no distrito de união bandeirante, sendo que estes meses foram predominantemente influenciados pela massa equatorial continental, que trouxe estabilidade atmosférica, temperaturas altas e o retorno gradual das chuvas, esta estabilidade atmosférica pode ter influenciado na dispersão dos poluentes entre eles o material particulado, principalmente nos meses de setembro outubro que combinou baixa precipitação e temperaturas elevadas. VINOJ e Pandey (2022) explica que há diversos fatores que afetam a concentração e dispersão de poluentes que influenciam na qualidade do ar, entre esses fatores a ocorrência de chuvas.

Apresentando diminuição da concentração justamente em novembro com o retorno das chuvas mais intenso das chuvas. Petit et al. (2017) destaca que a ocorrência de episódios de concentração intensa de material particulado se relaciona com as condições de ausência de chuva, visto que as precipitações atuam na dispersão e remoção destas partículas.

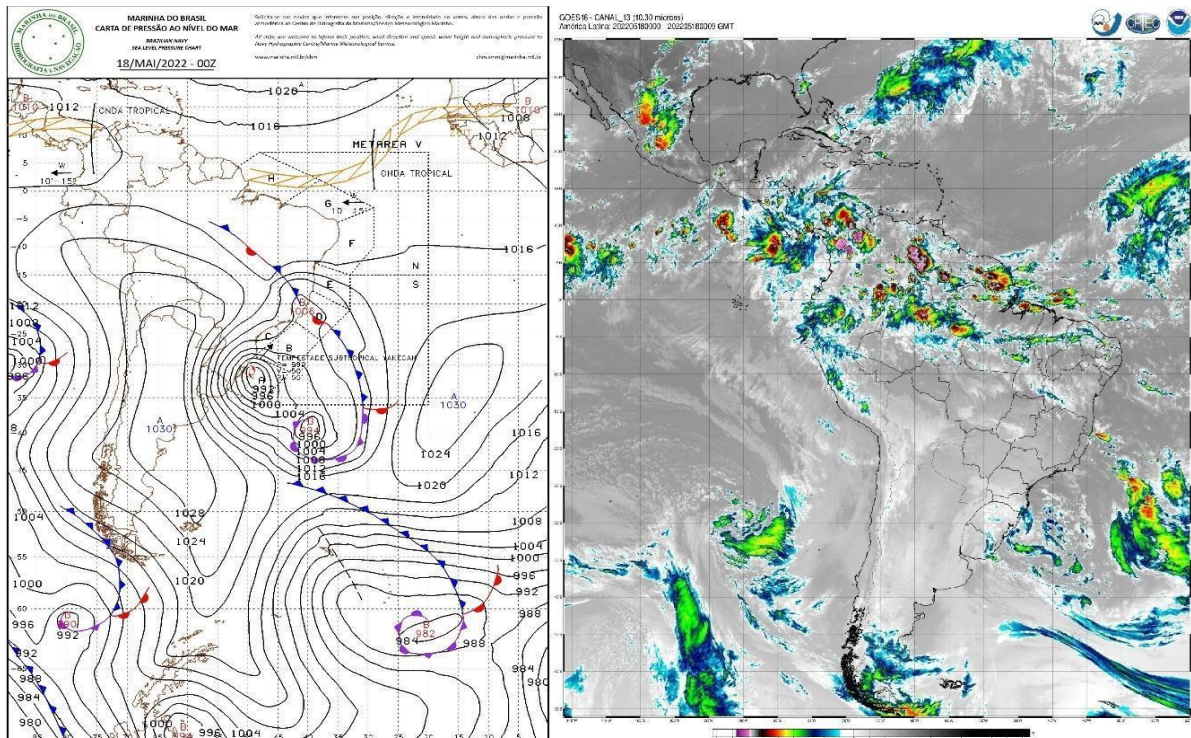
Segundo Martins et al. (2008) a diminuição das chuvas afeta a pureza do ar e a intensidade e a direção dos ventos influenciam na deposição dos poluentes na atmosfera, sendo que durante o inverno austral esses fatores se estabelecem, agravando a poluição do ar.

Na análise rítmica o mês de maio de 2022, foi considerado o mês com mais dinamismo atmosférico em comparação aos outros meses de coleta, o mês foi marcado

pela atuação da mEc em 64,5% dos dias, caracterizado por dias quentes, umidade alta e chuvas convectivas, o segundo sistema mais atuante foi a massa Polar Atlântica (mPa) com 19,4% que atuou especialmente entre os dias 17 e 21/05/2022, derrubando as temperaturas tanto máximas como as mínimas, aumentando a pressão atmosférica e trazendo vento do quadrante sul (S), em terceiro lugar a atuação da mTa com 11,3%, marcado por dias com a atuação da ASAS, caracterizado por dias ensolarados, quentes e com ausência de chuva e por último os sistemas frontais com 4,8%, que atuou trazendo episódios de chuvas

Em geral o mês de maio de 2022 foi caracterizado com pouca precipitação (23,4 mm), dias quentes, marcado pela incursão de um ramo continental da mPa na terceira semana do mês (Figura 12) e a intensificação da ASAS sobre a região.

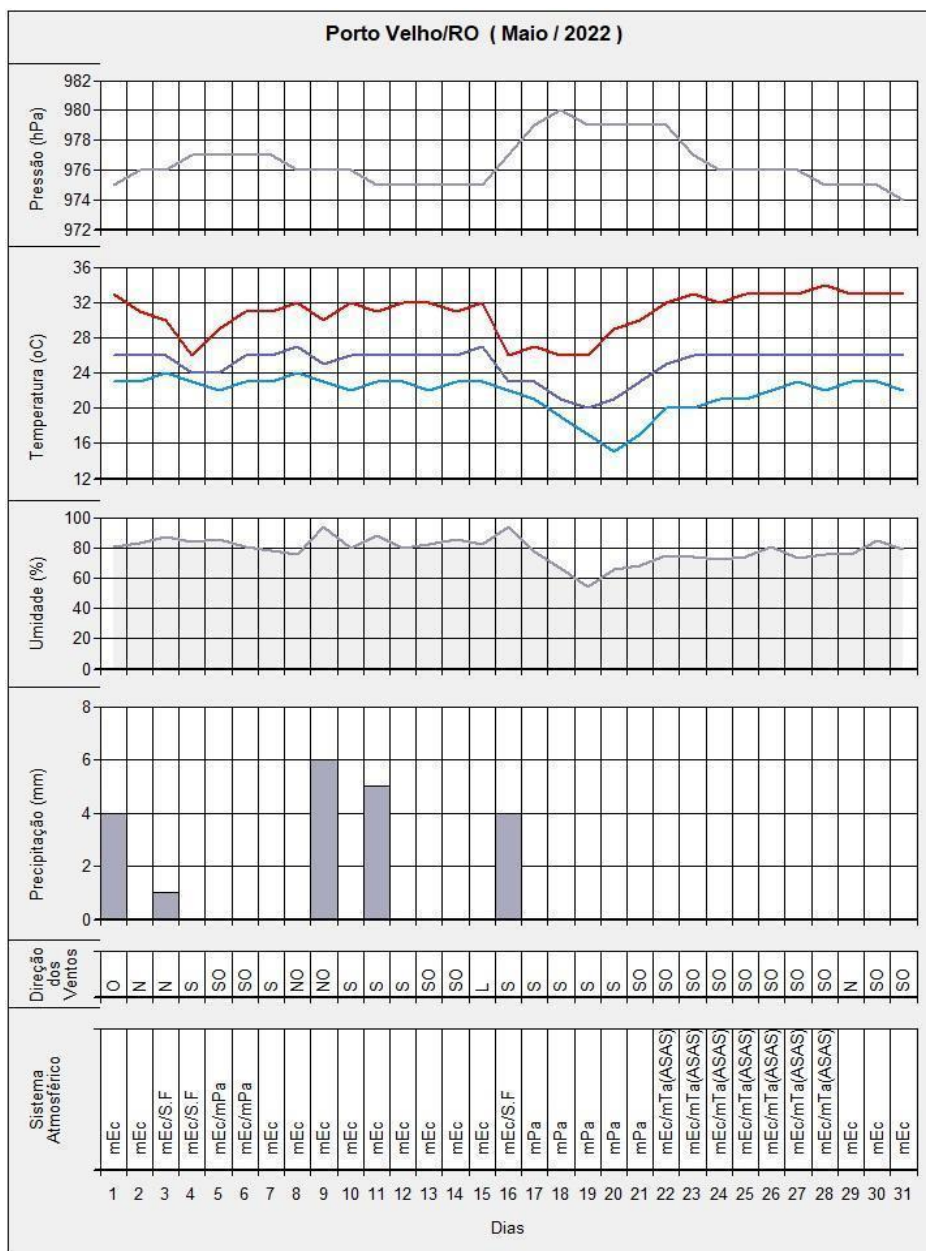
Figura 12. Carta Sinótica e Imagem de Satélite da 00Z do dia 18/05/2022, destacando o avanço de uma alta pressão associada a massa polar atlântica.



Fonte: INPE/CPTEC/Marinha do Brasil (2022).

A figura 13 apresenta os dados de pressão atmosférica, temperatura, umidade relativa média do ar, precipitação em milímetros (mm), direção dos ventos e os sistemas atmosféricos atuantes no mês de maio de 2022.

Figura 13. Gráfico referente à Análise Rítmica do mês de maio de 2022.

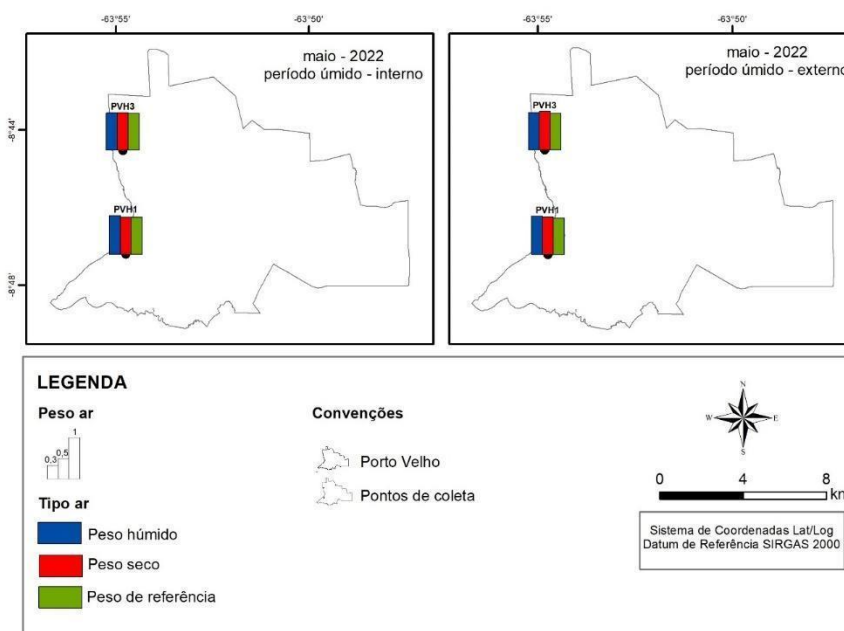


Fonte: O Autor.

O período de coleta durante o mês de maio de 2022 que foi denominado como “úmido” segundo a metodologia, apresentou valores de concentração de material particulados menores comparados ao período de coleta referente a setembro, outubro e novembro de 2021, tanto nas áreas externas e internas das residências em comparação na sede do município de Porto Velho/RO, enquanto no distrito de União Bandeirantes, nas áreas internas maio de 2022 teve a menor concentração comparado aos outros períodos de coleta, com exceção dos valores de concentração da área externa que se apresentaram maiores que neste período em comparação a setembro/outubro/novembro de 2021.

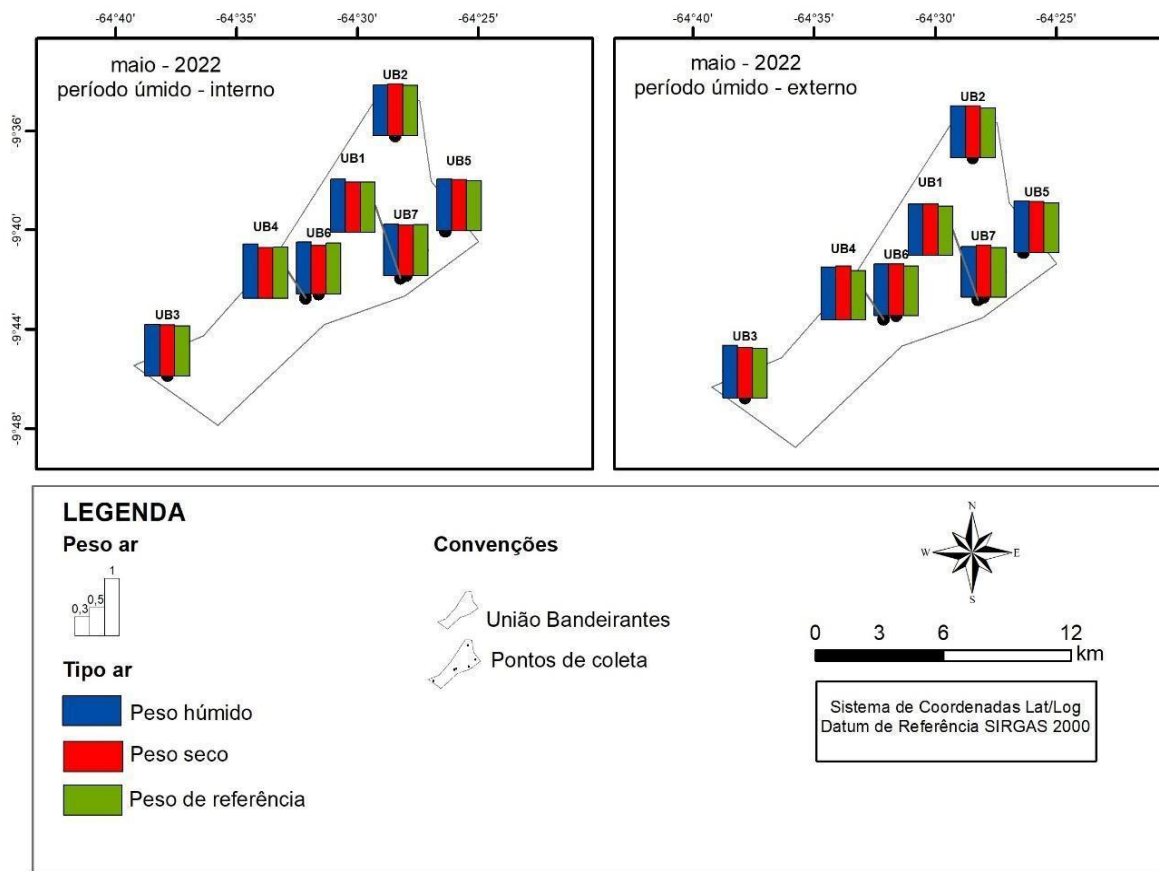
As figuras 14 e 15 apresentam as diferenças de concentração de material particulado, tanto em peso úmido e seco, quanto nos pontos externos e internos na sede urbana e no distrito de União Bandeirante pertencente ao município de Porto Velho/RO em maio de 2022.

Figura 14. Mapa representando em barras os denominados pesos e os valores de concentração de material particulado (MP) nas residências dos alunos da sede urbana de Porto Velho/RO, referente a maio de 2022, em suas áreas internas e externas.



Fonte: O Autor.

Figura 15. Mapa representando em barras os denominados pesos e os valores de concentração de material particulado (MP) nas residências dos alunos do distrito de União Bandeirantes em Porto Velho/RO, referente a maio de 2022, em suas áreas internas e externas.



Fonte: O Autor.

Os valores registrados durante o período de coleta no mês de maio de 2022 na sede urbana de Porto Velho/RO e no distrito de União Bandeirantes foram detalhados nas tabelas 3 e 4 a seguir:

Tabela 3. Valores registrados durante o período de coleta de maio de 2022 na sede urbana de Porto Velho/RO.

Amostras Período Úmido Sede Urbana-Porto Velho/RO, maio de 2022.

Pontos de Coleta	Área externa		Área Interna		Peso de Referência (g)
	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	
PVH1	1,44388	1,41896	1,42675	1,36398	1,37111
PVH2	1,44302	1,40019	1,38485	1,389	1,37111

Fonte: O Autor.

Tabela 4. Valores registrados durante o período de coleta de maio de 2022 no distrito de União Bandeirantes em Porto Velho/RO.

Amostras Período Úmido – Distrito de União Bandeirantes-Porto Velho/RO, maio de 2022.

Pontos de coleta	Área Externa		Área Interna		Peso de Referência (g)
	Peso Úmido(g)	Peso Seco(g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco(g)	
UB1	1,41529	1,41975	1,45362	1,37531	1,37111
UB2	1,43046	1,43668	1,38967	1,4117	1,37111
UB3	1,44835	1,39894	1,40079	1,39888	1,37111
UB4	*****	*****	1,45223	1,36778	1,37111
UB5	1,42921	1,4178	1,40821	1,39263	1,37111
UB6	1,42601	1,42587	1,409	1,31167	1,37111
UB7	1,3991	1,43541	1,39756	1,36148	1,37111

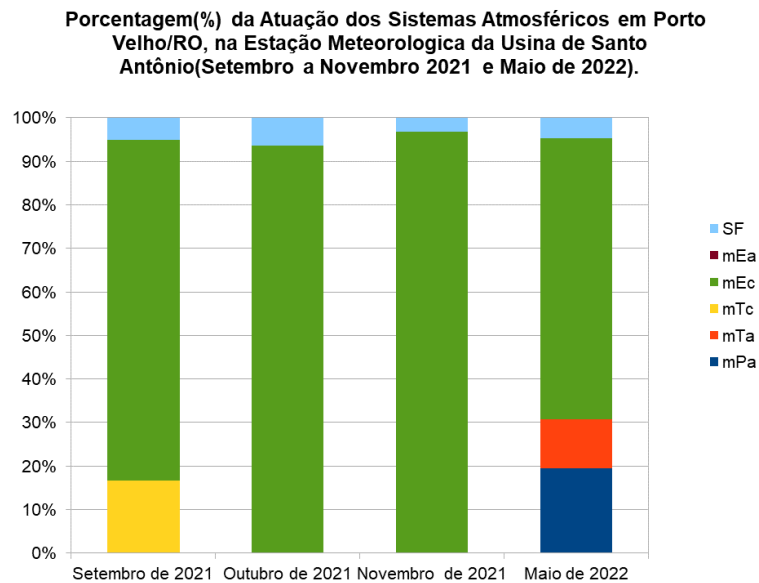
Fonte: O Autor.

Os dados atmosféricos obtidos através da análise rítmica do mês de maio de 2022 indicaram que este referido mês foi o mais dinâmico em comparação a setembro, outubro e novembro de 2021, com mudanças de atuação de sistemas atmosféricos, podendo estes ter ocasionado uma maior dispersão dos poluentes, visto que a atmosfera foi suficientemente variável, os dados internos e externos de concentração de material particulado apresentam este mês como o de menor concentração de material particulado para a sede urbana de Porto Velho/RO.

A ausência de chuva pode explicar uma maior concentração nos valores dos dados externos do distrito de União Bandeirantes, tendo em vista que a dinâmica de ocupação e uso do solo na zona rural é diferente das grandes zonas urbanas. Com o início do período de estação seca, acarretando na diminuição de precipitação é que as queimadas começam a se intensificar na região amazônica para a limpeza e abertura de novas áreas (ARAGÃO et al., 2013).

O período de coleta correspondente a setembro, outubro e novembro de 2021 foi caracterizado pela predominância de atuação da Massa Equatorial Continental (mEc), ocasionando estabilidade atmosférica, em contraste com o período de maio de 2022, mês com atuação de mais de um sistema atmosférico, a figura 16 apresenta a porcentagem de atuação dos sistemas atmosféricos nos períodos de coleta de material particulado(MP).

Figura 16. Gráfico em barras representando a atuação dos Sistemas Atmosféricos durante os meses de coleta.



Fonte: O Autor.

O resultado da coleta de material particulado e o monitoramento da qualidade do ar, evidenciou que o período “seco” teve em média os maiores valores de concentração

do material particulado em comparação ao período "úmido" representado pelo mês de maio de 2022. A tabela 5 apresenta o compilado de informações da coleta conjuntamente com os sistemas atmosféricos que predominaram durante o período de coleta.

Tabela 5. Tabela referente aos dados de coleta conjuntamente com os sistemas atmosféricos.

Período	Mês (Ano)	Área de Coleta	Ambiente	Valores (média dos pontos de coleta) em gramas	Sistemas Atmosféricos Atuantes
Seco	Setembro	Sede Urbana	Externo	1,444731667	Massa Equatorial Continental (mEc)
			Interno	1,438521667	
	Outubro (2021)	União Bandeirantes	Externo	1,40275	
			Interno	1,403027143	
Seco	Outubro	Sede Urbana	Externo	1,411288333	Massa Equatorial Continental (mEc) Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
			Interno	1,430721667	
	Novembro (2021)	União Bandeirantes	Externo	1,397541429	
			Interno	1,409196667	
Úmido	Maio (2022)	Sede Urbana	Externo	1,409575	Massa Equatorial Continental (mEc) Massa Polar Atlântica (mPa) Massa Tropical Atlântica (mTa)
			Interno	1,37649	
		União Bandeirantes	Externo	1,422408333	
			Interno	1,374207143	

Fonte: O Autor.

Os resultados obtidos a respeito dos MPTS e da análise rítmica aplicada para os períodos denominados "seco" e "úmido" permite concluir que ocorreu relação de

influência dos sistemas atmosféricos e dos elementos climáticos atuantes nestes períodos, ressalta-se que os resultados provenientes dos valores obtidos das amostras de coleta se diferem de outros estudos devido a metodologia de coleta empregada para determinar a qualidade do ar e aplicação do valor médio dos pontos de coleta.

Entre os elementos climáticos observados em estudos de concentração de material particulado (MP 2,5) μm na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) foi verificado que os elementos de precipitação e intensidade dos ventos são os que mais influenciam na concentração deste poluente na atmosfera. (GUERRA; MIRANDA, 2011; WALDHEIM; ARAUJO; CARVALHO, 2006).

8 DISCUSSÃO

O presente estudo buscou compreender a relação entre os estados do tempo e da atuação de sistemas atmosféricos na concentração de Material Particulado Total em Suspensão (MTPS) que causam a degradação da qualidade do ar no município de Porto Velho/RO, por meio da utilização do método de análise rítmica proposta por Monteiro (1971). Através da análise da dinâmica e atuação de sistemas atmosféricos sobre área de estudo, resultou na caracterização da sucessão dos tipos de tempo, qualificando o clima da região.

A análise rítmica proposta por Monteiro (1971) é um método caracterizado por trabalhar simultaneamente com os elementos climáticos como temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, precipitação e os sistemas atmosféricos gerando gráficos representativos da variação dos elementos climáticos e atuação das massas de ar, pois a compreensão do ritmo climático só é possível com a junção destes elementos (MONTEIRO, 1971; FRANCA; DE ASSIS MENDONÇA, 2019).

Segundo Zavattini (2000) é através da interpretação da dinâmica atmosférica e da sua gênese que compreendemos como esta afeta os diversos elementos que compõem a atmosfera. Entre os fatores que influenciam na presença de poluentes na atmosfera a dinâmica climática se torna relevante pois sua atuação pode afetar tanto na

dispersão quanto na concentração de poluentes na atmosfera em determinado espaço (MONTEIRO, 1976; MONTEIRO, 2015).

A permanência destas partículas em suspensão na atmosfera afeta a qualidade do ar, causando a sua degradação, alteração da composição química da água da chuva que resulta nas chuvas ácidas, sendo que sua dispersão da atmosfera depende de fatores como a ocorrência de chuvas (CARVALHO, 1975). De acordo com Han et al. (2023) após a sua liberação na atmosfera o material particulado, tem em seu processo na atmosfera uma permanência na ordem de dias a semanas no ar.

A qualidade do ar é afetada diretamente pela ação antrópica, ou seja, as atividades desenvolvidas no espaço afetam a pureza do ar, sendo necessária a implementação de sistemas de monitoramento de sua qualidade para compreender, as fontes de emissão e os efeitos que estes poluentes causam na saúde, no clima e no espaço (ZHU et al.,2021).

Conforme Derisio (2012), Gutjahr (2002) entre outros pesquisadores que estudaram a respeito destas temáticas de poluição atmosférica, deterioração da qualidade do ar e as condições atmosféricas, seus estudos apresentaram relação entre os níveis dos poluentes e a precipitação, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos afetando a dispersão da poluição.

Em sua pesquisa sobre a qualidade do ar e os níveis de presença de partículas totais em suspensão (PTS), Mendonça e Castelhana (2016) aplicaram o método de análise rítmica a fim de compreender o processo de dispersão destes poluentes, evidenciaram que os elementos climáticos umidade do ar e velocidade do vento foram o que teve maior influência nos níveis de concentração de PTS.

Em estudos a respeito da concentração de outros poluentes como o Ozônio na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e a influência das variabilidades meteorológicas, indicou a correlação de ventos fracos e a acumulação do Ozônio na atmosfera da cidade (CARVALHO et al, 2012) .Sendo que na análise sobre a influência dos elementos climáticos na concentração de MP na cidade de Belo Horizonte/MG, Santos et al. (2019) a umidade relativa e precipitação foram o que mais afetaram na

presença deste poluentes, diferenciando os níveis de poluentes na atmosfera entre o inverno(seco) e o verão(chuvoso).

Para Han et al. (2023) as características da poluição da atmosfera por material particulado dependem provavelmente da dinâmica climática, das particularidades regionais da fonte de emissão, pois esses fatores influenciam na concentração ou na dispersão destes poluentes.

Fenômenos atmosféricos como o transporte e a difusão, constituem a dinâmica atmosférica e influenciam os poluentes, sendo o transporte por meio do vento e a difusão que surge da interação entre o ar e o solo causando turbulência na atmosfera local (MOREIRA; TIRABASSI; MORAIS, 2008).

Diversos autores trabalharam a respeito dos níveis de qualidade do ar em diversos ambientes fechados como Wu et al. (2023), Jones et al (2000) e Patel et al. (2020), seus estudos trazem a relevância de monitorar a qualidade do ar em ambientes internos, que por vezes os níveis de qualidade são piores que ambientes externos, devido a fatores com a entrada de poluentes provenientes do ar exterior.

Em relação a qualidade do ar em ambientes internos, Pei et al. (2022) e Chen et al. (2023), aborda que os níveis de qualidade do ar nestes ambientes são influenciados pela renovação do ar diárias e fatores térmicos, sendo que os níveis de poluição em ambientes fechados afetam o conforto bioclimático dos seres humanos. A má qualidade do ar pode trazer consequências negativas para a saúde humana, principalmente ao sistema respiratório, causando desconforto bioclimático e afetando a paisagem (SISENANDO et al., 2011; KULICK et al., 2023).

Na Amazônia a deterioração da qualidade do ar se intensifica a partir do estabelecimento do inverno austral que se caracteriza por diminuir as chuvas, elevar as temperaturas, sendo que é neste período que as queimadas se intensificam na região (IGNOTT et al., 2007; NIMER, 1989).

Deste modo, recapitulando os objetivos deste trabalho, que propõe compreender a relação da dinâmica atmosférica e seus elementos climáticos com a concentração de material particulado total suspenso na atmosfera, nota-se que o mês de maio de 2022 foi considerado o que teve mais dinamismo atmosférico em

comparação a setembro, outubro e novembro de 2021 é apresentada tanto na sede de Porto Velho/RO quanto no distrito de União Bandeirantes os menores valores de concentração de material particulado em relação aos períodos de coleta denominado “seco”, com exceção dos pontos de coleta externo de União Bandeirantes que obteve neste mês os maiores índices. O período setembro/outubro de 2021 teve os maiores valores de concentração de material particulado, meses que apresentaram estabilidade temporal de atuação de um sistema atmosférico, em novembro os valores apresentaram diminuição em relação aos meses anteriores, visto que este mês se caracterizou por ter dias bastante chuvosos, evidenciando que o mês mais chuvoso (novembro de 2021) e o com mais dinamismo (maio de 2022) tiveram valores menores quando comparados aos meses mais secos e quentes (setembro e outubro de 2021).

Portanto, podemos ponderar sobre como a dinâmica e ritmo do tempo climático influem nos elementos que compõem o clima como temperatura, umidade, precipitação entre outros e como estes respectivamente afetam na concentração de material particulado na atmosfera, conseqüentemente deteriorando a qualidade do ar (MENDONÇA; CASTELHANO, 2016; HAN et al., 2023; SANTOS et al., 2019). Em suma, a caracterização do ritmo climático pode proporcionar entender a relação entre o clima, ação antrópica e a qualidade do ar.

9 CONCLUSÃO

O presente estudo objetivou a compreensão da relação entre os sistemas atmosféricos, os elementos climáticos e a concentração de material particulado no município de Porto Velho/RO. Sendo assim, este trabalho analisou a influência dos sistemas atmosféricos e a variação dos elementos climáticos na concentração do poluente proveniente das queimadas denominado material particulado (MP) na atmosfera.

A metodologia utilizada se mostrou indispensável para a compreensão e identificação dos sistemas atmosféricos atuantes e como a dinâmica climática afeta o ciclo de queimadas e o monitoramento dos níveis da qualidade do ar que revelou os níveis de concentração de material particulado na atmosfera das localidades estudadas. Evidenciando a relação da influencia dos sistemas e elementos atmosféricos na dinâmica de concentração de material particulado, com os meses que apresentaram estabilidade atmosférica: setembro, outubro e novembro de 2021 com os maiores valores de concentração desta poluição, com maio de 2022 com menores valores e uma maior dinâmica atmosférica.

Devido às restrições durante a pandemia do Covid-19 e a limitação orçamentária, a pesquisa se desenvolveu em algumas etapas de modo diferente do planejado, como a dinâmica com os alunos das escolas estaduais e a limitação de laboratório e insumos químicos.

Estudos futuros serão necessários para o maior entendimento da relação do clima, o uso e ocupação do solo, da composição e concentração de poluentes na atmosfera do município de Porto Velho/RO e como estes fatores afetam a qualidade do ar.

Por fim, o emprego da análise rítmica em conjunto com o monitoramento da qualidade do ar, é uma importante ferramenta para estudar a poluição do ar, suas causas e fontes de emissão, sua dinâmica de dispersão atmosférica, os seus efeitos na saúde humana e no espaço.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Célia A. et al. Emission of trace gases and organic components in smoke particles from a wildfire in a mixed-evergreen forest in Portugal. *Science of the Total Environment*, v. 409, n. 8, p. 1466-1475, 2011.
- ALVES, Diógenes S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n. 14, p. 2903-2908, 2002.
- ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Frequência de queimadas durante as secas recentes. *Secas na Amazônia: causas e consequências* (ed. Borma LDS, Nobre CA). Oficina de Textos, 2013.
- ARAGÃO, Luiz EOC et al. Os incêndios relacionados à seca do século 21 neutralizam o declínio das emissões de carbono do desmatamento da Amazônia. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, pág. 536, 2018.
- ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. *Confins*, Online, ano 2008, ed. 3, 23 jun. 2008.
- ARTAXO, Paulo et al. Propriedades físicas e químicas de aerossóis nas estações úmida e seca em Rondônia, Amazônia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 107, n. D20, pág. LBA 49-1-LBA 49-14, 2002.
- ARTAXO, Paulo et al. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta amazônica*, v. 35, p. 185-196, 2005.
- BAKONYI, Sonia Maria Cipriano et al. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Revista de Saúde Pública*, v. 38, p. 695-700, 2004.
- BECKER, Bertha K. Geopolítica da Amazônia. *Estudos avançados*, v. 19, p. 71-86, 2005.
- BECKER, Bertha K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários. *Parcerias estratégicas*, v. 12, n. 1, p. 135-59, 2001.
- BEZERRA, Ricardo Braz; DANTAS, Renilson Targino; TRINDADE, Avenildson Gomes. Caracterização temporal da precipitação pluvial do município de Porto Velho/RO no período de 1945 a 2003. *Sociedade & Natureza*, v. 22, p. 609-623, 2010.
- BIER, Anderson Augusto et al. Eventos extremos secos sobre a região Sudeste do Brasil durante a estação de verão. 2017.

BORSATO, V. A. BORSATO F. H, A dinâmica atmosférica e a influência da tropicalidade no inverno de 2007 em Maringá PR – Espacial. In: 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Evolução Tecnológica e Climatológica. Universidade Federal de Uberlândia. Agosto 2008. Eixo 5 – Técnica em Climatologia - CD-ROM

BORSATO, V. A., A Participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período de 1980 a 2003. Tese (parcial), (Doutorado) Nupélia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006.

BORSATO, Victor da Assunção; MENDONÇA, Francisco de Assis. Participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil. Mercator (Fortaleza), v. 14, p. 113-130, 2015.

BRAGA, Alfesio et al. Poluição atmosférica e saúde humana. Revista USP, n. 51, p. 58-71, 2001.

BRAIT, Carlos Henrique Hoff; ANTONIOSI FILHO, Nelson Roberto. Desenvolvimento e aplicação de sistema passivo de coleta de poluentes atmosféricos para monitoramento de Cd, Cr, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn e particulados totais. Química Nova, v. 33, p. 7-13, 2010.

BRICKUS, Leila SR; AQUINO NETO, Francisco R. de. A qualidade do ar de interiores e a química. Química nova, v. 22, p. 65-74, 1999.

BRITO, GF da S.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V. O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 05, p. 1335-1354, 2018.

CANÇADO, José Eduardo Delfini et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 32, p. S5-S11, 2006.

CARMO, Cleber Nascimento do 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.

CARNESECA, E. C.; ACHCAR, J. A.; MARTINEZ, E. Z.; Association between particulate matter air pollution and monthly inhalation and nebulization procedures in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 28, n. 8, p. 1591-1598, Aug. 2012.

CARVALHO, Benjamin de A. Ecologia e poluição. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1975.

CARVALHO, Vanessa Silveira Barreto et al. Avaliação da influência de condições meteorológicas na ocorrência e manutenção de um episódio prolongado com altas concentrações de ozônio sobre a região metropolitana de São Paulo. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, p. 463-474, 2012.

CASTANHO, Andrea Dardes de Almeida. A determinação quantitativa de fontes de material particulado na atmosfera da cidade de São Paulo. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CASTRO, A. H. S.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, G. M. M. Qualidade do ar–parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. *Holos*, v. 5, p. 107-121, 2013.

CASTRO, Edna. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. *Novos cadernos NAEA*, v. 8, n. 2, 2008.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. CPTEC/INPE. Cartas-Sinóticas.2021/2022.[online]. Disponível em: [http://img0.cptec.inpe.br/~rgptimg/Sinóticas.2021/2022.\[online\].Disponível em:http://img0.cptec.inpe.br/~rgptimg/Produtos-Pagina/Carta-Sinotica/Analise/Superficie.Acesso em: 10 de abril de 2023](http://img0.cptec.inpe.br/~rgptimg/Sinóticas.2021/2022.[online].Disponível em:http://img0.cptec.inpe.br/~rgptimg/Produtos-Pagina/Carta-Sinotica/Analise/Superficie.Acesso em: 10 de abril de 2023).

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. CPTEC/INPE. Imagens de Satélites do GOES 16. 2021/2022.[online].Disponível em:<http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>. Acesso em: 05 de abril de 2023.

CESAR, Ana Cristina Gobbo; NASCIMENTO, Luiz Fernando C.; CARVALHO JR, João Andrade de. Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, p. 1209-1212, 2013.

CHEN, Yen-Ching et al. Effect of indoor air quality on the association of long-term exposure to low-level air pollutants with cognition in older adults. *Environmental Research*, p. 115483, 2023.

CHIQUETTO, Júlio Barboza et al. Transporte de poluentes pela brisa marítima em São Paulo sob a alta do atlântico Su. *REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA*, p. 148-161, 2018.

CLAEYS, Magda et al. Polar organic marker compounds in atmospheric aerosols during the LBA-SMOCC 2002 biomass burning experiment in Rondônia, Brazil: sources and source processes, time series, diel variations and size distributions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 10, n. 19, p. 9319-9331, 2010.

COLOMBINI, Marjorie Paris. Exposição aguda ao material particulado total em suspensão proveniente de diferentes fontes e suas repercussões nas respostas inflamatórias, sistêmica e local, em ratos. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 491 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília.2018.

CONTI, José Bueno. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, o geógrafo. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 11, n. 1, p. 11-14, 2007.

CORREIA, Francis Wagner Silva et al. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. Ciência e Cultura, v. 59, n. 3, p. 39-43, 2007.

CÔRTEZ, Julia Corrêa; D'ANTONA, Álvaro de Oliveira. Fronteira agrícola na Amazônia contemporânea: repensando o paradigma a partir da mobilidade da população de Santarém-PA. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, v. 11, p. 415-430, 2016.

DA SILVEIRA, Leonor Marcon. Os sistemas atmosféricos e a variação do tempo em Maringá, Estado do Paraná, Brasil. Acta Scientiarum. Technology, v. 28, n. 1, p. 79-84, 2006.

DE MELLO, Neli Aparecida. Políticas territoriais na Amazônia. Annablume, 2006.

DE MELLO, Yara Rúbia; LOPES, Felipe Costa Abreu; ROSEGHINI, Wilson Flavio Feltrim. Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódios extremos de precipitação e temperatura no município de Paranaguá, PR. Revista Brasileira de Climatologia, v. 20, 2017.

DERISIO, J. C. Introdução ao Controle de Poluição Ambiental. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2012.

DING, A. J. et al. Intense atmospheric pollution modifies weather: a case of mixed biomass burning with fossil fuel combustion pollution in eastern China. Atmospheric chemistry and physics, v. 13, n. 20, p. 10545-10554, 2013.

DONALDSON, Kenneth et al. Ultrafine particles. Occupational and environmental medicine, v. 58, n. 3, p. 211-216, 2001.

DOS SANTOS, Danielle Ivana Pereira et al. Análise multitemporal de uso e ocupação do solo do núcleo inicial do projeto integrado de colonização Paulo de Assis Ribeiro no município de Colorado do Oeste-RO/Multitemporal analysis. Caderno de Geografia, v. 25, n. 43, p. 34-51, 2015.

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

FERNANDES, Luiz Claudio. Estudo multi-temporal do uso, ocupação e perda de solos em projetos de assentamentos em Rondônia. 2008. 132 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2008.

FERREIRA, A. G.; MELLO, da S. N. G. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta amazônica*, v. 28, p. 101-101, 1998.

FONTÃO, Pedro Augusto Breda. *Variações do ritmo pluvial na Região Metropolitana de São Paulo: reflexos no armazenamento hídrico e impactos no abastecimento urbano*. 2018.

FRANCA, Rafael Rodrigues. *Anticiclones e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte*. 2009.

FRANCA, Rafael Rodrigues. *Climatologia das chuvas em Rondônia–período 1981-2011*. *Revista Geografias*, p. 44-58, 2015.

FREITAS, Clarice et al. *Internações e órbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997*. *Revista de Saúde Pública*, v. 38, p. 751-757, 2004.

FRONDIZI, Carlos Alberto. *Monitoramento da qualidade do ar: teoria e prática*. Editora E-papers, 2008.

GARCIA, Sâmia Regina. *Sistema de monção da América do Sul: início e fim da estação chuvosa e sua relação com a zona de convergência intertropical do atlântico*. 2010. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

GOBO, João Paulo Assis; GALVANI, Emerson; WOLLMANN, Cássio Arthur. Subjective human perception of open urban spaces in the Brazilian subtropical climate: a first approach. *Climate*, v. 6, n. 2, p. 24, 2018.

GONÇALVES, Karen dos Santos; CASTRO, Hermano Albuquerque de; HACON, Sandra de Souza. *As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório*. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, p. 1523-1532, 2012.

GUERRA, Fernanda Pinto; MIRANDA, RM de. *Influência da meteorologia na concentração do poluente atmosférico PM_{2,5} na RMRJ e na RMSP*. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2011.

GUTJAHR, M. R. *A Poluição do Ar em Paulínia (SP): Uma Análise Histórico-Geográfica do Clima*. Tese de doutorado, São Paulo, Universidade de São Paulo, 2002

HAN, Subin et al. *Spatiotemporal variability of the PM_{2.5} distribution and weather anomalies during severe pollution events: Observations from 462 air quality monitoring*

stations across South Korea. *Atmospheric Pollution Research*, v. 14, n. 3, p. 101676, 2023.

HIGUCHI, Niro et al. Governos locais amazônicos e as questões climáticas globais. Edição dos autores, v. 104, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades Rondônia. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/porto-velho.html>. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências- Downloads. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. 2020.

IGNOTTI, Eliane et al. Effects of biomass burning in Amazon: method to select municipalities using health indicators. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 10, p. 453-464, 2007.

JONES, N. C. et al. Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban and rural locations. *Atmospheric environment*, v. 34, n. 16, p. 2603-2612, 2000.

KAWANO, Mauricy et al. Desenvolvimento, validação e aplicação de um modelo matemático para dispersão de poluentes atmosféricos. 2003.

KODAMA, Yasumasa. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, v. 70, n. 4, p. 813-836, 1992.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Revista Brasileira de Meteorologia*, n. 3, p. 217-231, 1988.

KULICK, Erin R. et al. Long-term exposure to ambient particulate matter and stroke etiology: Results from the Women's Health Initiative. *Environmental Research*, v. 224, p. 115519, 2023.

LEMOS, André Luiz Ferreira. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. 2010.

LENTERS, J. D.; COOK, Kerry Harrison. On the origin of the Bolivian high and related circulation features of the South American climate. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 54, n. 5, p. 656-678, 1997.

LI, Yong Jie et al. Real-time chemical characterization of atmospheric particulate matter in China: A review. *Atmospheric Environment*, v. 158, p. 270-304, 2017.

LI, Yongjie et al. Air Quality Monitoring and Advanced Bayesian Modeling. Elsevier, 2023.

LIU, Fei et al. NO_x emission trends over Chinese cities estimated from OMI observations during 2005 to 2015. Atmospheric Chemistry and Physics, v. 17, n. 15, p. 9261-9275, 2017.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha et al. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. 2011.

MARENGO, Jose A. et al. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP–NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. Journal of climate, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.

MARENGO, Jose et al. Cold surges in tropical and extratropical South America: The strong event in June 1994. Monthly Weather Review, v. 125, n. 11, p. 2759-2786, 1997.

MARINHA DO BRASIL. Cartas Sinóticas de superfície.2021/2022. [online]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Acesso em: 05 de abril de 2023.

MARTINS, Renata Fátima et al. Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo HYSPLIT. 2008.

MASCARENHAS, Márcio Dênis Medeiros et al. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil-Setembro, 2005. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 34, p. 42-46, 2008.

MELO, ABC de; CAVALCANTI, IF de A.; SOUZA, Paula Pereira de. Zona de convergência intertropical do Atlântico. Tempo e clima no Brasil, v. 1, p. 25-41, 2009.

MENDONÇA, Francisco Assis; CASTELHANO, Francisco Jablinski. O clima e a poluição do ar por PTS em Curitiba–PR. Revista do Departamento de Geografia, p. 133-144, 2016.

MONTEIRO, C. A. F. Clima e Excepcionalismo (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico). Florianópolis: UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. F. ; SANTANNA NETO, J. L. ; MENDONÇA, F. ; ZAVATTINI, J. A. . A construção da climatologia geográfica no Brasil.1. ed. Campinas. SP: Alínea Editora, 2015. v. 1. 194p .

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1976.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia, n. 1, p. 1-21, 1971.

MOREIRA, Davidson Martins; TIRABASSI, Tiziano; MORAES, Marcelo Romero de. Meteorologia e poluição atmosférica. Ambiente & Sociedade, v. 11, p. 1-13, 2008.

MORISSETTE, Jeffrey T. et al. Validation of MODIS active fire detection products derived from two algorithms. Earth Interactions, v. 9, n. 9, p. 1-25, 2005.

MOURA, Maurício do Nascimento; VITORINO, Maria Isabel. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, p. 475-483, 2012.

MU, Ye; JONES, Charles. An observational analysis of precipitation and deforestation age in the Brazilian Legal Amazon. Atmospheric Research, v. 271, p. 106122, 2022.

NASCIMENTO, Cláudia Pinheiro. O processo de ocupação e urbanização de Rondônia: uma análise das transformações sociais e espaciais. Revista de Geografia (Recife), v. 27, n. 2, p. 53-69, 2010.

NIELSEN, David Marcolino et al. Dynamics-based regression models for the South Atlantic Convergence Zone. Climate Dynamics, v. 52, p. 5527-5553, 2019.

NIMER, E. Clima in Geografia do Brasil-Região Norte, v. 3, Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, p. 46-54, 1991.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUÉS-PAEGLE, Julia et al. Progress in Pan American CLIVAR research: understanding the South American monsoon. Meteorologica, v. 27, n. 12, p. 1-30, 2002.

NUNES, D. Rondônia: ocupação e ambiente. Boletim Presença, v. 3, n. 7, p. 39-46, 1996.

OGASHAWARA, Igor. Análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. Revista Georaguaia, 2012.

PATEL, Sameer et al. Indoor particulate matter during HOMEChem: Concentrations, size distributions, and exposures. Environmental science & technology, v. 54, n. 12, p. 7107-7116, 2020.

PEI, Jingjing et al. The relationship between indoor air quality (IAQ) and perceived air quality (PAQ)—a review and case analysis of Chinese residential environment. *Energy and Built Environment*, 2022.

PERIGOLO, Natália Alves; DE MEDEIROS, Marcelo Brilhante; SIMON, Marcelo Fragomeni. Tipos de vegetação do alto rio Madeira em Rondônia, Brasil. *Bretanha*, v. 69, p. 423-446, 2017.

PETIT, J.-E. et al. Characterising an intense PM pollution episode in March 2015 in France from multi-site approach and near real time data: Climatology, variabilities, geographical origins and model evaluation. *Atmospheric Environment*, v. 155, p. 68-84, 2017.

PIRES, Marçal; DE CARVALHO, Lilian RF. Presença de compostos carbonílicos no ar em ambientes internos na cidade de São Paulo. *Química nova*, v. 22, p. 487-496, 1999.

PORTO VELHO. Lei nº 838, de 04 de fevereiro de 2021. Dispõe Sobre o Plano Diretor do Município de Porto Velho/RO. Porto Velho/RO. Câmara Municipal. Disponível em: <https://sapl.portovelho.ro.leg.br/ta/1490/text?#:~:text=O%20Plano%20Diretor%20se%20estrutura,sustent%C3%A1veis%20para%20o%20desenvolvimento%20urbano.> 2021.

RABELLO, Antônio Cláudio. *Amazônia: uma fronteira volátil. estudos avançados*, v. 27, p. 213-235, 2013.

REBOITA, Michelle S. et al. Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 1, p. 41-59, 2017.

RIVERO, Sérgio et al. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. *Nova economia*, v. 19, p. 41-66, 2009.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. *Atualização da Cartografia Básica, Porto Velho. Porto Velho: Zoneamento Socioeconômico e Ecológico*, 2002.

SACEK, Victor et al. The Amazon paleoenvironment resulted from geodynamic, climate, and sea-level interactions. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 605, p. 118033, 2023.

SANTOS, D.F.; REBOITA, M.S. Jatos de baixos níveis a leste dos andes: comparação entre duas reanálises. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S.l.], v. 22, maio 2018.

SANTOS, Eliane Barbosa; LUCIO, Paulo Sérgio; SILVA, Cláudio Moisés Santos e. Precipitation regionalization of the Brazilian Amazon. *Atmospheric Science Letters*, v. 16, n. 3, p. 185-192, 2015.

SANTOS, Fábio Soares dos et al. Avaliação da influência das condições meteorológicas na concentração de material particulado fino (MP 2, 5) em Belo Horizonte, MG. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 24, p. 371-381, 2019.

SANTOS, José Guilherme Martins dos; CAMPOS, Cláudia Rejane Jacondino de; LIMA, Kellen Carla. Análise de jatos de baixos níveis associados a um sistema convectivo de mesoescala na América do Sul: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 26, p. 451-468, 2008.

SASSI, Mohamed Saifeddine Hadj; FOURATI, Lamia Chaari. Comprehensive survey on air quality monitoring systems based on emerging computing and communication technologies. *Computer Networks*, p. 108904, 2022.

SHRIVASTAVA, M. et al. Urban pollution greatly enhances formation of natural aerosols over the Amazon rainforest, *Nat. Commun.*, 10, 1046. 2019.

SILVA, Ageo Mario Candido da et al. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, p. 345-352, 2013.

SILVA, Rubicleis Gomes da; LIMA, João Eustáquio de. Avaliação econômica da poluição do ar na Amazônia Ocidental: um estudo de caso do Estado do Acre. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 44, p. 157-178, 2006.

SINGH, Ramesh P.; CHAUHAN, Akshansa. Sources of atmospheric pollution in India. In: *Asian Atmospheric Pollution*. Elsevier, 2022. p. 1-37.

SISENANDO, Herbert A. et al. Potencial genotóxico gerado pela queima de biomassa na Amazônia Legal brasileira pelo bioensaio do micronúcleo Tradescantia: um estudo de avaliação de toxicidade. *Saúde Ambiental*, v. 10, p. 1-9, 2011.

SORRE, Maximilien. *Les fondements de la Géographie Humaine. Tome: I: Le fondements biologiques. Essai d'une écologie de l'homme. Livre I: Le climat et l'homme. Chp I, Le Climat.* Paris, Librairie Armand Colin, 1951.

SOUZA, Leonardo Salema Nogueira et al. Análise de Impactos das queimadas sobre a saúde humana: um estudo de caso do município de Rio Branco, Acre. 2008. Tese de Doutorado.

TEJAS, Graziela Tosini et al. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio do sensoriamento remoto na cidade de Porto Velho/RO (1985-2011). *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 32, 2017.

TEJAS, Graziela Tosini. Estudo da variabilidade climática em Porto Velho/RO-Brasil, no período de 1982 a 2011. *Revista de Geografia*, v. 29, n. 2, p. 63-83, 2012.

TEJAS, Graziela Tosini. Sazonalidade do campo térmico da cidade de Porto Velho/RO, Brasil, entre 2017 a 2018. 2019. Tese de Doutorado.

TEJAS, Graziela Tosini; DE AZEVEDO, Marília Gabriela F.; LOCATELLI, Marília. A influência de áreas verdes no comportamento higrotérmico e na percepção ambiental do cidadão em duas unidades amostrais no município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 6, n. 4, p. 15-34, 2011.

TROPMAIR, H. Metodologias simples para pesquisar o meio ambiente. Rio Claro, Graff Set, 1988. 232p.

VERA, Carolina e cols. O experimento sul-americano do jato de baixo nível. *Boletim da Sociedade Meteorológica Americana*, v. 87, n. 1, pág. 63-78, 2006.

VIEIRA, Samuel de Oliveira. Efeitos da zona de convergência do atlântico sul (zcas) sobre as chuvas na região sul da Amazônia brasileira. 2013.

VINOJ, V.; PANDEY, Satyendra K. Role of meteorology in atmospheric aerosols and air pollution over South Asia. In: *Asian Atmospheric Pollution*. Elsevier, 2022. p. 97-110.

VORMITAG, Evangelina da Motta et al. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 35, p. 7-30, 2021.

WALDHEIM, P. V.; ARAUJO, R. M. M.; CARVALHO, V. S. B. Relação entre altas concentrações de partículas inaláveis e o condicionamento meteorológicos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro entre 2000 e 2005. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, XIV, Florianópolis-SC. 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. World Health Organization, 2006.

WU, Xudong et al. Indoor air particles in research vessel from Shanghai to Antarctic: Characteristics, influencing factors, and potential controlling pathway. *Journal of Environmental Sciences*, v. 126, p. 784-793, 2023.

ZAVATTINI, Joao Afonso. O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. *Geografia*, p. 25-44, 2000.

ZHU, Zhengqiu et al. Multi-sensing paradigm based urban air quality monitoring and hazardous gas source analyzing: a review. *Journal of Safety Science and Resilience*, v. 2, n. 3, p. 131-145, 2021.