



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
MURILO CARLOS DE JESUS TAVARES



ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE NO₂ E O₃ NO AR DO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ COM O USO DE AMOSTRADORES PASSIVOS

Ji-Paraná

2017

MURILO CARLOS DE JESUS TAVARES

**ANALISE DA CONCENTRAÇÃO DE NO₂ E O₃ NO AR DO MUNICÍPIO DE JI-
PARANÁ COM O USO DE AMOSTRADORES PASSIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador (a): Dra. Beatriz Machado Gomes

Ji-Paraná

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

T231a Tavares, Murilo.

Análise da concentração de No2 e O3 no ar no município de Ji-Paraná através de amostradores passivos / Murilo Tavares. -- Ji-Paraná, RO, 2017.

49 f.

Orientador(a): Prof.ª Dra. Beatriz Machado Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) -
Fundação Universidade Federal de Rondônia

1. poluição atmosférica. 2. doenças respiratórias. 3. monitoramento. I.
Gomes, Beatriz Machado. II. Título.

CDU 614.7

Bibliotecário(a) Alex Almeida

CRB 11.853



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE JI-PARANÁ



TÍTULO: ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE NO_2 E O_3 NO AR DO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ ATRAVES DE AMOSTRADORES PASSIVOS.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, pela Fundação Universidade Federal de Rondônia/Campus Ji-Paraná/Departamento de Engenharia Ambiental, em defesa pública em 29 de novembro de 2017.

Nara Luisa Reis de Andrade (membro)
DEA/UNIR

Renata Gonçalves de Aguiar (membro)
DEA/UNIR

Beatriz Machado Gomes (orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo seu cuidado comigo durante todos esses anos, em todas as minhas idas e vindas nesse trajeto, por me dar força e sabedoria para superar os momentos difíceis.

À minha mãe, Regina Célia de Jesus que me deu todo suporte necessário para a formação de quem eu sou hoje, sempre cuidou de mim com o mesmo carinho desde meus primeiros anos. À minha irmã, Camila Higgs pelo apoio, e por todos os momentos. Ao meu pai pelas palavras encorajadoras. À toda minha família pelo carinho e paciência comigo.

Agradeço a minha orientadora professora Beatriz pelos preciosos ensinamentos, sendo eles dos mais diversos possíveis e que levarei por toda a vida. Pela oportunidade que me deu de ingressar nessa pesquisa, e poder expandir meus conhecimentos. Pela paciência, preocupação e pelos esforços em auxiliar nas etapas da pesquisa. Agradeço por contribuir para a minha formação, sendo este exemplo de profissional a ser seguido.

À minha amiga, minha noiva Alyssa Lorraine Pereira por seu carinho, por sua paciência e principalmente por todo seu apoio que foi muito importante nos momentos de dificuldades, momentos em que as vezes faltam força, obrigado por me ajudar a reencontrar forças e chegar até aqui.

Agradeço ao meu primo Bruno por ser uma peça fundamental nessa minha caminhada, pelos seus conselhos, pelo apoio financeiro e pelos serviços prestados à minha moto que me foi muito útil durante este período.

Aos meus amigos, que tornaram toda esta jornada mais divertida, e mais leve, pois me ajudaram a carregar os pesos. Ao Caio por seu apoio, pelos conselhos e por contribuir tanto nos momentos em que eu precisava esquecer os assuntos acadêmicos, como nos momentos em que precisava de ajuda neles. Ao André por sua parceria, e todo seu auxílio nos estudos e diversões.

Ao meu irmãozinho Jaru e sua mãe que durante minha pesquisa cedeu sua escada.

Agradeço aos veteranos Henrique, Rafael Ranconi, Enaldo e Lucas Ton por todo seu apoio nos anos iniciais, por compartilhar o aprendizado e momentos de diversão.

Às calouras Carolina, Dara e Rafaela pelo apoio nas análises e nas coletas, por não medirem esforços para me ajudarem, mesmo em período de recesso.

À todos os professores por compartilharem de seus conhecimentos, obrigado por ensinarem valores que levarei por toda a vida. Em especial ao professor Alberto por compartilhar do espectrofotômetro e pelas divertidas conversas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa que permitiu a realização desta pesquisa.

Enfim a todas as pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram durante toda a graduação e no desenvolvimento deste trabalho o meu muito obrigado.

RESUMO

Toda atividade antrópica traz impactos ao meio ambiente, podendo ser benéfico ou maléfico ao mesmo. Essas alterações, ao extrapolar normas estabelecidas, se tornam poluentes, podendo ser nocivos à saúde humana. Por sua vez, instrumentos de monitoramento da qualidade do ar têm custos onerosos, sendo muitas vezes inviáveis em muitos municípios brasileiros. Amostradores passivos tem menor custo com materiais, sendo uma opção para o monitoramento de locais onde não há um programa de controle do ar com coletores contínuos, o que é o caso do município de Ji-Paraná. O presente trabalho foi elaborado com o intuito de monitorar pontos do município através de amostradores passivos. Para análise das concentrações foi utilizada espectrofotometria, as amostras de NO₂ e O₃ foram analisadas em comprimentos de onda de 540nm e 366nm, respectivamente. As maiores concentrações de NO₂ (92,3 µ.g.m⁻³.h⁻¹) foram medidas no Ginásio Esportivo Gerivaldo José de Souza, local de intenso tráfego, no mês de junho. Para O₃, os maiores valores foram encontrados no posto Vitória 5 (201,44 µgm⁻³h⁻¹), no mês de setembro, valor esse que está acima dos parâmetros legais. O ponto instalado na Universidade Federal de Rondônia, campus de Ji-Paraná apresentou valores de NO₂ e O₃ inferiores aos demais pontos, sendo os maiores valores encontrados para ambos no mês de junho, 22,79 µgm⁻³h⁻¹ e 22,31 µgm⁻³h⁻¹ respectivamente. O monitoramento do O₃ apresentou problemas com o branco, muitas amostras foram descartadas após testes estatísticos. Os amostradores apresentaram eficiência para o monitoramento de NO₂ e O₃, possuíram um baixo custo, e facilidade em manuseá-los.

Palavras-chave: Poluição atmosférica, doenças respiratórias, emissão veicular.

ABSTRACT

All anthropic activities have an impact on the environment and can be beneficial or harmful to the environment. These changes, extrapolating established norms, become polluting and could be harmful to human health. Monitoring instruments are expensive and are often not feasible in many Brazilian municipalities. Passive samplers, have lower cost with materials, being an option for the monitoring of places where there is not an air control program with continuous collectors. Its ease of handling, and the dispensing of batteries facilitate the installation and establishment of low-cost monitoring program. The city of Ji-Paraná is cut by Federal Highway BR-364, which has an important role in the flow of grains mainly from the state of Mato Grosso, to the port of Porto Velho. The present work was elaborated with the intention to monitor points of the municipality through passive samplers. For spectrophotometric analysis, the NO₂ and O₃ samples were analyzed at wavelengths of 540nm and 366nm, respectively. The highest results for NO₂ were obtained at the Gerivaldo José de Souza Sports Gymnasium, a site of intense traffic. In the month of June the value of 92.3 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$. For O₃ the highest values were found in the victory post 5, in the month of September, 201.44 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$, which value is above the legal parameters. The point located at the Federal University of Rondônia, at the Ji-Paraná campus, presented lower NO₂ and O₃ values than the other points, with the highest values found for both in June, 22.79 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$ and 22.31 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$ respectively. Monitoring of O₃ presented problems with white, many samples were discarded after statistical tests. The cases of hospitalizations due to diseases of the respiratory tract showed greater records in the month of March 110 cases, and may be related to the decrease of precipitation indexes being 900mm in February and 290mm in March. The preliminary data did not allow a detailed analysis of the correlation between variables. Samplers were efficient in monitoring NO₂ and O₃, had a low cost, and easy handling. Further study is required for future analyzes and statistical tests.

Keywords: greenhouse effect, respiratory diseases, atmospheric pollution.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
1.1 ATMOSFERA TERRESTRE.....	10
1.2 POLUIÇÃO.....	11
1.2.1 Poluente Atmosférico.....	11
1.3 PRINCIPAIS POLUENTES.....	11
1.4 FONTES DE POLUIÇÃO.....	14
1.5 DISPERSÃO DOS POLUENTES.....	15
1.6 EFEITOS NA SAÚDE.....	16
1.7 TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS NA ATMOSFERA.....	17
1.8 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	19
1.9 MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	20
1.9.1 Amostradores Ativos.....	20
1.9.2 Analisadores Automáticos.....	21
1.9.3 Sensores Remotos.....	22
1.9.4 Biomonitoramento.....	22
1.10 AMOSTRADORES PASSIVOS.....	22
1.10.1 Utilização de amostradores passivos no Brasil.....	24
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	26
2.2 MONTAGEM DO AMOSTRADOR.....	27
2.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR.....	28
2.4 SOLUÇÕES.....	29
2.5 ANÁLISE DO NO ₂	30
2.5.1 Curva Padrão NO ₂	30
2.5.2 Análise da Concentração Presente nos Filtros de NO ₂	30
2.6 ANÁLISE O ₃	31
2.6.1 Curva Padrão.....	31

2.6.2 Análise da Concentração Presente nos Filtros de O ₃	32
2.7 DADOS SECUNDÁRIOS	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1 ANÁLISE DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO	33
3.2 ANÁLISE DO OZÔNIO (O ₃)	35
3.3 DADOS DE SAÚDE	38
3.4 COMPARATIVOS COM OUTROS AUTORES	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	43

INTRODUÇÃO

Toda atividade antrópica traz impactos ao ambiente, podendo ser benéfico ou maléfico ao mesmo. O aumento populacional e a busca pelo progresso impactam a atmosfera acrescentando a mesma substâncias que podem ser ou se tornarem nocivas através de reações com outros componentes atmosféricos, tornando assim o ar poluído (SPIRO e STIGLIANI, 2009).

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), relatório anual de 2016, mais de 80% das pessoas que vivem em áreas urbanas estão expostas a níveis de qualidade do ar que excedem os padrões fixados pela OMS. As cidades que tem a menor renda são as mais afetadas, segundo o relatório, cerca de 98% das cidades em países de baixa e média renda com mais de 100 mil habitantes não cumprem as diretrizes de qualidade de ar da organização (WHO, 2016).

Poluente atmosférico é definido pela resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA 003/1990, como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar, por exemplo, impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde. Podem ser de origem natural ou antrópica, e podem ser lançados diretamente na atmosfera, são o caso dos poluentes primários, ou se formarem por reações envolvendo poluentes primários, são estes os poluentes secundários (BRASIL, 1990).

Os veículos automotores são a maior fonte emissora de dióxido de nitrogênio (NO_2), que por reações químicas na atmosfera produz ozônio (O_3), poluente secundário, que quando encontrado na estratosfera protege a Terra dos raios ultravioletas, porém na troposfera podem ser nocivos aos seres humanos, dependendo da concentração. Trazem como consequência para a saúde humana problemas respiratórios com possíveis interações. Logo é de extrema importância o monitoramento das concentrações de NO_2 e O_3 para a elaboração de ações

preventivas e corretivas, reduzindo assim o risco de contaminação da população (LENZI e FAVEIRO, 2006).

No Brasil é possível observar a predominância de transportes individuais, consequência da precariedade do sistema de transporte coletivo. Com isso tem-se um grande número de veículos em circulação e, conseqüentemente, uma maior emissão de poluentes na atmosfera. A exposição diária a esses poluentes implica no agravamento principalmente de doenças do trato respiratório (CETESB, 1998).

Segundo dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS, 2016), doenças do trato respiratório foram a segunda colocada no ranking de internações no município de Ji-Paraná no ano de 2015, apresentando um total de 1.290 internações, correspondendo a 13,75% do número total, que foi de 9.381. Devido a isso é importante quantificar a concentração desses poluentes, e uma vez que esteja fora dos padrões fixados na legislação, elaborar planos para a redução dos níveis.

Sistemas de monitoramento do ar em sua maioria tem um custo elevado, tanto na implantação, como para a operação e manutenção. Logo, se torna difícil a implantação em várias cidades brasileiras, que contam com um baixo orçamento. Um método que vem sendo testado mundialmente é a utilização de amostradores passivos, que tem um custo de produção muito baixo comparado aos amostradores ativos. Funcionam através da difusão de ar, e são uma solução para cidades que não possuem sistema de monitoramento de ar (CETESB, 1998).

O precursor da utilização de amostradores por difusão de ar foi Palmes e Gunnison (1973), e tem o princípio de transferência de gás baseado na Lei de Fick (CETESB,1998; CRUZ; CAMPOS, 2002), que disserta a respeito da difusão de ar na atmosfera. O princípio do amostrador passivo se utiliza do próprio movimento involuntário dos gases, sem que exista um instrumento controlador. Essa técnica facilita o trabalho, pois não dispõe de grandes equipamentos e onerosos, o que auxilia no transporte e aquisição dos aparelhos. Assim se torna viável a análise, inclusive, de zonas rurais, pois dispensa a utilização de baterias.

Mediante o exposto tem-se como objetivo neste trabalho: avaliar e quantificar a concentração média anual de NO₂ e O₃ presentes no ar do município de Ji-Paraná, com o uso de amostradores passivos de baixo custo; analisar as concentrações estabelecidas nos parâmetros legais; realizar avaliação do uso deste tipo de amostrador.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 ATMOSFERA TERRESTRE

A atmosfera atua como uma manta protetora que dá suporte a vida na Terra e protege do ambiente hostil do espaço exterior. Faz parte do ciclo hidrológico, transportando a água dos oceanos para a terra e absorve radiação ultravioleta do sol estabilizando a temperatura terrestre (MANAHAN, 2000).

O ar é formado por uma mistura de gases que compõem a atmosfera da Terra. Tem como principais compostos o nitrogênio, oxigênio e argônio, conforme mostrado na Tabela 1. O ar filtrado contém traços de vários outros compostos químicos, como: poeira, pólen e esporos, cinzas, entre outros (LENZI; FAVEIRO, 2009).

Tabela 1 – Composição do ar seco.

Espécie Química	Concentração
Nitrogênio (N ₂)	78,084%
Oxigênio (O ₂)	20,946%
Argônio (Ar)	0,934%
Gás Carbônico (CO ₂)	0,0358%
Neônio (N)	0,0018%
Hélio (He)	0,00052%
Metano	0,00017%
Criptônio	0,00011%
Hidrogênio	0,00005%
Xenônio	0,00003%
Ozônio	0,00004%

Fonte: LENZI e FAVEIRO (2009).

Além dos gases apresentados acima, a atmosfera também é composta de vapor d'água, que tem um papel importante na absorção de radiação refletida pelo solo, atuando na distribuição da temperatura. Por sua capacidade de mudar de estado em condições naturais, é responsável pela origem das nuvens e por fenômenos atmosféricos importantes como o efeito estufa, processo natural que mantém a terra aquecida (DIAS et al., 2007).

A atmosfera está dividida em cinco camadas, sendo elas: a troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera. Por se tratar de um meio fluido, não existem limites definidos entre estas. A divisão se baseia na composição química, pela distribuição vertical de temperatura e pressão (SILVA et al., 2009).

A troposfera é a de maior importância para os seres vivos, pois é a que proporciona condições a vida na terra. Ela se estende por toda a superfície terrestre e concentra quase todo o vapor d'água contido na atmosfera. Sua espessura tem em média 12 km, podendo variar de 17 km nos trópicos e chegando a 7 km nos polos.

1.2 POLUIÇÃO

1.2.1 Poluente Atmosférico

Segundo Derísio (2012), poluente atmosférico pode ser entendido como qualquer substância em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, na segurança e no bem-estar do homem. Tanto os contaminantes como os poluentes podem ser substâncias quaisquer que venham a ocorrer acima dos níveis estabelecidos como normais, sendo o que os diferenciam, respectivamente, o fato de não causar algum efeito danoso e afetar de forma danosa a qualidade dos recursos ambientais.

A resolução CONAMA 003 de 1990, que traz os padrões de lançamentos de poluentes na atmosfera, trata poluente atmosférico como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, tempo ou características que esteja em desacordo com os níveis estabelecidos, que possam vir a tornar o ar impróprio nocivo ou ofensivo à saúde, podendo ser inconveniente ao bem-estar público, causando danos aos materiais, à fauna e a flora (BRASIL, 1990).

1.3 PRINCIPAIS POLUENTES

Os principais poluentes atmosféricos são elencados de acordo com a abordagem adotada por cada país, balanceando os riscos à saúde, viabilidade técnica, economia, e fatores políticos sociais, dependendo da capacidade nacional de gerenciar tais parâmetros.

Os seguintes poluentes são destacados pela CONAMA 003/90, e têm seus padrões de lançamento a serem monitorados: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

Material Particulado remete a uma grande classe de substâncias químicas suspensas na atmosfera terrestre em forma de partículas, que possuem dimensões microscópicas a submicroscópicas, porém maior que as dimensões moleculares. Compreende partículas sólidas e líquidas, sendo excluída a água pura. As propriedades das partículas variam de forma química, física, morfológica, parâmetros ópticos e características elétricas (ALMEIDA, 1999).

As Partículas totais em suspensão (PTS), que são, de forma simplificada, partículas que o diâmetro seja menor que 50 μm , podem afetar tanto a saúde humana, como afetar a estética do ambiente, afetando a qualidade de vida.

Partículas inaláveis podem ser definidas como aquelas cujo diâmetro é menor que 10 μm . Dentro dessa classificação ainda pode ser subdividida em partículas finas $\text{MP}_{2,5}$, que são partículas menores que 2,5 μm , e partículas inaláveis grossas MP_{10} , partículas que vão de 2,5 μm a 10 μm . As partículas finas possuem maior acidez e podem afetar as partes mais inferiores do trato respiratório como os alvéolos pulmonares. Uma característica importante do MP_{10} é sua capacidade de transporte de gases, que ficam adsorvidos em sua superfície, carregando-os até partes inferiores das vias aéreas (BALES, 2015; CETESB, 2003).

Os óxidos de enxofre (SO_x) consistem em um grupo de gases, no qual se destaca o dióxido de enxofre (SO_2) por seu forte odor e ausência de cor, quando puro. Os efeitos causados na saúde do ser humano podem ser a irritação da pele, problemas respiratórios, podendo até ser letal dependendo das condições. Pode ser removido do ar facilmente através das chuvas, sendo depositados como aerossóis, porém sua precipitação está associada às chuvas ácidas, causando danos à saúde e aos patrimônios públicos (LENZI; FAVERO, 2009).

A nomenclatura óxidos de nitrogênio remete ao monóxido de nitrogênio (NO) e ao dióxido de nitrogênio (NO_2). Suas maiores fontes de emissão são a queima de combustíveis fósseis, as emissões do solo sendo naturais e antrópicas, e a queima de biomassa (SEINFELD e PANDIS, 1998).

O NO_2 é um gás incolor, muito importante para estudo devido sua participação em diversos fenômenos atmosféricos como: o smog fotoquímico e a depleção do ozônio. Suas principais fontes são os veículos automotores, a produção de energia através da queima de combustíveis fósseis e as indústrias que os lançam através de suas chaminés. Os óxidos de nitrogênio quando inalados podem ligar-se ao ferro da hemoglobina e diminuir a capacidade de

transporte do oxigênio, podendo causar a inflamações pulmonares, bronquite e longas exposições a concentrações superiores a 500 ppm podem levar à morte (LENZI e FAVERO, 2006).

Segundo CETESB (2003), a estimativa de emissões de NO_x na Região Metropolitana de Campinas para o ano de 2002 foi de 84.400 t ano⁻¹, dessas 66.600 t ano⁻¹ provieram de emissões veiculares e uma quantia de 17.800 t ano⁻¹ provenientes de processos industriais. Relatórios como esses evidenciam a importância do controle de emissões provenientes do transporte, visto a grande parcela que representam.

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor sem odor e sem gosto. Sua origem pode ser natural através de reações químicas na atmosfera, ou antrópica tendo como principal fonte os motores a combustão. É tóxico ao ser humano, e aos animais que possuem transporte de oxigênio sanguíneo, que tem a hemoglobina como responsável. O CO possui afinidade com a hemoglobina, ligando-se de forma mais estável, impedindo a oxigenação do sangue, podendo levar o indivíduo a asfixiar-se dependendo dos níveis de concentração do poluente (LENZI e FAVERO, 2009; RANA, 2006).

Compostos que em geral são encontrados em regiões poluídas. Os principais constituintes são: metano, etano, propano, octano (gasolina), os alcenos e os alcinos. Isoladamente não causam prejuízos, porém suas reações que ocorrem na presença de radiação solar e dióxidos de nitrogênio preocupam, devido a formação de ozônio (VIEIRA, 2012).

O ozônio é um poluente secundário, ou seja, não é lançado diretamente na atmosfera pelas fontes de lançamento de poluentes, mas produzido na troposfera a partir de reações envolvendo óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e a presença de luz solar (SILVA, 2013).

O ozônio (O₃) é um gás que tem um papel importante na manutenção de vida na terra quando encontrado na estratosfera, devido sua capacidade de absorção de radiação atuando como uma manta protetora, porém na troposfera é altamente tóxico aos seres vivos. Sua concentração na troposfera depende de parâmetros naturais e antrópicos, sendo eles: a presença de radiação, o deslocamento das massas de ar, a composição química natural da atmosfera e a poluição causada pelas atividades do ser humano (TRESMONDI, 2003).

Seus efeitos a saúde podem se manifestar desde concentrações de 1ppm, resultando o estreitamento das vias aéreas nos pulmões, criando uma resistência à passagem do ar. A exposição a altas concentrações acarretam problemas na traqueia, aumentando o muco e expondo o indivíduo ao desenvolvimento de infecções (BRAGA et al., 2001).

1.4 FONTES DE POLUIÇÃO

Existem inúmeras fontes de poluição do ar, estas podem ser classificadas como naturais, como por exemplo os grãos de areia que são carregados pela ação do vento, ou antrópicas, como a liberação de gases em uma indústria. Além desta classificação, também podem ser divididas em fontes fixas, como por exemplo vulcões e indústrias, e fontes móveis, os automóveis, aviões e trens (BUCCO,2010; TRESMONDI, 2003).

Os poluentes são classificados em primários e secundários, como ilustrado na Figura 1.

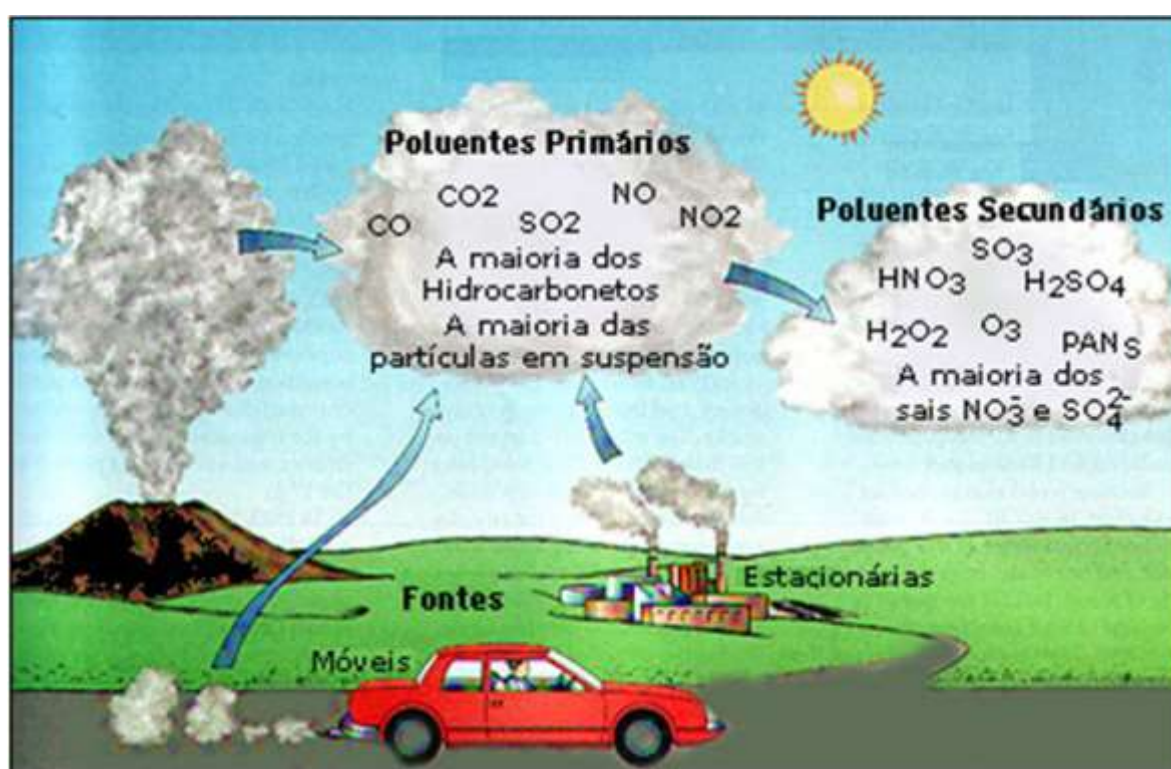


Figura 1 – Formação dos poluentes Primários e secundários na atmosfera.
Fonte: BUCCO (2010).

Poluentes primários são aqueles emitidos diretamente de fonte de emissão, como as indústrias, os escapamentos e motores, as queimadas, aterros sanitários, solventes de tintas. Como exemplos, tem-se o dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos e partículas em suspensão.

Poluentes secundários são aqueles obtidos a partir das reações dos poluentes primários na atmosfera, por exemplo, através da sua formação por oxidações fotoquímicas como é o ozônio (O_3), que provoca danos ao meio ambiente e outros como o peroxiacetilnitrato (PAN), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e os aldeídos.

As erupções vulcânicas são exemplo de uma fonte natural de poluição do ar. Um vulcão em atividade emite toneladas de material particulado e também SO_2 e H_2S . Sua magnitude pode atingir uma considerável distância da zona de lançamento dos poluentes e sua nuvem de poluição pode permanecer por longos períodos de tempo. Outro exemplo são os oceanos, que continuamente emitem aerossóis em forma de partículas de sal. O choque das ondas contra as rochas as reduz a areia que com a ação dos ventos se tornam material particulado. As árvores apesar de terem um importante papel na conversão do CO_2 em oxigênio através da fotossíntese, são também as maiores fontes de hidrocarbonetos do planeta (VALLERO, 2008).

As fontes de produção industrial são estacionárias e cada uma delas emitem uma quantidade consistente de poluentes diariamente. Em sua maioria a grande quantidade de poluição vem da fabricação de produtos a partir das seguintes matérias primas: Ferro e aço de minério, madeira, gasolina e outros combustíveis fósseis, e pedras de pedreiras. O processo de obtenção desses materiais resulta em um produto, juntamente com vários resíduos denominados poluentes (VALLERO, 2008).

Nos centros urbanos as principais fontes de poluição são para obtenção de energia através da queima de combustíveis fósseis e os gases emitidos pelos veículos a combustão. Este segundo uma das maiores preocupações para os administradores de grandes centros populacionais. Os carros são uma fonte primária de poluição atmosférica, emitindo o NO_x e hidrocarbonetos voláteis, que se tornam um problema maior ao reagir na presença de luz solar formando o ozônio. Seus efeitos podem causar interações por problemas respiratórios e elevar a temperatura local (ARTIOLA, 2004).

A poluição do ar nas zonas rurais é em sua maioria proveniente da agricultura, através do carreamento de material particulado proveniente dos solos descobertos de vegetação. A aplicação de inseticidas e pesticidas é um grande agravante nessas zonas, devido a dispersão de grande parte através do vento, queimadas, uso de maquinários, e os gases emitidos pelos animais também causam a poluição do ar em zonas rurais (ARTIOLA, 2004).

1.5 DISPERSÃO DOS POLUENTES

Sendo composta em sua maioria por gases, e vapor d'água, a dispersão dos poluentes na atmosfera depende da movimentação dessa massa de gases. Ela varia de acordo com as características do ambiente.

O vento desloca os gases atmosféricos em grande escala, esse deslocamento é causado devido a diferença de pressões. O ar move-se horizontalmente, com as correntes de ar criadas pelo movimento para cima e para baixo, com o ar escapando de uma região de alta pressão para áreas de baixa pressão. A ausência de vento em algumas situações pode ocasionar a transformação de poluentes primário, em poluentes ainda mais tóxicos, poluentes secundários (MANAHAN, 2000).

Segundo Manahan (2000), a topografia, os ventos e correntes de ar são fortemente influenciados pela configuração da superfície e características da superfície da terra.

O estudo sobre o clima local é importante para entender a dispersão dos gases em determinada região. Os modelos matemáticos são desenvolvidos com o intuito de simular a dispersão dos poluentes no ar, e auxiliar no conhecimento da contribuição de fontes de poluição na qualidade do ar de uma região. Os modelos consistem em algoritmos que relacionam principalmente a descrição de processos que regem o transporte e a difusão dos poluentes. A meteorologia possui um papel fundamental para o controle da qualidade do ar, pois estes eventos guiam a dispersão de poluentes e sua deposição no solo (LISBOA e KAWANO, 2010; MOREIRA et al. 2008).

1.6 EFEITOS NA SAÚDE

Os problemas causados pela poluição atmosférica não são exclusividade dos dias atuais. Registros datados da era medieval relatam problemas respiratórios relacionados com a queima de carvão. Em Londres era proibida tal prática durante as sessões do Parlamento. A revolução industrial acelerou o mercado, e também os problemas relacionados à poluição do ar (POULOPOULOS, 2016).

Documento emitido pela *World Health Organization* (WHO), em março de 2014, anunciou que poluição ambiental passava a ser o maior risco para a saúde ambiental no mundo. Países em desenvolvimento, e países desenvolvidos são afetados. Ainda segundo a WHO, a cada oito mortes no ano de 2012, 1 estava relacionada a poluição do ar.

Segundo Tang et al. (2017), a exposição às concentrações extremamente elevadas de aerossóis e gases traços pode levar a importantes resultados de saúde humana, incluindo doenças respiratórias, cardiovasculares e cerebrovasculares e tumores malignos. Em um estudo realizado em Beijing, China, foi encontrado correlação de mortalidade por doenças circulatórias com concentrações de cálcio, sulfato, nitrato e formaldeído. As doenças respiratórias foram

correlacionadas com cálcio, sulfato e nitrato e os tumores malignos foram correlacionados com amônio, nitrato e formaldeído com um atraso de 11 anos, dado ao efeito cumulativo.

O local com maior número de casos de problemas respiratórios no Brasil está no estado de São Paulo, uma das maiores metrópoles do mundo. Com isso, os estudos que associam poluentes com problemas na saúde concentram-se, em sua maioria, neste estado (CETESB, 1998).

Estudo realizado por Dapper et al. (2016), elencou os principais trabalhos relacionando doenças com poluição atmosférica no estado de São Paulo. Foram encontrados 18 trabalhos dentro do campo de interesse levantado pelo autor. Todos os trabalhos encontraram alguma evidência da influência da poluição nos casos das doenças analisadas.

Trabalho similar foi realizado por Pereira e Limongi (2015), no qual foram levantadas pesquisas realizadas em todo o Brasil, e após revisão sistemática foram obtidos 56 trabalhos relacionados à poluição do ar com efeitos na saúde humana. Na pesquisa também foi feito levantamento das fontes de poluição. Dos trabalhos encontrados, 91,1% tem como fonte de emissão os veículos e indústrias, em menor proporção, 8,9% apareceram a queima de biomassa.

Martins et al. (2002) verificou no município de São Paulo - SP a relação de casos de pneumonia e gripe com concentração de poluentes atmosféricos, e encontrou resultados que evidenciam essa relação. Os poluentes analisados foram: CO, O₃, SO₂, NO₂ e Material Particulado - M.P. Estudo semelhante realizado por Bakonyi et al. (2004) no município de Curitiba - PR, obteve forte correlação entre o número de registros de internações de crianças por problemas respiratórios com dados de poluentes atmosféricos.

1.7 TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS NA ATMOSFERA

Além dos gases já existentes na atmosfera, há a parcela emitida pelas atividades antrópicas. A forma como esses gases interagem com o meio em que são dispostos vai determinar os efeitos ambientais causados. Variações de temperatura, composição, umidade e intensidade luminosa que ocorrem na atmosfera, podem sujeitar um componente a diferentes processos físicos e químicos (SILVA, 2013; DIAS, 2007).

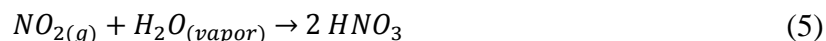
O NO é formado pela oxidação de nitrogênio presente no combustível fóssil. Sua formação também pode se dar em altas temperaturas e altas pressões, através da reação de nitrogênio e oxigênio, em sistemas de combustão (LENZI e FAVERO, 2006):



Na atmosfera o óxido nítrico pode combinar-se com oxigênio ou ozônio e formar dióxido de nitrogênio:



Na atmosfera o NO₂ pode ser convertido a NO₂ e NO₃, estes podem ser lavados da atmosfera com a ação da precipitação. Esta dissolução do nitrato na gota de água condiciona a formação do ácido nítrico, HNO₃, um dos responsáveis pela chuva ácida.



É importante compreender a formação do ozônio, e as condições climáticas favoráveis à sua formação, assim como sua dispersão no ambiente espacial para que ações de mitigação de seus formadores sejam tomadas, visando seu controle.

A formação do ozônio se dá basicamente pela fotólise do dióxido de nitrogênio (NO₂), expressadas pelas seguintes reações (SEINFELD e PANDIS, 1998):



Onde:

hv= energia fotoquímica da radiação ultravioleta (ou um fóton)

M= N₂ ou O₂ ou outra molécula que absorva a energia vibracional em excesso da reação.

O ozônio formado é rapidamente dissociado pela reação com o NO:



1.8 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Com o crescimento urbano e industrial acelerado, o aumento no número de veículos afetando negativamente o meio ambiente e a saúde humana, instituiu-se em junho de 1989 o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR, que funciona como um instrumento básico para a gestão ambiental, visando a manutenção da qualidade de vida das populações, garantindo o desenvolvimento econômico de forma ambientalmente segura (BRASIL, 1989).

Como um instrumento do PRONAR, a legislação que determina os padrões de lançamento de poluentes atmosféricos é a CONAMA 003/90 (BRASIL, 1990), ela é o dispositivo regulador apresentando os valores que ultrapassados podem vir a trazer consequências à saúde da população. Os valores fixados pela legislação são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros nacionais de Qualidade do Ar, segundo a Resolução CONAMA 003 de 1990.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	24 horas ¹	240	150
	MGA ²	80	60
Dióxido de Enxofre	24 horas	365	100
	MMA ³	80	40
Monóxido de Carbono	1 hora ¹	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)
	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)
Ozônio	1 hora ¹	160	160
Fumaça	24horas ¹	150	100
	MMA	60	40
Partículas Inaláveis	24 horas ¹	150	150

Tabela 2: Parâmetros nacionais de Qualidade do Ar, segundo a Resolução CONAMA 003 de 1990.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	MMA ³	50	50
Dióxido de Nitrogênio	1 hora ¹	320	190
	MMA ³	100	100

Fonte: Adaptado Resolução CONAMA 003/90.

¹Não deve ser ultrapassado mais que uma vez ao ano

²MGA – média geométrica anual

³MMA – média aritmética anual

Além desta, existem outras resoluções reguladoras de poluição atmosférica como por exemplo a resolução CONAMA 008 de 1990, que dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição com potências nominais de até 70 MW e superiores (BRASIL, 1990b).

A resolução CONAMA 018/86 (BRASIL, 1986), dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Nesta são estabelecido os níveis de emissões dos veículos automotores, sendo estes uma principal fonte móvel de poluição atmosférica. Os poluentes regulados por esta resolução são: monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio.

Outras resoluções que regulam o lançamento de poluentes atmosféricos no território brasileiro são: Resolução CONAMA 264/99 (BRASIL, 1999), estabelece padrões de emissão para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer; resolução CONAMA 316/00 (BRASIL, 2000) dispõe sobre os procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, não se aplicando para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos, exceto para as dioxinas e furanos; e resolução CONAMA 382/06 (BRASIL, 2006), traz os limites máximos para a emissão de poluentes por equipamentos, instalações ou processos de produção de locais específicos.

1.9 MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

1.9.1 Amostradores Ativos

Os amostradores ativos (Figura 2), funcionam através de um equipamento em que uma bomba realiza a sucção de um volume de ar através de um determinado período de tempo,

geralmente de 24 horas. A coleta pode ser feita através de processo de absorção, adsorção, impactação, filtração, difusão, reação ou por uma combinação destes. A concentração dos poluentes é realizada posteriormente em laboratório. Esta metodologia é comumente utilizada para a determinação do SO₂ e material particulado, porem também é possível realizar amostragem do NO₂, O₃, Pb. Seu uso tem sido reduzido com o surgimento dos analisadores automáticos (SILVA, 2013).

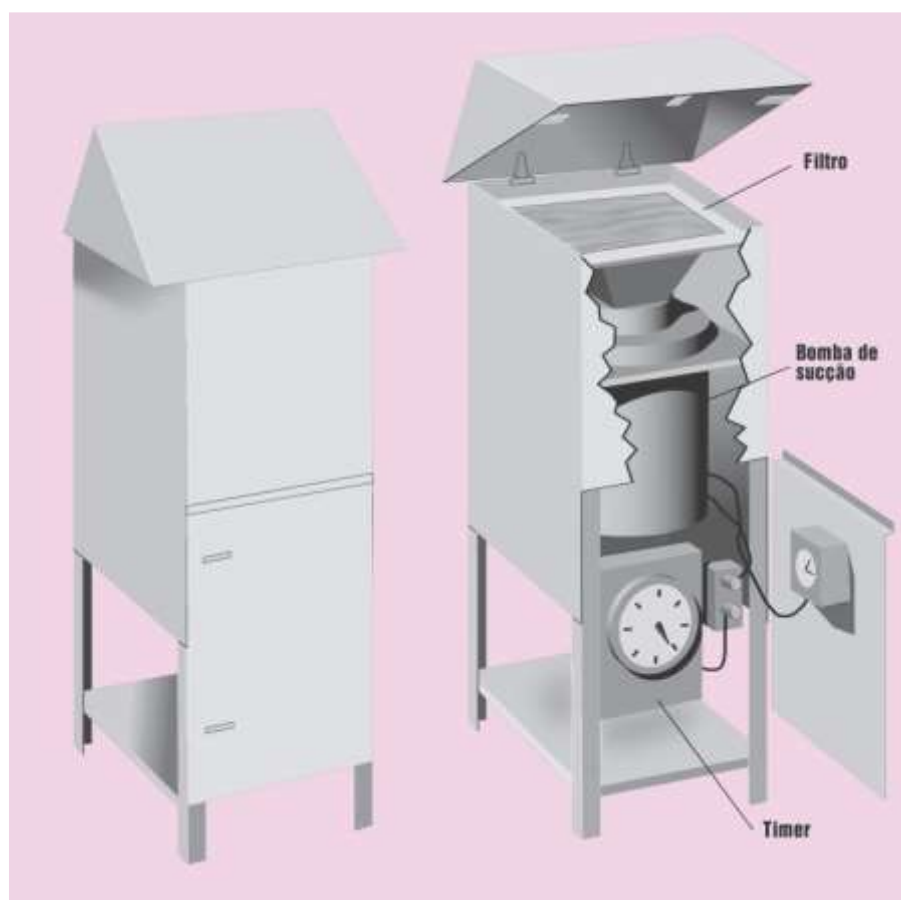


Figura 2: Amostrador Ativo de grande volume.
Fonte: Lacava (2003).

1.9.2 Analisadores Automáticos

Os analisadores automáticos utilizam princípios eletroópticos, e apresentam medidas com resolução temporal relativamente alta, média de 30 ou 60 minutos. O ar entra em uma câmara de reação onde a propriedade ótica do gás pode ser medida diretamente ou através de reação química, produzindo quimiluminescência ou luz fluorescente. Um detector de luz produz um sinal elétrico proporcional à concentração do poluente que está sendo medida, e para cada

poluente é utilizado um diferente princípio eletroóptico. Seus resultados possuem um elevado grau de precisão, mas exigem mão de obra qualificada para manutenção, operação e controle de qualidade dos dados gerados (LACAVA, 2003).

1.9.3 Sensores Remotos

Os sensores remotos funcionam através da integração de uma fonte de luz e um receptor, geralmente a uma distância superior a 100m. Sua faixa de trabalho pode ir do ultravioleta e próximo ao infravermelho. São utilizados com maior frequência para o monitoramento de hidrocarbonetos e monóxido de carbono que são emitidos por veículos (LISBOA e KAWANO, 2007).

1.9.4 Biomonitoramento

O biomonitoramento é realizado através do impacto causado em seres vivos devido a presença de poluentes. Neste método existe duas tipologias principais: a primeira consiste em observar os danos morfológicos causados por contaminantes que podem afetar atividades dos sistemas enzimáticos, fotossintéticas ou respiratórias; a segunda mede os contaminantes armazenados nos tecidos dos seres através da capacidade de acumulação de contaminantes em seus tecidos (VIEIRA, 2012)

O crescente interesse em verificar o impacto de poluentes nos seres vivos tem popularizado a utilização dos biomonitores. Bromélias têm sido utilizadas para o monitoramento de metais pesados. Bromélias do gênero *Tillandsia recurvata* foram utilizadas por Correa et al. (2016) para o biomonitoramento no município de Taubaté, São Paulo através do fator cumulativo.

1.10 AMOSTRADORES PASSIVOS

O monitoramento utilizando amostradores passivos, utiliza-se da capacidade de difusão dos gases. A difusão é descrita como a tendência de as moléculas migrarem de uma região de concentração mais alta, para uma de baixa concentração. A concentração do gás tende a se equilibrar preenchendo todos os ambientes, como exemplificado na Figura 3 a seguir.

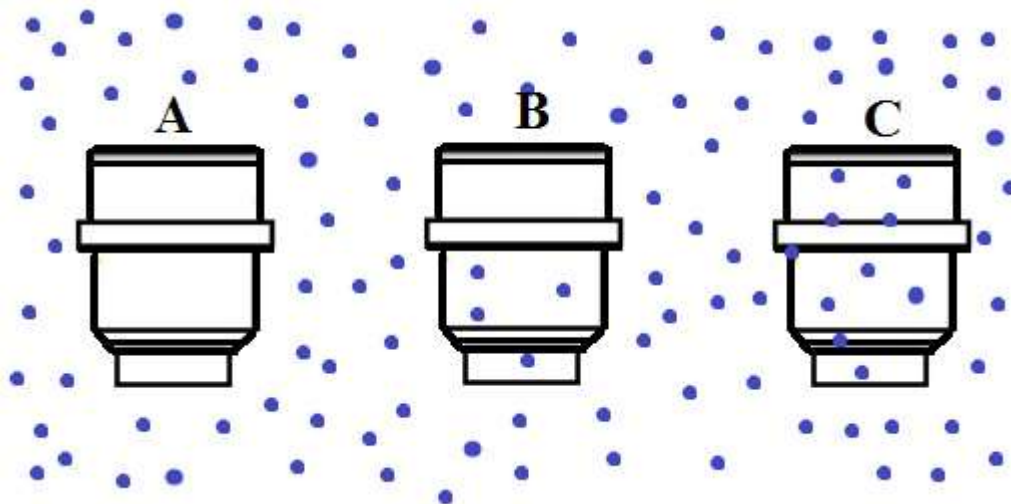


Figura 3 – Esquemática do processo de difusão aplicado aos amostradores.
Fonte: Autor.

Analisando a Figura 3, no amostrador A há uma barreira na entrada do amostrador impedindo a entrada dos gases concentrados no ambiente externo. No B, com a retirada da barreira, a concentração tende a preencher o ambiente com baixa concentração. E finalmente no amostrador C, observa-se o equilíbrio da concentração exterior com a interior.

Palmer e Lindeboom (1979) utilizaram o princípio da difusão para a construção de seus amostradores, sendo um dos precursores deste método de amostragem. O modelo utilizado é apresentado na Figura 4.

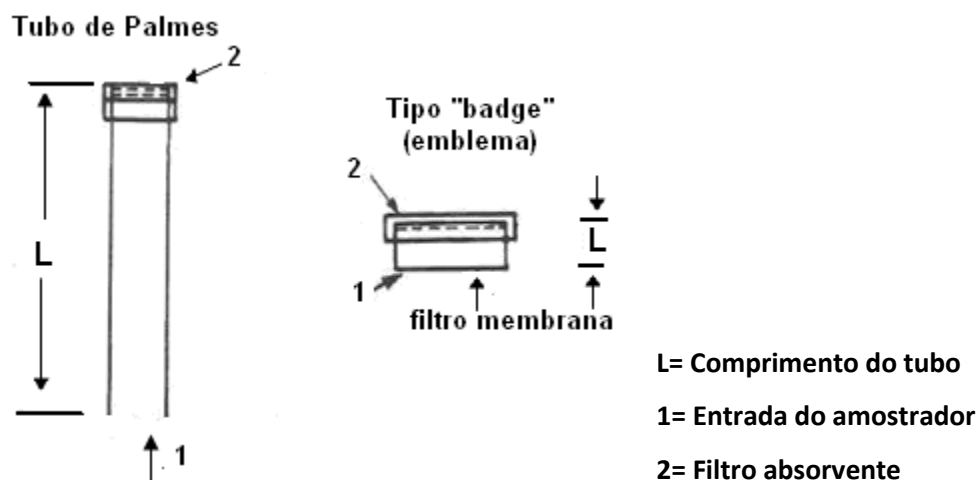


Figura 4 – Tubo de Palmes utilizando a primeira Lei de Fick.
Fonte: CETESB (1998).

A equação utilizada para a determinação da concentração externa do poluente baseando-se na Lei de Fick foi a seguinte:

$$JA = D \frac{A}{L} c \quad (9)$$

Onde:

J = fluxo de difusão (mol/cm²/s),

A = área da seção transversal do tubo (cm²),

D = coeficiente de difusão (cm²/s),

L = comprimento de tubos (cm) e

c = concentração do gás contaminante (mol/ cm³).

CETESB (1998) trabalha com massa em vez da quantidade molar, resultando na seguinte equação:

$$F = JA = D \frac{A}{L} c \quad (10)$$

Onde:

J = fluxo de difusão do gás de 1 até 2 (µg/m²/s) (Figura 4),

A = área da seção transversal do tubo (m²),

D = coeficiente de difusibilidade molecular do gás coletado no ar (cm²/s),

L = comprimento de tubos (cm) e

c = concentração do gás nos pontos 1 e 2 (µg/ m³).

F= taxa de transferência de massa (µg/s)

1.10.1 Utilização de amostradores passivos no Brasil

A busca pelo monitoramento ambiental, e a procura de tecnologias acessíveis tem impulsionado o uso de amostradores passivos. É crescente a aplicação da técnica em diversas cidades brasileiras e também em outros países.

Bucco (2010) realizou seu trabalho em área urbana, com um amostrador construído em placa de petri e anéis nitrílico para a fixação do filtro de fibra de vidro e da tela para evitar a turbulência. Para a validação de seus resultados, foram utilizados dados da estação de monitoramento ativo do município de Curitiba – PR. Os resultados se mostraram favoráveis a utilização do método para o monitoramento do NO₂, e apontou a necessidade da coleta de mais dados para o aprimoramento da técnica aplicada ao O₃.

O trabalho de Campos (2006) utilizou também estações de monitoramento ativo para a validação das concentrações obtidas por amostradores passivos. Seu amostrador foi construído em polietileno, e no fundo do amostrador era fixado um filtro de celulose impregnado com a solução absorvedora específica para cada tipo de poluente. Como método de análise das concentrações utilizaram para NO₂ espectrofotometria UV-VIS e para O₃ cromatografia gasosa. Concluíram que os amostradores tiveram bom desempenho, com medidas apresentando precisão e exatidão conforme literatura.

Vieira (2012) monitorou a qualidade do ar no Campus da Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Neste trabalho foi monitorado o NO₂, O₃ e SO₂, e a análise das concentrações foram feitas através de espectrofotometria. Obteve-se resultados favoráveis quanto a técnica de monitoramento. Souza (2016) realizou trabalho similar no município de Porto Velho, Rondônia. Neste fora realizado a análise somente do NO₂ em 5 pontos de coleta com base no tráfego veicular da cidade.

É crescente a preocupação com a necessidade de conhecer aquilo que respiramos diariamente, logo, técnica como essas, que tem um nível de acessibilidade maior para o meio acadêmico, se torna viável e contribui para a melhoria da qualidade de vida da população.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Ji-Paraná, que possui uma população estimada em 116.610 habitantes, segundo o último senso demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). A cidade é cortada por uma rodovia federal, que tem um relevante papel no transporte de grãos, combustíveis, e outros produtos de origem nacional. A Figura 5 apresenta a localização em que os amostradores passivos foram instalados.

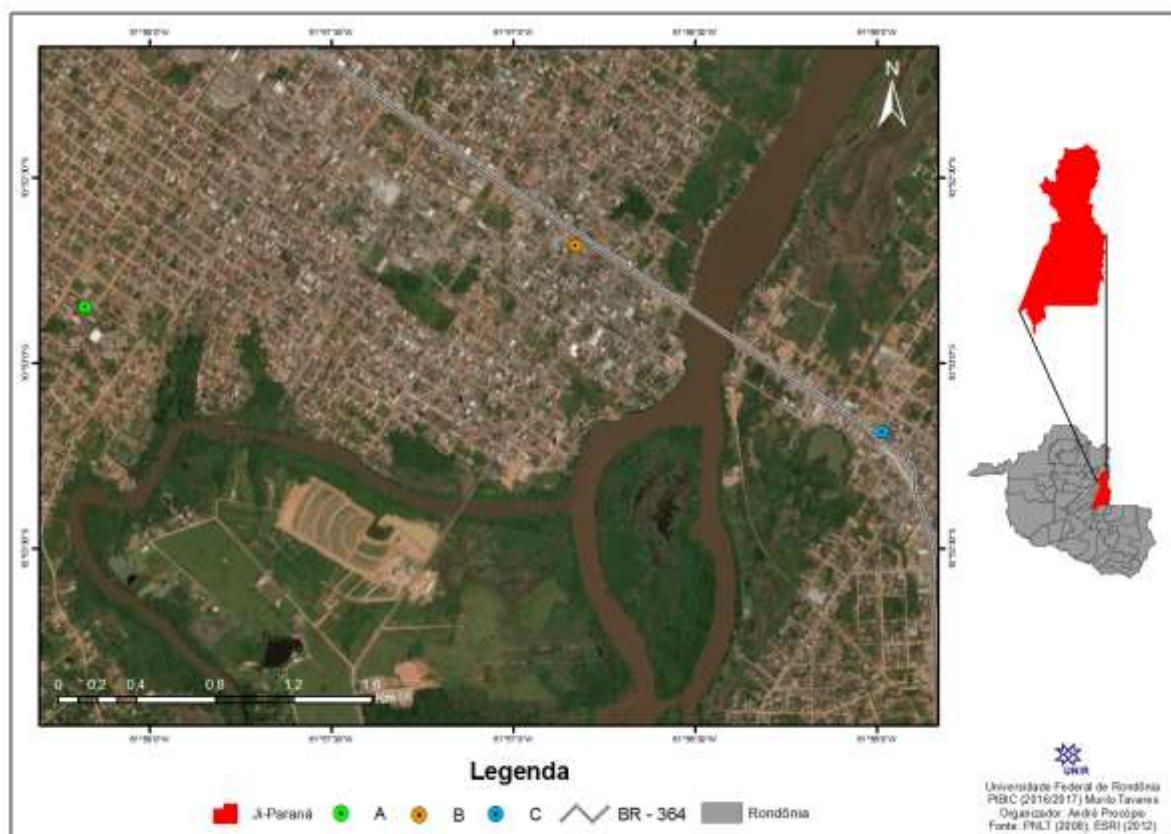


Figura 5 – Localização dos pontos de amostragem, Ji-Paraná, RO.

Os locais escolhidos levaram em consideração principalmente o fluxo de veículos nas vias, sendo observado *in loco*. O ponto A foi instalado na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus Ji-Paraná, com o intuito de comparar os valores obtidos, visto que nas proximidades da UNIR o fluxo de veículos é inferior aos demais pontos. O ponto B localizado

no Ginásio Gerivaldo José de Souza, popularmente conhecido como Gerivaldão, fica às margens da rodovia federal BR-364 em frente a um semáforo. O ponto C localiza-se também às margens da rodovia próximo a um posto de gasolina desativado.

2.2 MONTAGEM DO AMOSTRADOR

O amostrador foi construído com base nos trabalhos de Bucco (2010) e Vieira (2012), sendo adaptado buscando o aperfeiçoamento da ferramenta. O primeiro trabalho utilizou placas de petri, seu curto espaço entre as sessões do amostrador não permitiam a correta fixação da tela o que ocasionava a perda de muitas amostras. No presente trabalho buscou-se a correção destes problemas encontrados pela autora. Para a confecção da ferramenta foi utilizado peças de PVC, atentando-se para o perfeito encaixe e fixação dos componentes do amostrador.

Foi construído em PVC, utilizando uma tampa com diâmetro de 50cm, e uma “redução” de 40cm para 30cm de diâmetro. O esquema da montagem pode ser observado na Figura 6 e 7.



Figura 6 – Esquema de montagem do amostrador.

Fonte: Autor.

Para a fixação do filtro de fibra de vidro e da tela de proteção, foram utilizados anéis de borracha de 40cm de diâmetro, como é possível observar na Figura 7. Para as coletas de O₃ não foi utilizado tela de proteção contra turbulência.



Figura 7 – Peças do amostrador.

2.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Os amostradores foram instalados nos pontos acima mencionados em campanhas de cinco dias, sendo realizadas duas campanhas por mês, sem intervalo entre elas. Instalava-se os amostradores, passados 5 dias eram trocados por outra remessa. Os meses analisados foram de fevereiro a setembro do ano de 2017. Os amostradores foram fixados a no mínimo 2m do chão.

Em cada ponto foram fixados 4 amostradores para cada poluente, sendo 3 com a entrada de ar livre para a captação das concentrações e uma amostra exposta as mesmas condições de luminosidade de temperatura porém isolada da entrada de ar, sendo o branco.

Os resultados são transformados para as unidades padrões, para encontrar a concentração externa dos poluentes é utilizada a Eq. 2, isolando o c , o resultado é dado em $\mu\text{g.m}^{-3}$ nisto tem-se o resultado da concentração para o período analisado. Neste trabalho serão analisadas exposições de 5 dias, logo para obter o resultado final em $\mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ a eq. 2 será dividida por 120h.

Após o período de exposição, foram retirados e dispostos em uma caixa térmica, isolados de luz e conservados em refrigerador até a data de análise.

A análise das concentrações presentes no filtro conservados em refrigeração ocorreu no Laboratório de Hidrogeoquímica da Universidade Federal de Rondônia, Campus Ji-Paraná,

utilizando espectrofotômetro de marca LAB 1000. Os procedimentos realizados seguiram o rigor e padrões técnicos exigidos em laboratório.

2.4 SOLUÇÕES

As soluções foram desenvolvidas utilizando como referência os trabalhos de Bucco (2010) e Vieira (2012), e a título de consulta foi utilizado o Standard Methods.

Todas as vidrarias utilizadas para o preparo das soluções passaram por processo de limpeza exigido em laboratório. Foram utilizados três tipos de soluções para cada poluente, sendo elas: absorvedora, reagente e solução de estoque para obter a curva padrão de cada poluente. As soluções utilizadas e as concentrações de cada substância utilizada encontram-se dispostas no Quadro 1.

Quadro 1- Informações das soluções utilizadas para determinação de cada poluente.

Poluente	Absorvedora	Estoque	Reagente
NO ₂	Dissolveram-se 4,5 g de iodeto de sódio em 50 ml de água destilada, a esta mistura dissolveu-se 0,5 de carbonato de sódio e dilui-se para 100 ml.	0,230 g de nitrito de sódio diluídos em 1 L de água destilada.	5,0 g de sulfanilamida dissolvida em aproximadamente 500 ml de água destilada contendo 9,2 mL de ácido fosfórico (85%). Após a dissolução, adiciona-se 0,05g de NEDA(N-(1-nafitil-etilenodiamina) e dilui-se para 1L(BUCCO, 2010).
O ₃	Amassaram-se 5,0 g de amido em 20 ml de água destilada e despejou-se em 50 ml de água destilada em fervura, ferveu por 5 minutos. A mistura descansou por 24 h e à esta dissolveu-se 1,0 g de carbonato de potássio e após 10,0 g de iodeto de	Dissolveram-se 6,4 g de iodeto de potássio e 1.2692 g de iodo em aproximadamente 100 ml de água destilada e diluiu-se para 1000 ml. Aguardou-se 1 dia para utilizar esta solução. 1 mL da solução contem a 240	Dissolveram-se 10,0 g de iodeto de potássio em aproximadamente 300 mL de água destilada e diluiu-se para 1 L.

	potássio, diluindo-se para 100 mL.	µg de ozônio (SHECHTER, 1973).	
--	------------------------------------	--------------------------------	--

2.5 ANÁLISE DO NO₂

2.5.1 Curva Padrão NO₂

A construção da curva padrão foi feita a partir da solução estoque, pipetada as quantidades apresentadas na Tabela 3 em balões volumétricos de 25 mL, posteriormente eram avolumados até a marca de 25 mL com a solução reagente e passados 15 minutos era lido a absorvância em espectrofotômetro em comprimento de onda de 540 nm (VIEIRA, 2012).

Tabela 3: Construção da curva padrão de NO₂.

Quantidade de solução (mL)	Concentração final de NO ₂ obtida (mg/L)
0,0	0,0
0,1	0,0613
0,2	0,0123
0,3	0,1840
0,4	0,2452
0,8	0,4907

Fonte: O autor

2.5.2 Análise da Concentração Presente nos Filtros de NO₂

O filtro impregnado com a solução absorvedora, e posteriormente exposto, foi colocado em um erlenmeyer de 125 mL, adicionaram-se 25 mL de água destilada, tampou-se e agitou-se por 1 minuto até a desintegração do filtro. Posteriormente, foi encaminhado para estufa a 70 °C com fraco parcialmente fechado, por 30 minutos. Retirou-se da estufa e aguardou-se estabilizar a temperatura ambiente.

Filtrou-se a amostra e 5 mL do filtrado em um Becker com 20 mL de solução reagente, tendo como produto da reação uma solução com tom rosa, que absorve em comprimento de onda de 540 nm.

Aguardou-se o tempo de 5 minutos para a reação se completar, seguindo o adotado por BUCCO (2010), e anteriormente por BAUMBACH (1998), no entanto CAMPOS et al. (2006) aguardaram 15min para que a reação se completasse. Após a reação, mediu-se a absorvância no espectrofotômetro em cubeta com 1 cm de caminho óptico em comprimento de onda de 540 nm.

Após as análises os dados passaram por tratamento estatísticos, sendo primeiramente analisados valores discrepantes através do Teste de Grubbs. Posteriormente foram analisadas as amostras em comparação com o branco para verificar se há diferença, para tal foi utilizado o Teste-t com nível de significância de 0,05.

2.6 ANÁLISE O₃

Método utilizado por Bucco (2010) e Vieira (2012), baseado em espectrofotometria e têm como referência o trabalho de Shechter (1973).

2.6.1 Curva Padrão

A curva padrão foi construída a partir da solução de estoque. As alíquotas, apresentadas na Tabela 4, foram pipetadas em um balão volumétrico, e adicionaram-se 25ml da solução reagente. Imediatamente após foi lido a absorvância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 366nm.

Tabela 4 – Construção da curva padrão de O₃.

Quantidade de solução (µL)	Concentração de O ₃ obtida (mg/L)
500	4,615
400	3,692
300	2,769
200	1,846
100	0,923
0	0

2.6.2 Análise da Concentração Presente nos Filtros de O₃

O filtro de O₃ foi colocado em um erlenmeyer de 125 ml, adicionaram-se 25 ml da solução reagente tampou-se e sacudiu-se por 1 minuto até desintegração do filtro. Depois, a solução foi filtrada e mediu-se rapidamente em cubeta com 1,0 cm de caminho óptico a um comprimento de onda de 366 nm.

Após as análises os dados passaram por tratamento estatísticos, sendo primeiramente analisados valores discrepantes através do Teste de Grubbs. Posteriormente foram analisadas as amostras em comparação com o branco para verificar se há diferença, para tal foi utilizado o Teste-t com nível de significância de 0,05.

2.7 DADOS SECUNDÁRIOS

Os dados de internações por problemas respiratórios foram coletados na plataforma digital do ministério da saúde, o DATASUS. Na sessão de morbidade do Sistema Único de Saúde, foi filtrado para problemas do trato respiratório no município de Ji-Paraná, para o período de fevereiro a agosto de 2017. Os dados referentes as internações serão comparados com as concentrações dos poluentes a serem analisadas, com o objetivo de verificar a influência da poluição atmosférica nos casos de doenças do trato respiratório.

Os dados pluviométricos foram solicitados ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), e são equivalentes a estação de monitoramento situada no Campus da UNIR de Ji-Paraná, referente aos meses de fevereiro a setembro de 2017. Estes serão comparados com as concentrações dos poluentes analisados para verificar a variação das concentrações de acordo com os níveis de precipitação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

Os resultados foram analisados de forma qualitativa e quantitativa, e comparados com os valores fixados pela legislação pertinente, CONAMA 003/1990 (BRASIL, 1990). A Figura 8 apresenta os dados obtidos no amostrador de NO₂ e a precipitação mensal para o período. É possível verificar que em meses onde há maior precipitação foram observados menores valores da concentração de NO₂ no ambiente.

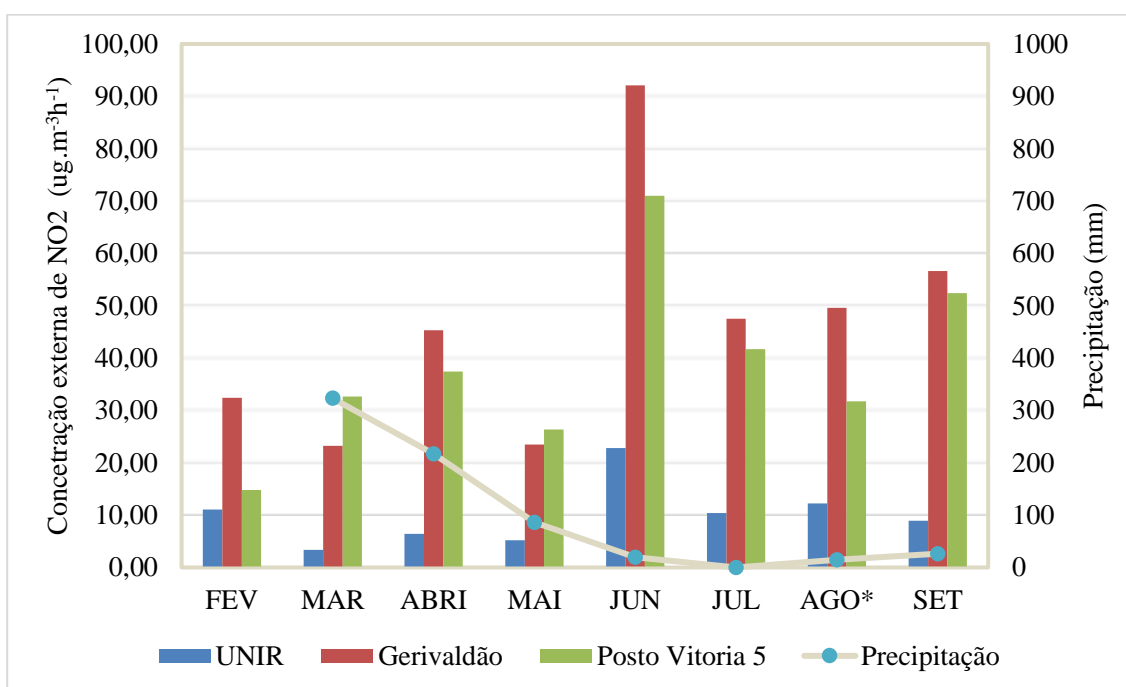


Figura 8 – Concentração de NO₂.

* O sensor apresentou falha no final do mês.

Observando a Figura 8 é possível verificar que as maiores concentrações foram observadas nos amostradores localizados próximo ao Gerivaldão nos meses de fevereiro (32,42 µg.m⁻³.h⁻¹), abril (45,29 µg.m⁻³.h⁻¹), junho (92,13 µg.m⁻³.h⁻¹), julho (47,49 µg.m⁻³.h⁻¹), agosto (49,61 µg.m⁻³.h⁻¹) e setembro (56,64 µg.m⁻³.h⁻¹). Esses valores podem estar relacionados ao fato da proximidade do ponto com um semáforo, onde uma grande quantidade de veículos permanece com os motores ligados de forma estacionária.

Nos meses de março e maio o ponto C, localizado próximo ao posto Vitória 5, apresentou as maiores concentrações, com relação aos demais pontos, de NO₂ sendo de 32,68 µg.m⁻³.h⁻¹, e 26,35 µg.m⁻³.h⁻¹, respectivamente. O ponto está localizado as margens da BR-364,

assim como o ponto B, e também fica próximo a uma área comercial, logo há uma grande circulação diária de veículos. A maior concentração no ponto para o período foi no mês de junho e apresentou um valor de $70,97 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$, e a menor foi no mês de fevereiro, de $14,81 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$.

O ponto instalado no pátio do Campus Ji-Paraná/UNIR apresentou os menores resultados em todo o período. O fluxo de veículos próximo a universidade é baixo comparado com os outros dois pontos, tendo a maior circulação de veículos no estacionamento da universidade, local onde fora instalado os coletores. O ponto apresentou a maior concentração no mês de junho, $22,79 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$, e o menor valor foi obtido no mês de março, $3,35 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$.

Dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2017), apuram que no ano de 2016 o volume médio diário mensal de veículos na BR-364 foi de 6.366. Sendo a maior porcentagem composta por veículos de transporte.

Analisando o comportamento do NO_2 com a precipitação, é possível observar que com o decréscimo da pluviosidade, ocorreu um aumento nos níveis do poluente. No mês de março, onde há uma queda no volume de chuva, há uma tendência de aumento na concentração de NO_2 . Isto pode ser explicado devido à chuva ter um papel importante na manutenção da qualidade do ar, atuando como um purificador natural.

Porém, no mês de maio observou-se uma redução nos valores da concentração, e um decréscimo de pluviosidade. Supõe-se que com a diminuição da precipitação, seria esperado um aumento na presença de NO_2 . Em dados dos anos anteriores foi observado uma redução significativa no fluxo médio de veículos diário na Rodovia Federal no mês de maio, o Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT, 2017), o que pode estar associado a essa redução da concentração do poluente no ar.

Os padrões de qualidade do ar fixados pela Resolução CONAMA 003/1990 (BRASIL, 1990), tem como padrões primários as concentrações máximas que um poluente pode ser encontrado na atmosfera, e como padrão secundário as concentrações que trazem o mínimo efeito adverso a população. Estes padrões são fixados com intuito de manter o ambiente saudável e favorável para a manutenção da saúde humana.

Os valores obtidos através de amostragem passiva em nenhum dos meses ultrapassaram os padrões fixados na resolução que são: padrões primários de dióxido de nitrogênio (NO_2) para a média aritmética anual é de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar e concentração média de 1 hora é de $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar; padrões secundários têm como média aritmética anual $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar, e concentração

média de 1 hora de $190\mu\text{g}/\text{m}^3$. O maior valor obtido foi no Gerivaldão, sendo de $92,13\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ de ar, estando abaixo dos padrões.

3.2 ANÁLISE DO OZÔNIO (O_3)

Os dados do O_3 , assim como os do dióxido de nitrogênio, foram trabalhados a fim de se obter a maior confiabilidade nos resultados, visto que não há dados das concentrações dos poluentes para o município.

Após a obtenção da curva padrão, foram analisadas as concentrações de O_3 por espectrofotômetro em comprimento de onda de 366nm. Para os valores obtidos, nos coletores 1, 2 e 3 de cada ponto, foi subtraído os valores dos brancos, coletor 4. Para o ozônio foi observado um comportamento irregular para os brancos, com valores inesperados. Em várias amostras obteve-se valores não satisfatórios, resultando lacunas. Os dados são apresentados na Tabela 5, onde apresenta as concentrações acumuladas para o período de 5 dias.

Tabela 5 – Concentrações de O₃ (µg/m³).

Data	UNIR	(µg/m ³)	
		Gerivaldão	Posto Vitória 5
11/02 A 16/02	RNS*	RNS	RNS
16/02 A 21/02	575,58	611,55	2050,51
0/039 a 15/03	107,48	2848,33	RNS
16/03 a 21/03	250,80	1151,16	RNS
19/04 a 25/04	940,28	RNS	RNS
25/04 a 02/05	RNS	RNS	6161,60
19/05 a 26/05	1384,87	1710,72	814,63
26/05 A 31/05	0,00	RNS	1181,21
19/06 A 26/06	5354,50	1784,83	553,91
26/06 A 01/07	RNS	2708,02	4000,49
17/07 A 24/07	17941,01	4464,19	7075,33
24/07 A 31/07	RNS	23879,23	19667,73
21/08 A 28/08	6312,93	17987,54	3372,66
12/09 A 19/09	12213,82	10788,87	27073,96
19/09 A 26/09	15369,05	21883,09	40610,94

*RNS: Resultado não satisfatório

Foi observado que na análise do branco, reações não esperadas ocorrem ao filtrar as amostras, pois mesmo após a filtragem foi possível observar uma elevada turbidez no extrato final. Este fato acabou comprometendo as análises pois não foi possível rastrear a real causa. Realizou-se filtragem com outro tipo de filtro, porém o resultado foi similar, ao passar pelo filtro ainda se via uma turbidez no extrato.

A metodologia de amostragem e análise para ozônio necessita de aperfeiçoamento, porém foi mantida neste trabalho, aplicando as correções sugeridas pelos autores consultados, pois não se encontrou informações de outra metodologia validada.

Os resultados que após a análise estatística do teste de Grubbs apresentaram valores satisfatórios, estão dispostos na Figura 9.

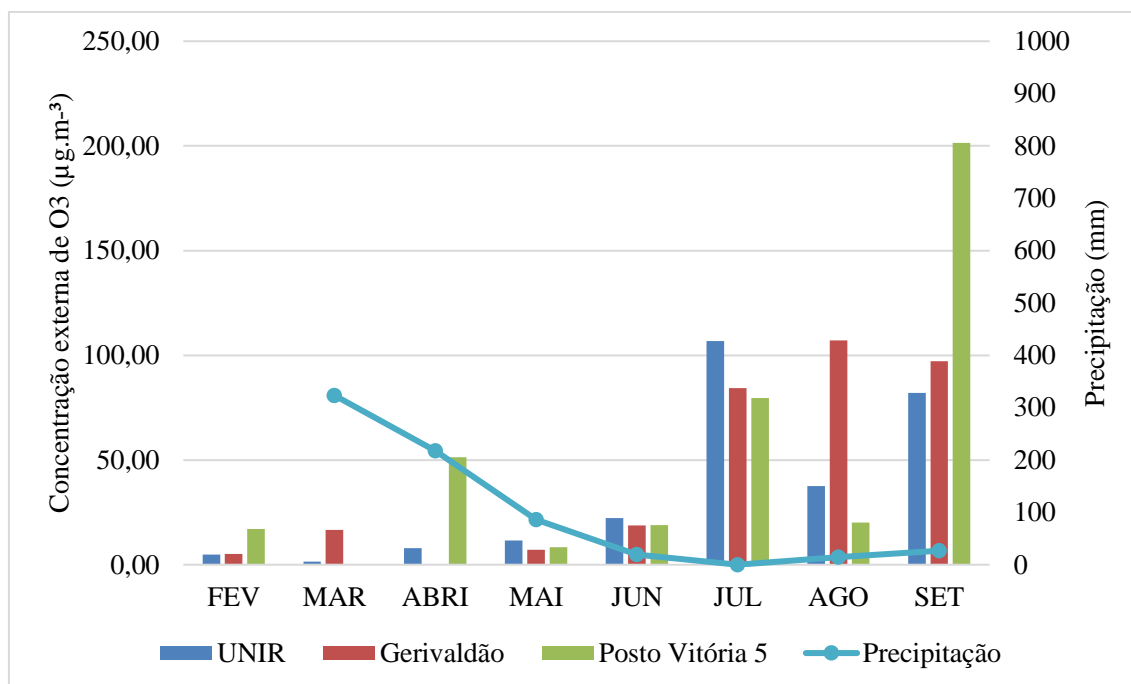


Figura 9 – Concentração de Ozônio e precipitação.

Os amostradores instalados no posto Vitória apresentaram maiores resultados nos meses de fevereiro ($17,09 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$), abril ($51,35 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$) e setembro ($201,44 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$). O ozônio necessita de uma condição favorável para sua formação, e analisando as condições apresentadas no ponto, é possível que a região atenda essas características. O ponto C está totalmente exposto aos raios solares, e não há árvores para diminuir a temperatura ambiente. O ponto localizado no Gerivaldão apresenta nas proximidades o telhado do ginásio, e árvores que podem auxiliar na diminuição da temperatura, e também fornecem sombra em certo horário do dia.

O ponto B, localizado no ginásio, apresentou maior concentração nos meses de março ($16,66 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$) e agosto ($107,07 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$), e valores similares aos outros pontos no mês de junho.

Os coletores instalados na universidade apresentaram maior concentração no mês de maio ($11,54 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$), junho ($22,31 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$) e julho ($106,79 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$). No mês de março apresentou seu menor valor para o período, sendo de $1,49 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$.

Analisando a Figura 9, nota-se que os maiores valores de O_3 na atmosfera se dão no período de seca, após o mês de junho, onde há uma queda no volume precipitado.

O Ozônio é um poluente secundário, e sua presença está associada à presença de NO_2 e COVs (Compostos Orgânicos Voláteis). Neste trabalho foi realizado a análise somente do primeiro, e seguem os estudos para verificar estatisticamente correlação entre as variáveis. Os coletores instalados na universidade para a coleta do NO_2 apresentaram baixas concentrações

do poluente, é possível que as concentrações de ozônio encontradas na UNIR esteja relacionada a outras reações e fontes de poluição. É possível também que as amostras foram contaminadas através da turbulência dos ventos, pois visivelmente era possível observar uma grande reação no filtro absorvedor conforme mostra a Figura 10.

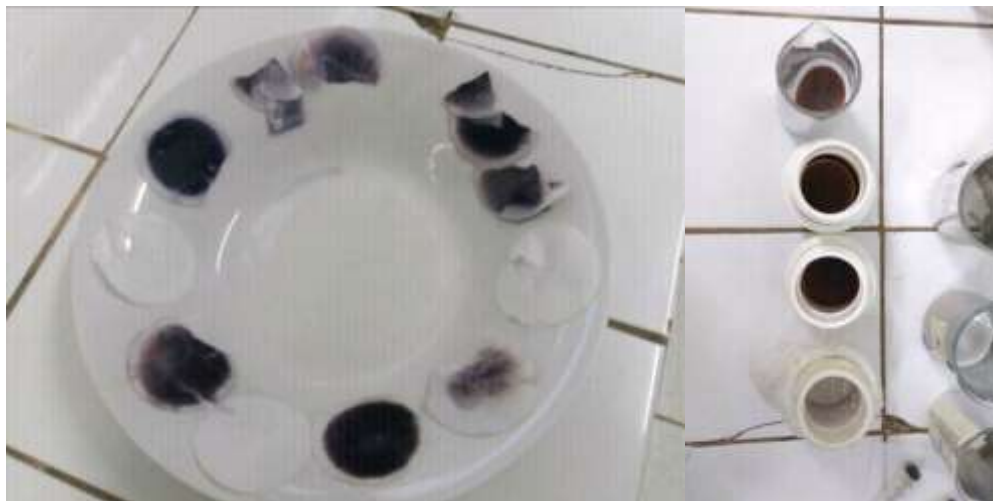


Figura 10 – Filtros absorvedores de ozônio.

Fonte: O autor.

Os padrões de qualidade do ar para o ozônio, primários e secundários são: concentração média $160 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$ que não deve ser excedida mais de uma vez por ano. O ponto C apresentou no mês de setembro uma concentração de $201,44 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$. O alto valor obtido pode estar relacionado com as condições favoráveis que o local oferece, que são: temperatura e obstáculos para a dispersão dos poluentes. Porém, para o mês de setembro a concentração de NO_2 no ponto foi de $52,39 \mu\text{gm}^{-3}\text{h}^{-1}$. Estudos posteriores devem ser realizado, levantando a possibilidade de outras fontes de poluentes formadores do O_3 e também se há contaminação das amostras pela turbulência na entrada dos amostradores, visto que não foi utilizado tela de contenção.

3.3 DADOS DE SAÚDE

Os dados de saúde foram coletados na plataforma digital do Ministério da Saúde, que apresenta dados epidemiológicos e de morbidade hospitalar do Sistema Único de Saúde (SUS). Foram selecionadas doenças do trato respiratório, referente ao ano de 2017, porem só foi possível obter dados até o mês de agosto.

Os resultados foram dispostos na Figura 11, com a finalidade de visualizar seu comportamento mensal e relacionar com os dados de concentração de NO_2 obtidos.

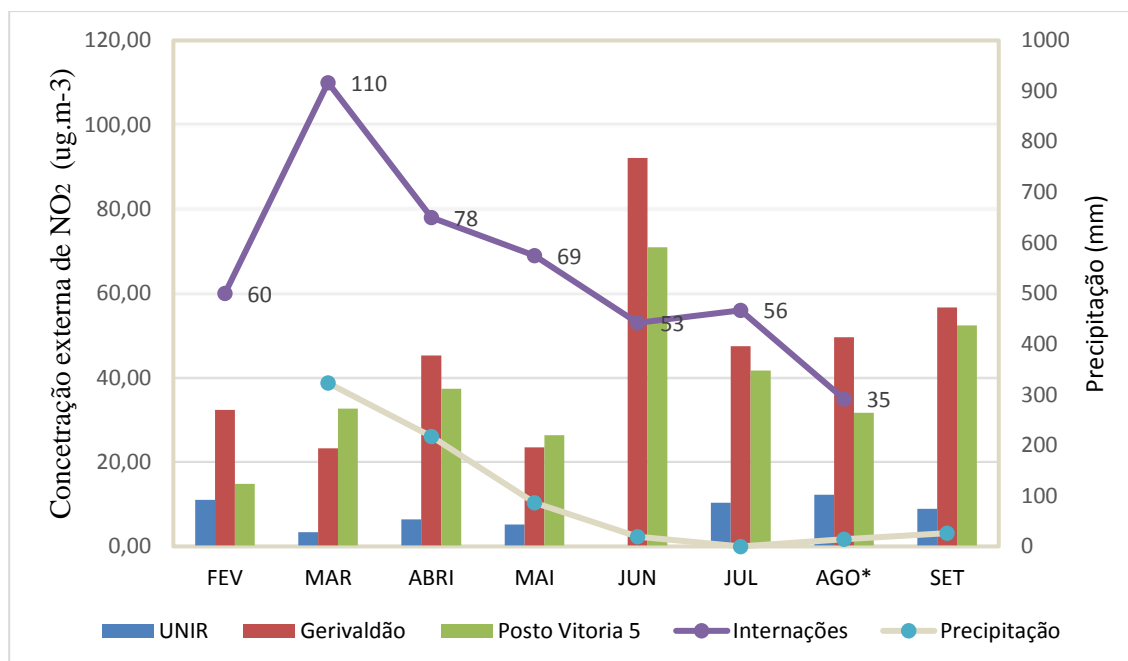


Figura 11 – Concentração de NO₂, Precipitação (mm), Internações por doenças do trato respiratório.

No mês de março houve um aumento nos casos de internação, registrando 110 pessoas atendidas, sendo o número no mês de fevereiro de 60 pessoas. O aumento das internações pode estar relacionado com a diminuição da precipitação. Com a baixa umidade, há um aumento de partículas em suspensão, seu alojamento no aparelho respiratório pode provocar o agravo, e surgimento de doenças do aparelho respiratório.

Para o período estudado, observa-se um aumento na concentração do poluente na atmosfera com a diminuição da pluviosidade. Porém, após o pico de internações do mês de março, há um decréscimo no número de internações.

É necessário a continuidade da coleta de dados, para a obtenção de confiabilidade nos dados, e também para análises estatísticas posteriores a fim de analisar matematicamente a ligação entre as variáveis.

3.4 COMPARATIVOS COM OUTROS AUTORES

Os resultados obtidos nesta pesquisa foram comparados com trabalhos realizados por Bucco (2010), Vieira (2012) e Souza (2016), o comparativo pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparativo com resultado obtido por outros autores.

Autor	NO₂ (µg.m⁻³.h⁻¹)	O₃ (µg.m⁻³.h⁻¹)
TAVARES (2017)	3,35 a 92,13	1,49 a 201,44
SOUZA (2016)	4,42 a 16,66	NRA ¹
VIEIRA (2012)	0,11 a 3,10	0,66 a 4,80
BUCCO (2010)	18,99 a 56,12	RNS ²

¹NRA: Não Realizou Analise

²RNS: Resultado Não Satisfatório

Na Tabela 6 estão representados os dados deste trabalho e de dois autores que utilizaram metodologia baseada no uso de espectrofotômetro para a análise da concentração. Existem outros trabalhos que obtiveram resultados satisfatórios para ambos os poluentes, porem baseiam-se em cromatografia iônica ou gasosa.

O trabalho de Bucco (2010) utilizou uma metodologia de analise diferente para a obtenção das concentrações finais, tendo como referência a estação de monitoramento ativo. Sua análise estatística não apresentou resultados satisfatórios para a análise do O₃, portanto não foi possível obter a concentração média do mesmo.

As análises de Vieira (2012) concentraram seus amostradores no interior da Universidade Passo Fundo, localizada na cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. A autora supõe que seus baixos resultados se dão devido ao baixo fluxo de veículos dentro do campus. Resultados similares foram obtidos no interior da UNIR, Campus de Ji-Paraná.

Os maiores resultados foram obtidos no presente trabalho, tanto para o NO₂ como para o O₃. A explicação pode se dar devido à proximidade com a rodovia federal BR-364, e pelo fluxo diário de veículo,s sendo uma grande parcela composta por veículos de transportes pesados, de combustão a diesel, que tem um grande lançamento de NO₂ em comparação a veículos de passeio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os amostradores apresentaram facilidade em serem aplicados ao monitoramento de ar. Sua confecção foi de fácil manuseio, viabilizando sua instalação em diversos pontos, e possibilita a continuidade do monitoramento.

As análises do NO₂ apresentaram resultados abaixo dos fixados pela legislação, não sendo caracterizado como preocupante a situação de Ji-Paraná. O ponto com maiores níveis do NO₂ (92,13µgm⁻³.h⁻¹) foi o instalado no Ginásio Gerivaldão, que é comumente frequentado para a prática dos mais variados esportes. Isto evidencia a importância do monitoramento contínuo no local, pois a prática esportiva exige maior oxigenação do sangue, logo, uma maior entrada de ar nos pulmões. Próximo ao ponto de coleta também está localizado uma escola de Ensino Fundamental e Médio, o que reforça a importância do monitoramento no local, pois segundo dados do DATASUS (2016), crianças são as mais afetadas por doenças do trato respiratório seguido pelos idosos.

O O₃ apresentou maiores valores nos meses conhecido como período de seca, que vão de julho a setembro. No mês de setembro apresentou valor de 201,44 µgm⁻³.h⁻¹ no ponto C, localizado no posto Vitória 5, valor esse que está acima dos padrões estabelecidos pela CONAMA 003/1990.

A metodologia do O₃ ainda carece de estudos posteriores, pois no presente trabalho foram encontrados problemas que não haviam sido identificados nas referências consultadas. O trabalho aplicado apresentou problemas com o Branco, sendo encontrado valores altos após a filtragem, e foi possível observar turbidez elevada na cubeta. É recomendado estudos envolvendo a troca do filtro absorvedor.

Os resultados obtidos com o amostrador de NO₂ e O₃ indicam ser promissora a técnica de amostragem passiva, possibilitando a implantação de um sistema de monitoramento menos oneroso.

Estudos devem prosseguir devido a importância do controle de poluição atmosférica, e também da busca de melhoria nas técnicas analíticas de baixo custo. Mas não deve ser descartada a necessidade da implantação de uma estação de monitoramento ativo no município.

REFERÊNCIAS

- ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J. bras. pneumol.** São Paulo, v. 38, n.5, p. 643-655, Out, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132012000500015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 June 2017.
- ALMEIDA, I. T. **A Poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto.** São Paulo, 1999. 194p. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BAIRD, C. **Química Ambiental.** Bookman, 4 ed. 2011.
- BRAGA, A.; BÖHM, G. M.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. **REVISTA USP**, São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro 2001.
- BRASIL. Resolução CONAMA n°. 003, de 28 de junho de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 22/08/90, p. 15937-15939, Seção I.
- BRASIL. Resolução CONAMA n°. 005, de 15 de junho de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 25/08/89, p. 14713-14714, Seção I.
- BRASIL b. Resolução CONAMA n°. 008, de 06 de dezembro de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 28/12/90, p. 25539, Seção I.
- BRASIL. Resolução CONAMA n°. 018, de 06 de maio de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 17/06/86, p. 8792-8795, Seção I.
- BRASIL. Resolução CONAMA n°. 264, de 26 de agosto de 1999. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 20/03/00, p. 80-83, Seção I.
- BRASIL. Resolução CONAMA n° 316, de 29 de outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 20/11/2002.
- BRASIL. Resolução CONAMA n°. 382, de 26 de dezembro de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 02/01/07, p. 131-137, Seção I.

BUCCO, M. V. S. **Construção e testes de validação de amostradores passivos para dióxido de nitrogênio e ozônio.** Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial/Meio Ambiente Urbano e Industrial), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CAMPOS, V. P.; CRUZ, L. P. S.; ALVEZ, E. M.; SANTOS, T. S.; SILVA, A. D.; SANTOS, A. C. C.; LIMA, A. M. V.; PAIXÃO, C. S.; SANTOS, D. C. M. B.; BRANDÃO, D. S.; ANDRADE, E. J. S.; MOREIRA, J. I. J.; CONCEIÇÃO, K. C. S.; RAMOS, M. S.; PONTES, M. C. G.; AMARAL, M. F.; MATTOSET, R. R.; **Monitoramento atmosférico passivo de SO₂, NO₂ e O₃ em áreas urbanas e de influência industrial como prática de química ambiental para alunos de graduação.** Quím. Nova vol. 29 n.º 4. São Paulo, Julho/Agosto, 2006.

CAVALCANTI, P. M. P. S. **Modelo de gestão da qualidade do ar – abordagem preventiva e corretiva.** 2010. Tese (Doutorado. Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. Acesso em: mar. 2017.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, **CETESB.** Monitor passivo de dióxido de enxofre construção e testes de validação Agosto/98. São Paulo: CETESB, 1998. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp>. Acesso em: 30/04/16.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, **CETESB.** Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2002. São Paulo: CETESB, 2003. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp>. Acesso em: 16/06/17.

CRUZ, L. P. S.; CAMPOS, V. P. Amostragem passiva de poluentes atmosféricos: aplicação ao SO₂. **Química Nova**, v. 25, N.3, p. 406-411, 2002.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estud. av.**, São Paulo, v. 30, n. 86, p. 83-97, abr. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100083&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 09 junho de 2017.

DIAS, A. A. C.; NETO, A. V.; MILITÃO, M. S. R. **A atmosfera Terrestre:** Composição e Estrutura. Caderno de Física da UEFS, BAHIA, Vol 5, n. 1 e 2, Jan - dez. 2007. <<http://dfis.uefs.br/caderno/vol5n12.html>>. Data de acesso: 28/09/2017

DERÍSIO, J.C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental.** 4ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 224 p.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C. U.; MARTINS, L. C.; MARCILIO, I. O. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 2669-2677,

Dec. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001200016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 JunHo 2017.

JIMENEZ, E.; et al. Atmospheric pollutants in a changing environment: key issues in reactivity and monitoring, global warming, and health. **Environ Sci Pollut Res.** v. 22, 4789–4792, 2015.

LACAVAL, C. I. V. **Avaliação da qualidade do ar:** Emissões atmosféricas. 2003. p. 131 - 180. Disponível em: <http://www.ambiental.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/08/Livro_TGA-EA-_cap_2__QUAL_AR.pdf>. Acesso em: 12 setembro de 2016.

LENZI, E; FAVEIRO, L. O. B. **Introdução à Química da Atmosfera:** Ciência, vida e sobrevivência. São Paulo: LCT, 2009. 420 p.

LIRA, S. A.; CHAVES NETO, A. Coeficientes de correlação para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do coeficiente linear de Pearson. **RECIE**, Uberlândia, v. 15, n. 1/2, p. 45-53, jan.-dez. 2006.

MANAHAN, S. E. *Environmental Chemistry: Environmental Science, Technology, and Chemistry.* Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. 743 p.

Ministério da Saúde [Internet]. Secretaria Executiva. Datasus. Informações de Saúde. Informações epidemiológicas e morbidade. Disponível em: <www.datasus.gov.br>. Acesso em: Junho de 2017.

NATALI, R. M. T. et al. Perfil de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes da cidade de São Paulo, 2000-2004. **Rev. paul. pediatr.**, São Paulo , v. 29, n. 4, p. 584-590, Dec. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-05822011000400018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15/06/2017.

PEREIRA, B. B.; LIMONGI, J. E. Epidemiologia de desfechos na saúde humana relacionados à poluição atmosférica no Brasil: uma revisão sistemática. **Cad. Saúde colet.**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 91-100, junho 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-462X2015000200091&lng=en&nrm=iso>.

PEREIRA, M.A.C. et al. Urban, traffic related particles and lung tumors in urethane treated mice. **Clinics**, v. 66, p. 1051-1054, 2011.

PONTES, Catherine Copas, et al. Efeitos do clima na saúde: análise das internações de crianças menores de cinco anos por pneumonia no município de Ponta Grossa – PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.18, ano 12 Jan/Jun 2016.

RAMOS, Rafaela Rodrigues. Saúde ambiental: uma proposta interdisciplinar. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde; Uberlândia** 9.16 (Jun 2013): 74-85.

SILVA, F. M.; CHAVES, M. S.; LIMA. Z. M. C. *Geografia Física II.* Rio Grande do Norte: EDUFRN, 2009. 240 p.

SCHECHTER, H. Spectrophotometric method for determination of ozone in aqueous solutions. Environmental Health Laboratory, Hebrew University, Hadassah medical Schol, Jerusalem, Israel. Agosto de 1972. **Water Research pergamon Press** 1973 Vol 7 p 729 – 739. Impresso na Grã Bretanha.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**. Universidade de Michigan: Wiley, 1998. 1326 p.

SILVA, A. P. F. **Medidas de Dióxido de Nitrogênio (NO₂) na atmosfera de regiões da cidade de Curitiba e de Araucária utilizando amostragem ativa**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2013.

SOUZA, C. G.; NETO, J. L. S. RITMO CLIMÁTICO E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS: INTERAÇÕES E PARADOXOS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 3, ago. 2008. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25424>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 334 p.

TANG, G.; ZHAO, P.; WANG, Y.; GAO, W.; CHENG, M.; XIN, JINYUAN. Mortality and air pollution in Beijing: The long-term relationship. **Atmospheric Environment**, v. 150, p 238-243, Feb. 2017.

TRSMONDI, A. C. L. **Qualidade do Ar na área de influência do polo industrial de Paulínia – SP – 2000 – 2002**. 2003. 325 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas, SP: [s.n.], 2003.

VIEIRA, L. C. **Uso de amostradores passivos para o monitoramento do ar**. Universidade Federal de Passo Fundo. Passo Fundo – PR, 2012.

ZASLAVSKY, C; GUS, I. Idoso: Doença Cardíaca e Comorbidades. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 79, n. 6, p. 635-639, Dec. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2002001500011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 junho 2017.