

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

BRUNO TONEL OTSUKA

**ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO DO AR E DA
INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NO APARELHO RESPIRATÓRIO NO
MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA/PR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2018**

BRUNO TONEL OTSUKA

**ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO DO AR E DA
INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NO APARELHO RESPIRATÓRIO NO
MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA/PR**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick, MEng.

CURITIBA
2018

BRUNO TONEL OTSUKA

**ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO DO AR E DA
INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NO APARELHO RESPIRATÓRIO NO
MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA/PR**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientadora:

Prof. MSc. Luciene Luciene F. S. Wiczick
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. MSc. Carlos Augusto Sperandio
Professor do CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara (orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba

2018

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

Os efeitos respiratórios dos poluentes do ar aos municípios de Araucária são pouco estudados, haja vista não existirem estudos que correlacionam estatisticamente esses efeitos em relação à concentração dos poluentes atmosféricos. O presente trabalho tem como objetivo a análise de dados de monitoramento de poluentes atmosféricos no município de Araucária, entre 2014 e 2016, obtidos por meio das estações automáticas REPAR, ASSIS, CISA-CSN e UEG, operadas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Além disso, também foram analisados os dados de morbidade e mortalidade relacionados às doenças no aparelho respiratório. Os poluentes avaliados foram dióxido de enxofre (SO₂), partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PM₁₀) e ozônio (O₃). Averiguou-se os níveis de concentrações médias em relação aos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90. Tais concentrações foram classificadas de acordo com o Índice de Qualidade do Ar (IQA), visando quantificar o número de episódios com baixa qualidade do ar que pudessem colocar em risco a saúde da população. Os padrões de qualidade do ar podem variar significativamente conforme a localização da estação de monitoramento e as condições climáticas. As medições de SO₂ na estação ASSIS demonstraram padrões de BOA qualidade do ar em todo o período analisado. Por outro lado, na estação CISA-CSN os níveis de SO₂ estiveram classificados como REGULARES em 28 dias no período. Além disso, foi observado um episódio preocupante, em 04 de janeiro de 2014, quando a concentração média diária de SO₂ chegou a 395 µg/m³, padrão considerado como INADEQUADO pelo IQA, em que toda a população pode ser afetada e os grupos mais suscetíveis terem riscos mais sérios a saúde. Em relação aos dados de internações foi possível identificar que as faixas etárias de 01 a 14 anos e acima de 60 anos sofrem mais com os efeitos da poluição atmosférica e da sazonalidade. Tanto o número de internações como os gastos públicos no município de Araucária vêm crescendo significativamente nos últimos quatro anos. Os picos de internações praticamente dobraram entre 2014 e 2017. Já o índice que correlaciona os valores máximos de custos mensais com internações alcançadas no município de Araucária em relação à RMC foi de 4,10% (2014) para 7,62% (2017), ou seja, os gastos públicos em Araucária devido a doenças respiratórias cresceram mais do que na RMC.

Palavras chave: Estações de monitoramento, Poluição do ar, Doenças no aparelho respiratório, Risco à saúde.

ABSTRACT

The respiratory effects of air pollutants on the inhabitants of Araucária are little studied, since there are no studies that statistically correlate these effects in relation to the concentration of atmospheric pollutants. This study aims analyze the data of air pollution monitoring in the municipality of Araucaria, between 2014 and 2016, obtained by automatic stations REPAR, ASSIS, CISA-CSN and UEG, operated by the Environmental Institute of Parana (IAP). Besides that, were analyzed the data of morbidity and mortality related to respiratory diseases. The pollutants measured were sulfur dioxide (SO₂), total suspended particles (PTS), inhalable particles (PM₁₀) and ozone (O₃). The level of average concentrations were compared to the maximum limits established by CONAMA resolution 03/90. Such concentrations were classified according to the air quality index (IQA), in order to quantify the number of episodes with low air quality that could jeopardize the health of the population. Air quality standards can vary significantly depending on the location of the monitoring station and the climatic conditions. Measurements of SO₂ in ASSIS station demonstrated standards of good air quality throughout all the analyzed period. On the other hand, at the station CISA-CSN, SO₂ levels were classified as regular in 28 days in the period. In addition, it was observed a disturbing episode, on January 4th, 2014, when the average daily concentration of SO₂ reached 395 µg/m³, considered as inadequate by the IQA, where the entire population may be affected and the most susceptible groups have more serious health risks. In relation to hospitalization data it was possible to identify that the age range between 01 to 14 years and above 60 years suffer more because the effects of air pollution and seasonality. Both the number of hospitalizations as public spending in the municipality of Araucaria come growing significantly over the past four years. Peaks hospitalizations practically doubled between 2014 and 2017. The index that correlates the maximum values of monthly costs with hospitalizations reached in the municipality of Araucaria in relation to RMC was 4.10% (2014) to 7.62% (2017), that is public expenditure in Araucária due to respiratory illnesses grew more than the RMC.

Key words: Monitoring stations, Air pollution, Respiratory diseases, Health risks.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Dados de monitoramento de poluentes atmosféricos.....	25
Figura 2. Dados meteorológicos de monitoramento.....	26
Figura 3. Mapa da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar.....	28
Figura 4. Localização das estações automáticas de monitoramento de poluição do ar.....	29
Figura 5. Boletim de Qualidade do Ar.	30
Figura 6. Predominância e direção dos ventos em estações de monitoramento na RMC no ano de 2013.	31
Figura 7. Indústrias que representam as principais fontes estacionárias de poluição do ar em Araucária.	32
Figura 8. Classificação da qualidade do ar – IQA.....	33
Figura 9. Causas básicas de óbito em residentes de Araucária entre 2005 e 2016.....	36
Figura 10. Dados históricos de morbidade em Araucária/PR relacionada a Doenças no Aparelho Respiratório – Capítulo X do CID-10.....	39
Figura 11. Histórico da taxa de mortalidade em Araucária/PR relacionada a Doenças no Aparelho Respiratório – Capítulo X do CID-10.....	39
Figura 12. Internações no Hospital Municipal de Araucária (HMA) por doenças no aparelho respiratório Capítulo X do CID-10.....	40
Figura 13. Histórico de morbidade hospitalar por doenças do aparelho respiratório Capítulo X do CID-10 em residentes de Araucária/PR	41
Figura 14. Custos mensais das internações por doenças no aparelho respiratório Capítulo X do CID-10.....	42
Figura 15. Índice dos gastos com internações em Araucária em relação à RMC.	43
Figura 16. Crescimento populacional do município de Araucária entre 2000 e 2017.	44
Figura 17. Variação diária de concentração de dióxido de enxofre em 2016 medida pela estação ASSIS.	45
Figura 18. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2015 medida pela estação ASSIS.	46
Figura 19. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2014 medida pela estação ASSIS.	46
Figura 20. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2014 medida pela estação CSN.....	48

Figura 21. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2015 medida pela estação CSN.....	48
Figura 22. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2016 medida pela estação CSN.....	49
Figura 23. Variação diária da concentração de partículas totais em suspensão em 2016 medida pela estação REPAR.....	50
Figura 24. Variação diária da concentração de partículas totais em suspensão em 2015 medida pela estação REPAR.....	51
Figura 25. Variação diária da concentração de partículas totais em suspensão em 2014 medida pela estação REPAR.....	51
Figura 26. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2016 medida pela estação UEG.	53
Figura 27. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2015 medida pela estação UEG.	54
Figura 28. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2014 medida pela estação UEG.	54
Figura 29. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2016 medida pela estação REPAR.	56
Figura 30. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2015 medida pela estação REPAR.	56
Figura 31. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2014 medida pela estação REPAR.	57
Figura 32. Variação da concentração de ozônio em 2016 medida pela estação REPAR.....	58
Figura 33. Variação da concentração de ozônio em 2015 medida pela estação REPAR.....	59
Figura 34. Variação da concentração de ozônio em 2014 medida pela estação REPAR.....	59
Figura 35. Localização geográfica da estação REPAR: 661635.00 mE - 7172822.00 mS.....	68
Figura 36. Localização geográfica da estação CSN: 662466.00 mE - 7171028.00 mS.....	68
Figura 37. Localização geográfica da estação ASSIS: 660145.00 mE - 7170256.00 mS.....	69
Figura 38. Localização geográfica da estação UEG: 660088.00 mE - 7168976.00 mS.	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Padrões e índices de qualidade do ar.	16
Tabela 2. Padrões para episódios agudos de poluição atmosférica.	18
Tabela 3. Classificação das frações inaláveis pelo diâmetro das partículas.	22
Tabela 4. Critérios de representatividade dos dados.	27
Tabela 5. Causas básicas de óbitos de residentes de Araucária/PR.....	35
Tabela 6. Principais causas de óbitos entre 2013 e 2015 no município de Araucária/PR.....	37
Tabela 7. Resultados de monitoramento da estação ASSIS para SO ₂ (2016-2014).	47
Tabela 8. Resultados de monitoramento da estação CSN para SO ₂ (2016-2014).	49
Tabela 9. Resultados de monitoramento da estação REPAR para PTS (2016-2014).	52
Tabela 10. Resultados de monitoramento da estação UEG para PM ₁₀ (2016-2014).	55
Tabela 11. Resultados de monitoramento da estação REPAR para PM ₁₀ (2016-2014).....	57
Tabela 12. Resultados de monitoramento da estação REPAR para Ozônio (2016-2014).	60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CETESB – Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CID-10 – Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionadas à Saúde

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IARC – Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IQA – Índice de Qualidade do Ar

IVAS – Infecções em Vias Aéreas Superiores

NMMAPS – National Mortality, Morbidity and Air Pollution Studies

OMS – Organização Mundial da Saúde

PAM – Plano de Ação Mútua

PI – Partículas Inaláveis

PM10 – Material Particulado com diâmetro inferior a 10 μ m

PTS – Partículas Totais em Suspensão

USEPA – United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
1.1.	OBJETIVOS.....	13
1.1.1.	OBJETIVO GERAL.....	13
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.2.	JUSTIFICATIVAS.....	14
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1.	PADRÕES E INDICES DA QUALIDADE DO AR.....	16
2.1.1.	MATERIAL PARTICULADO	18
2.1.2.	DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂).....	19
2.1.3.	MONÓXIDO DE CARBONO (CO).....	19
2.1.4.	OZÔNIO (O ₃).....	20
2.1.5.	DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO ₂) E ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO _x)	20
2.2.	EFEITOS RESPIRATÓRIOS DOS AGENTES POLUIDORES	21
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1.	ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR.....	27
3.2.	ASPECTOS CLIMÁTICOS E GEOGRÁFICOS DE ARAUCÁRIA	30
3.3.	ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQA)	33
4.	ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	35
4.1.	DADOS DA SAÚDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA/PR.....	35
4.2.	ANÁLISE DE RESULTADOS DE MONITORAMENTO DE POLUENTES	45
4.2.1.	DIÓXIDO DE ENXOFRE	45
4.2.1.1.	ESTAÇÃO ASSIS (ASS).....	45
4.2.1.2.	ESTAÇÃO CSN (CISA-CSN).....	48
4.2.2.	PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO	50
4.2.2.1.	ESTAÇÃO REPAR (RPR)	50
4.2.3.	PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM ₁₀ OU PI).....	53
4.2.3.1.	ESTAÇÃO UEG	53
4.2.3.2.	ESTAÇÃO REPAR.....	55
4.2.4.	OZÔNIO.....	58
5.	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	ANEXO I – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO	68

1. INTRODUÇÃO

Os poluentes atmosféricos podem ser definidos como substâncias estranhas provenientes das atividades humanas ou de processos da natureza em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente no bem-estar, na saúde e na segurança dos seres vivos.

A queima de biomassa é uma das fontes antropogênicas de poluição atmosférica mais primitivas e que ainda é utilizada, tanto em ambientes internos e externos, por exemplo para a produção de energia. Essa queima também ainda é considerada um dos principais fatores que ocasionam efeitos adversos à saúde humana (ARBEX et al., 2004).

A partir da revolução industrial foram desenvolvidos novos métodos de queima de combustíveis fósseis como os motores a combustão e a siderurgia e, posteriormente, a indústria de produtos químicos e os veículos automotivos. Esse somatório de novas tecnologias e fontes energéticas também originaram novos poluentes atmosféricos (LISBOA, 2014).

Tais tecnologias foram implementadas, porém não se acompanharam de estudos e análises toxicológicas para avaliar os impactos ao meio ambiente e à saúde pública, enquanto isso os poluentes atmosféricos produzidos tornavam-se cada vez mais complexos de serem tratados.

No início do século XX, principalmente nos países mais desenvolvidos, as emissões de poluentes ocasionaram aumento do índice de morbimortalidade como foi evidenciado nos casos do Vale de Meuse, França (FIRCKET, 1930), Donora, Pensilvânia, EUA (SHRENK et al., 1949) e Londres, Inglaterra (LOGAN, 1953), conforme citados por Cançado et al. (2006).

Segundo Cançado et al. (2006), foram esses episódios que impulsionaram os primeiros experimentos e estudos epidemiológicos para avaliação dos efeitos dos poluentes atmosféricos à saúde humana.

Com essas análises os países começaram a estabelecer padrões de qualidade, incluindo limites de tolerância a partir dos quais a população estaria exposta a riscos e prováveis danos à saúde. Através da publicação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º 03 de 28 de junho de 1990, o Brasil adotou os mesmos padrões de qualidade do ar.

Entretanto, estudos apontam que mesmo com a definição de padrões e limites para concentrações de poluentes atmosféricos não existem limites seguros para garantir o bem-estar e a saúde da população sujeita aos poluentes.

Em geral, tem-se duas formas de fontes de poluição atmosférica: as fontes estacionárias ou fixas, como as indústrias que promovem a queima de combustíveis, e as fontes móveis, como os veículos automotores. As indústrias são as fontes fixas mais significativas e de maior potencial poluidor. Nessa categoria destacam-se as usinas termoelétricas, que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, bem como os incineradores de resíduos. Existem ainda as fontes naturais como a maresia, o vulcanismo, a polinização e as descargas atmosféricas que também influenciam na composição do ar (LISBOA, 2014).

Já os veículos automotores, juntamente com os trens, aviões e embarcações marítimas são as chamadas fontes móveis de poluentes atmosféricos. Os veículos se destacam nas cidades como as principais fontes poluidoras (MARTINS, 2001).

Em geral os poluentes podem ser divididos, de acordo com sua origem, em duas categorias: poluentes primários, aqueles diretamente emitidos pelas fontes geradoras; poluentes secundários, aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera, como o ozônio (ARBEX et al, 2012).

A poluição do ar é medida através da quantificação das substâncias poluentes presentes no ar, conforme o indicador da qualidade do ar. É considerado poluente qualquer substância presente no ar e que de acordo com a concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança de atividades normais da população (SEMA, 2018).

Segundo relatório de qualidade do ar da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2006) os milhões de veículos automotivos que circulam na grande São Paulo foram responsáveis por 97% do monóxido de carbono e 40% do material particulado presente na atmosfera urbana.

Uma pessoa adulta inspira cerca de dez mil litros de ar por dia. Este valor varia em função da atividade física de cada um. Em geral, não é necessário, nem possível, corrigir a composição do ar que se respira, sendo esta a principal diferença entre o consumo de ar e o consumo de água. A água passa por um tratamento prévio, o que a torna um produto industrial

para ser consumido. O ar, ao contrário, deve ser consumido exatamente como existe na natureza, “in natura”. Por este motivo, é muito importante que a sociedade entenda e respeite as medidas de preservação da qualidade do ar (MENDES et al., 2013).

O processo de urbanização também contribuiu significativamente ao prejuízo da qualidade ambiental do ar nas cidades devido a fatores de alteração das condições meteorológicas e de superfície da região. Podem ser citados a radiação solar e temperatura, a impermeabilização do solo e umidade, assim como fatores aerodinâmicos e velocidade dos ventos.

Por exemplo, os materiais utilizados nas construções têm propriedade de retenção do calor durante o dia, armazenando-o até o período noturno, gerando uma ilha de calor, com maior temperatura do que as regiões periféricas ou rurais. Esse efeito, juntamente com ventos fracos, cria condições específicas de capacidade difusiva da atmosfera e, por conseguinte, da dispersão dos poluentes (MOREIRA, 2004).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é a análise dos padrões de qualidade do ar de acordo com o monitoramento das concentrações dos poluentes atmosféricos, entre os anos de 2014 e 2016, em estações de monitoramento localizadas no município de Araucária/PR.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar os resultados de monitoramento do ar com os limites máximos estabelecidos nas Resoluções CONAMA n.º 03/1990 e SEMA n.º 016/2014, além de classificar esses resultados conforme Índice de Qualidade do Ar (IQA).

Avaliar os dados do sistema de saúde pública municipal quanto aos óbitos e internações relacionadas a doenças do aparelho respiratório.

Demonstrar aos profissionais de segurança do trabalho que os impactos ambientais e os impactos de vizinhança têm relação direta com os ambientes laborais e os processos produtivos das empresas.

1.2. JUSTIFICATIVAS

O monitoramento da qualidade do ar é uma questão que envolve a segurança e qualidade de vida da população vivente em determinada região. Também tem como objetivo alertar a população em caso de acidentes ou incidentes em indústrias, assim como monitorar os índices de qualidade do ar que podem ocasionar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Os conceitos modernos de gestão empresarial englobam não apenas a preocupação com os colaboradores diretos e indiretos das empresas, mas também os aspectos socioambientais do entorno. Por isso, tratar dos efeitos de poluentes difusos e da saúde pública num polo industrial, economicamente importante ao Estado do Paraná, como é o Centro Industrial de Araucária, também deve estar no fórum permanente de discussões das grandes indústrias que são as geradoras dos impactos ambientais e à vizinhança.

A saúde e bem-estar da comunidade de colaboradores é outro fator que depende do melhoramento dos padrões de qualidade do ar, pois esses trabalhadores estão sujeitos à poluição difusa, tanto nos ambientes laborais das indústrias, como nos bairros onde residem, sofrendo os mesmos efeitos do que população do entorno.

Em relação aos aspectos legais o estado estabelece limites de tolerabilidade para autorizar a instalação de empresas poluidoras. Entretanto, o simples atendimento a tais limites máximos de tolerância não gera o direito de poluir ou degradar, muito pelo contrário, as empresas ainda estarão sujeitas a reparação de eventuais danos ou recuperação de passivos ambientais. Esse é o princípio jurídico do poluidor-pagador, o qual deve ser internalizado no processo produtivo das empresas (LEMOS, 2010).

Inclusive numa eventual alienação ou encerramento de uma unidade operacional, os aspectos ambientais devem passar por perícia técnica e estarem presentes na contabilidade das empresas e imóveis, tanto os passivos já existentes, como o potencial degradador ou poluidor inerente à atividade alienada.

Naturalmente o nexos causal deve ser preponderante para aplicação de efeitos judiciais à pessoa jurídica, porém já está bastante difundida na jurisprudência brasileira o conceito da responsabilidade civil passiva, ou seja, na qual todos devem responder solidariamente por determinada consequência, haja vista o risco da atividade e levando em consideração o princípio da prevenção (BEDRAN, 2013).

Além disso, sob os aspectos do poder público, existe uma demanda permanente da Defesa Civil municipal de Araucária/PR, responsável por dar suporte ao PAM – Plano de Ação Mútua, em desenvolver e aprimorar os métodos de monitoramento e tomadas de decisão para eventuais ações às respostas a eventos críticos de poluição atmosférica.

Pouca informação foi produzida nesse sentido no âmbito municipal e os dados existentes estão desorganizados, fazendo com que as ações de resposta não se desenvolvam de maneira efetiva. A falta de informação não se deve a apenas um órgão ou pessoa, mas sim pela falta de uma coordenação eficiente que transfere informações na medida necessária para cada ente.

Essa também foi uma das motivações do presente estudo, visando organizar dados e informações para municiar a Rede Integrada de Defesa Civil nas questões relacionadas à poluição do ar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PADRÕES E INDICES DA QUALIDADE DO AR

Através da Resolução CONAMA n.º 03/1990 foram estabelecidos padrões nacionais de qualidade do ar. A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná ainda corrobora esses padrões de qualidade através da Resolução SEMA n.º 016/2014.

Dessa forma foram estabelecidos para todo território do Estado do Paraná os padrões de qualidade para os parâmetros e índices conforme Tabela 1.

Tabela 1. Padrões e índices de qualidade do ar.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	240 ²	150 ²
	1 ano ¹	80	60
Fumaça	24 horas	150 ²	100 ²
	1 ano ¹	60	40
Partículas Inaláveis (PM ₁₀ ou PI)	24 horas	150 ²	150 ²
	1 ano ¹	50	50
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	365 ²	100 ²
	1 ano ¹	80	40
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	40.000 ²	40.000 ²
	8 horas	10.000 ²	10.000 ²
Ozônio (O ₃)	1 hora	160 ²	160 ²
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora	320	190
	1 ano ¹	100	100

Obs:

¹ Média geométrica para PTS, para os demais poluentes média aritmética.

² Padrão que não deve ser excedido mais do que uma vez por ano.

* Ficam definidas condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 mm de coluna de mercúrio.

(Fonte: Resolução CONAMA n.º 03/90)

Foram definidos pela lei os padrões de qualidade do ar primário e secundário. Os padrões primários de qualidade são aqueles que se ultrapassados poderão afetar a saúde pública. Trata-se de um padrão mínimo que não considera os efeitos na natureza como a fauna

e a flora. Pode ser entendido como o nível máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos, podendo ser consideradas como metas de curto e médio prazo.

Os padrões secundários são as concentrações máximas que, quando ultrapassadas, afetarão minimamente o bem-estar da população, assim como mínimos danos aos materiais e ao meio ambiente em geral. Trata-se de um padrão de maior proteção, ou seja, um nível máximo desejado de concentração como meta a longo prazo (Resolução SEMA n.º 016/2014).

O tempo de amostragem equivale a um padrão de medição a curto prazo (horas) e outro padrão a longo prazo, com exceção do ozônio.

A aplicação dos padrões primário e secundário dependerá da classe do local onde se pretende realizar o monitoramento. De acordo com a Resolução CONAMA n.º 05/1989 as áreas serão enquadradas de acordo com a seguinte classificação de usos pretendidos:

- Classe I: Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais. Nestas áreas deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica.
- Classe II: Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade.
- Classe III: Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade. Através de Resolução específica do CONAMA serão definidas as áreas Classe I e Classe III, sendo as demais consideradas Classe II.

Na Resolução SEMA n.º 016/2014 ainda define o Episódio Crítico de Poluição do ar como qualquer ocorrência de elevada concentração de um ou mais poluentes na atmosfera, resultante de condições meteorológicas desfavoráveis a dispersão.

Para isso são definidos os níveis de qualidade do ar para os seguintes estados críticos: Nível de Atenção, de Alerta e de Emergência. Os Níveis de Atenção e Alerta são estabelecidos justamente para se evitar que seja atingido o Nível de Emergência.

Para o atingimento dos níveis poderão ser considerados as concentrações dos poluentes SO₂, PTS, produto entre PTS e SO₂, CO, O₃, PI, Fumaça e NO₂, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Padrões para episódios agudos de poluição atmosférica.

Poluente	Tempo de Amostragem	Nível de Atenção ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nível de Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nível de Emergência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	375	625	875
Fumaça	24 horas	250	420	500
Partículas Inaláveis (PM_{10} ou PI)	24 horas	250	420	500
Dióxido de Enxofre (SO_2)	24 horas	800	1.600	2.100
Monóxido de Carbono	8 horas	17.000 ou 15ppmv	34.000 ou 30ppmv	46.000 ou 40ppmv
Ozônio (O_3)	1 hora	400	800	1.000
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	1 hora	1.130	2.260	3.000

(Fonte: Resolução CONAMA n.º 03/90)

2.1.1. MATERIAL PARTICULADO

O material particulado é uma mistura de poluentes líquidos e sólidos dependendo de sua fonte geradora. Pode ser dividido em dois grandes grupos: as **partículas grandes** (variam entre 2,5 e 30 μm) emitidas normalmente devido a combustões sem controle, dispersões na crosta terrestre, pólen e outros materiais biológicos. Essas partículas maiores ficam retidas nas narinas e garganta quando inalados, provocando irritação e incômodos, podendo facilitar doenças como a gripe; e as **partículas finas** (abaixo de 2,5 μm) produzidas a partir da combustão de em fontes fixas e móveis, como as indústrias e os veículos automotores, podendo também apresentar maior acidez (MENDES, 2013).

Essas partículas finas são as que mais prejudicam as regiões inferiores do trato respiratório nos seres humanos, podendo estar associadas a efeitos crônicos como doenças respiratórias, cardíacas e câncer.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) estabeleceu como partículas inaláveis aquelas iguais ou inferiores a 10 μm (PI ou PM_{10}), ou seja, aquelas partículas que podem alcançar a porção inferior dos pulmões.

Assim que as partículas inaláveis alcançam as vias respiratórias, os mecanismos de defesa iniciam a proteção do organismo através do espirro, da tosse e do aparelho mucociliar.

Quando as partículas atingem porções mais distais das vias aéreas são fagocitadas pelos macrófagos alveolares, sendo então removidas pelas mucosas ou sistema linfático (MENDES, 2013).

2.1.2. DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂)

O dióxido de enxofre está intimamente relacionado a queima de combustíveis de origem fóssil, principalmente, veículos a combustão e termelétricas a óleo ou carvão. Esse gás é altamente solúvel nas mucosas do trato respiratório superior, por isso pode ser muito prejudicial quando inalado, podendo ocasionar desconfortos e irritação, aumento na produção de muco, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Em relação ao meio ambiente o SO₂ é um dos poluentes precursores da chuva ácida, efeito de poluição atmosférica responsável pela deterioração de diversos materiais, acidificação de corpos d'água e degradação de biomas florestais, devido a diversos efeitos adversos como a redução de resistência a pragas, alteração do processo fotossintético e ressecamento dos tecidos das folhas (LISBOA, 2014).

Além do dióxido de enxofre existem alguns aerossóis que podem incorrer em efeitos semelhantes ou até piores como o sulfato (SO₄), o bissulfato (HSO₄) e o ácido sulfúrico (H₂SO₄) que podem ser encontrados dissolvidos em gotas d'água atmosféricas e apresentam pH<1 causando inflamações agudas quando inalados.

2.1.3. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

O monóxido de carbono é produzido, principalmente, pela emissão nos processos de combustão tanto em fontes móveis, seja de motores à gasolina, diesel ou álcool, assim como é gerado nas fontes fixas em indústrias em geral (LISBOA, 2014).

A inalação desse gás em grandes concentrações é muito perigosa aos seres humanos, isso porque a hemoglobina tem uma afinidade aproximadamente 210 vezes maior com o CO quando comparado com o oxigênio. Os efeitos da exposição ao CO estão associados à diminuição da capacidade de transporte de oxigênio na combinação com hemoglobina do sangue levando a hipóxia tecidual (MENDES, 2013).

Com a inalação do monóxido de carbono, através dos alvéolos pulmonares, passam a formar-se no sangue moléculas de carboxihemoglobina, trazendo graves consequências como confusão mental, estresse, prejuízo dos reflexos, tontura, inconsciência, parada das funções cerebrais e em casos extremos, morte aos seres humanos (MENDES, 2013).

2.1.4. OZÔNIO (O₃)

É formado através da reação de hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, juntamente com a ação da radiação solar. O ozônio é um gás protetor natural dos raios solares ultravioletas, quando presente nas altas camadas da estratosfera. Porém, quando formado na troposfera, ou seja, próximo a crosta terrestre, comporta-se como um poluente atmosférico aos seres humanos. Possui três átomos de oxigênio e apresenta reatividade muito alta (BRAGA et al., 2001).

O ozônio é oxidante e citotóxico, podendo atingir as porções mais distais dos pulmões diminuindo a capacidade pulmonar. Também acarreta em irritação dos olhos, agrava doenças respiratórias prévias e disfunções pulmonares, como a asma (MARTINS, 2002).

Em relação ao meio ambiente o ozônio interfere na fotossíntese e causa danos às obras de arte e estruturas metálicas.

2.1.5. DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂) E ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO_x)

As principais fontes do NO₂ são os veículos automotores e, em menor proporção, de usinas termelétricas, indústrias, fogões a gás, entre outros. É formado na atmosfera pela reação do óxido de nitrogênio e do oxigênio reativo presentes na atmosfera (BANKONYI et al., 2004).

Diferentemente aos demais gases, o dióxido de nitrogênio nos ambientes internos está diretamente ligado ao ambiente externo, visto que esse poluente tem a capacidade de se difundir facilmente através dos mecanismos de ventilação. Além disso, existem fontes de NO₂ e outros óxidos (NO_x) no interior das residências como os fogões, o cigarro e alguns aquecedores (BRAGA et al., 2001).

Quando inalado pode provocar irritação da mucosa do nariz, manifestada através de coriza, e danos severos aos pulmões, semelhantes aos provocados pelo enfisema pulmonar. Trata-se de um agente oxidante que, devido à baixa solubilidade em água, atinge as regiões mais periféricas pulmonares.

Além dos efeitos diretos à saúde, quando se trata de efeitos ambientais, o NO_2 também está relacionado à formação do ozônio e da chuva ácida.

2.2. EFEITOS RESPIRATÓRIOS DOS AGENTES POLUIDORES

O ar ambiente é composto por fase gasosa podendo conter vapores e particulados, tratando-se de uma fase relativamente constante, variando-se apenas as pressões parciais de oxigênio, nitrogênio e dióxido de carbono, de acordo com a pressão atmosférica.

Os demais componentes podem variar de acordo com a umidade relativa do ar, a sazonalidade, a proximidade de áreas urbanas ou rurais e a industrialização da região. Existe um balanceamento permanente entre o ar ambiente e os mecanismos de defesa respiratórios, que pode ser desequilibrado dependendo dos agentes inalados e do próprio organismo (MENDES, 2013).

A poluição do ar é um dos grandes causadores de inflamações no aparelho respiratório na população que vive nos centros urbanos, induzidas pela ação de agentes oxidantes presentes no ar, que acarretam num aumento na produção, na viscosidade e na densidade do muco produzido pelas vias aéreas, levando ao mau funcionamento do sistema mucociliar.

Os gases hidrossolúveis como o SO_2 costumam causar sintomas nas vias aéreas superiores, podendo gerar as IVAS – Infecções em Vias Aéreas Superiores. Já os de baixa solubilidade, como o NO_2 , podem exercer ações tóxicas de região periférica.

Para ocorrerem penetrações de partículas líquidas ou sólidas no trato respiratório é necessário que o diâmetro aerodinâmico das partículas seja inferior a $100\mu\text{m}$. De acordo com Lippmann (1989) apud Mendes (2013) as frações inaláveis dos gases classificam-se conforme Tabela 3.

Tabela 3. Classificação das frações inaláveis pelo diâmetro das partículas.

ALCANCE/FRAÇÃO	DIÂMETRO AERODINÂMICO
Fração Inalável	Entre 100 e 25 μ m
Fração Torácica	Entre 25 e 10 μ m
Fração Respirável	Abaixo de 10 μ m

(Fonte: O autor, 2018)

Sendo a última fração respirável responsável pelas doenças que afetam a parênquima pulmonar, que é o local onde ocorrem as trocas gasosas da respiração. Geralmente as partículas maiores do que 10 μ m de diâmetro ficam retidas na região nasal. Já as partículas menores podem se depositar em qualquer região do trato respiratório (MENDES, 2013).

Segundo estudos de Cançado et al. (2006) a relação entre mortalidade e admissões hospitalares por doenças respiratórias e exposição à poluição do ar tem sido investigada, de forma mais sistemática, desde o começo da década de 1990. O autor cita o projeto APHEA (*Air Pollution and Health: a European Approach*) que analisou em 29 cidades europeias as internações hospitalares por asma e doença pulmonar obstrutiva crônica entre indivíduos com mais de 65 anos encontrando um aumento de 1% (IC95%: 0,4-1,5) nas internações por doença pulmonar obstrutiva crônica para um aumento de 10 μ g/m³ na concentração de PM₁₀.

Estudos realizados nos EUA pela *National Mortality, Morbidity and Air Pollution Studies* (NMMAPS) utilizaram dados de sete anos (1987-94) nas vinte maiores regiões metropolitanas que possuem ao todo mais de 50 milhões de habitantes. Em dez cidades americanas foi possível observar um aumento de 1,5% (IC95%: 1,0-1,9) nas internações por doença pulmonar obstrutiva crônica para aumentos de 10 μ g/m³ do PM₁₀ considerando todas as idades (ZANOBETTI et al., 2000).

De acordo com Braga et al. (2001), nessas mesmas cidades, para a mesma variação de PM₁₀, foram observados o aumento de mortes por pneumonia em 2,7% (IC95%: 1,5-3,9) e de doenças pulmonares obstrutiva crônica em 1,7% (IC95%: 0,1-3,3), considerando-se efeitos menos graves, internações hospitalares até efeitos mais graves como mortes.

Estudos desenvolvidos por Braga et al. (2007) na cidade de Itabira/MG analisaram os efeitos agudos da poluição atmosférica proveniente de lavra a céu aberto de minérios de ferro em doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumentos de 10 μ g/m³ no PM₁₀ foram associados a aumento nos atendimentos de pronto-socorro por doenças respiratórias de 4% (IC95%: 2,2-5,8) para crianças menores de 13 anos e de 12% (IC95%: 8,5-15,5) para adolescentes entre 13

e 19 anos. Dentre os atendimentos por doenças cardiovasculares, o efeito agudo foi um aumento de 4% (IC95%: 0,8-8,5), principalmente para os indivíduos com idade entre 45 e 64 anos.

Jasinski et al. (2011) realizaram estudos com base em dados de poluição atmosférica em Cubatão/SP entre os anos de 1997-2004 com o objetivo de encontrar relações entre a poluição atmosférica e a morbidade respiratória entre crianças e adolescentes. Considerando um grupo de crianças, os autores encontraram relações estatísticas entre aumento nas concentrações atmosféricas de PM₁₀ (56,5µg/m³) em sete dias e de ozônio (46,7µg/m³) em cinco dias, resultando em aumentos de internações hospitalares em 9,6% (IC95%: 3,0-16,1) e 2,4% (IC95%: 0,1-4,7) respectivamente.

Bankonyi et al. (2004) analisou os dados diários do SUS para atendimento a crianças devido a doenças respiratórias no município de Curitiba/PR, comparando-os com os dados de poluição atmosférica do IAP levando em consideração os dados meteorológicos do INMET. Como resultado, verificou-se que um aumento de 40,40 µg/m³ de fumaça esteve relacionado a um aumento de 4,5% (IC95%: 1,5-7,6) no número de atendimentos a crianças.

Num estudo realizado por Martins et al. (2001) observou-se, após a implementação do rodízio de veículos, o comportamento das concentrações de poluentes e a correlação a atendimentos de IVAS num hospital do município de São Paulo. Constatou-se que o rodízio pode auxiliar no controle das concentrações médias de poluição atmosférica em relação ao NO₂, SO₂, CO e PM₁₀. Em relação ao nível de O₃ não se observou diferença significativa nas concentrações.

Os referidos autores concluíram que mesmo com os limites de concentrações dos padrões de qualidade do ar sendo respeitados, em sua média, os efeitos dessas concentrações continuam afetando a morbimortalidade por problemas respiratórios.

Gouvea et al. (2006) analisou os efeitos da poluição atmosférica na saúde pública do município de São Paulo, além de observar a correlação entre os poluentes e as condições atmosféricas. Os autores afirmam que todos os poluentes atmosféricos (NO₂, SO₂, CO e PM₁₀) possuem correlações entre si, com exceção do O₃ com o CO.

Em relação às condições climáticas, os autores concluíram que a temperatura mínima é inversamente correlacionada com NO₂, SO₂, CO e PM₁₀. A umidade relativa do ar é inversamente correlacionada com todos os poluentes.

A associação das concentrações de todos os poluentes foi avaliada como positiva para as doenças respiratórias totais bem como para os grupos asma e pneumonia, na maior parte dos períodos estudados. Os autores concluíram que o maior risco observado foi em relação a asma, no qual um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} esteve associada a um acréscimo de 2,4% no número de internações de crianças menores que cinco anos por doenças respiratórias, sendo 2,1% por pneumonia e 4,6% por asma.

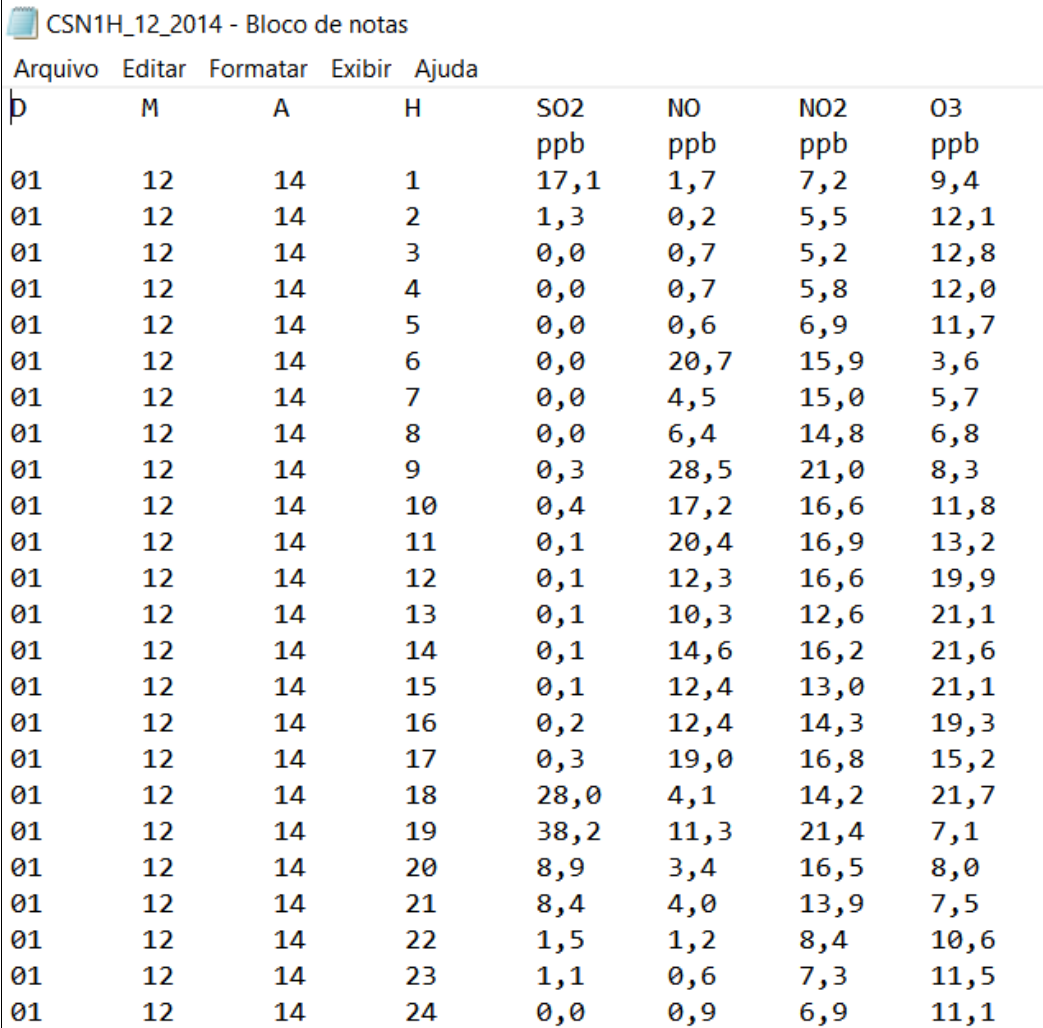
Também na cidade de São Paulo, Martins et al. (2002) concluiu que o O_3 e o SO_2 estão diretamente relacionados com a pneumonia e a gripe. Segundo os autores observou-se que um aumento de $38,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 e $15,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 levaram a um acréscimo respectivo de 8,07% e 14,51% no número de atendimentos por pneumonia e gripe em idosos.

Um importante estudo elaborado pela Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC), vinculada a Organização Mundial da Saúde (OMS), publicou um relatório no ano de 2013 no qual classificou a poluição do ar externo como cancerígena ao ser humano. Concluiu-se que existem evidências suficientes de que a exposição ao ar poluído causa o câncer de pulmão. Ainda de acordo com o relatório existe uma correlação positiva entre a exposição aos poluentes atmosféricos e o aumento do risco de ocorrência do câncer de bexiga.

A partir de uma abrangente revisão bibliográfica da literatura, desenvolvida pelos cientistas do programa de monografias do IARC (2013), sobre mais de 1000 artigos científicos que avaliaram a situação epidemiológica incluindo milhões de pessoas que vivem na Europa, América do Norte e do Sul e Ásia, observou-se que os principais poluentes relacionados a incidência de câncer são o material particulado e a poluição emitida pelos meios de transporte.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas as bases de dados oficiais de monitoramento ambiental de poluentes atmosféricos das estações operadas pelo Instituto Ambiental do Paraná denominadas ASSIS (ASS), UEG, CSN (CISA-CSN) e REPAR (RPR). Os dados foram extraídos das tábuas fornecidas e importados para formato de planilha eletrônica. O período analisado de dados foi de 2014 a 2016.



CSN1H_12_2014 - Bloco de notas							
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda							
p	M	A	H	SO2 ppb	NO ppb	NO2 ppb	O3 ppb
01	12	14	1	17,1	1,7	7,2	9,4
01	12	14	2	1,3	0,2	5,5	12,1
01	12	14	3	0,0	0,7	5,2	12,8
01	12	14	4	0,0	0,7	5,8	12,0
01	12	14	5	0,0	0,6	6,9	11,7
01	12	14	6	0,0	20,7	15,9	3,6
01	12	14	7	0,0	4,5	15,0	5,7
01	12	14	8	0,0	6,4	14,8	6,8
01	12	14	9	0,3	28,5	21,0	8,3
01	12	14	10	0,4	17,2	16,6	11,8
01	12	14	11	0,1	20,4	16,9	13,2
01	12	14	12	0,1	12,3	16,6	19,9
01	12	14	13	0,1	10,3	12,6	21,1
01	12	14	14	0,1	14,6	16,2	21,6
01	12	14	15	0,1	12,4	13,0	21,1
01	12	14	16	0,2	12,4	14,3	19,3
01	12	14	17	0,3	19,0	16,8	15,2
01	12	14	18	28,0	4,1	14,2	21,7
01	12	14	19	38,2	11,3	21,4	7,1
01	12	14	20	8,9	3,4	16,5	8,0
01	12	14	21	8,4	4,0	13,9	7,5
01	12	14	22	1,5	1,2	8,4	10,6
01	12	14	23	1,1	0,6	7,3	11,5
01	12	14	24	0,0	0,9	6,9	11,1

Figura 1. Dados de monitoramento de poluentes atmosféricos.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Observa-se pela Figura 1 o modelo da tábua de dados gerada pelas estações de monitoramento do IAP. As medições das estações automáticas estão programadas para armazenar dados de hora em hora. Na Figura 1 é possível verificar a medição referente ao período de 24 horas do dia 1º do mês de dezembro do ano 2014. Neste exemplo, pode ser

verificado as concentrações medidas para os poluentes dióxido de enxofre - SO₂, óxido de nitrogênio - NO, dióxido de nitrogênio - NO₂ e ozônio - O₃.

As estações de monitoramento também realizam medições de dados meteorológicos como temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento, direção do vento e radiação, conforme é verificado na Figura 2.

TEMP	UMID	PRESS	VV	DV	RADG
°C	%	mbar	m/s	graus	w/m2
16,9	88,3	914,5	1,8	151,0	0,0
17,3	83,5	914,2	2,0	119,3	0,0
17,3	82,5	913,8	2,0	102,9	0,0
17,2	81,7	913,8	1,8	94,9	0,0
17,0	83,1	913,7	1,4	110,9	0,0
16,8	83,3	913,7	1,4	112,1	0,0
17,1	83,4	913,8	1,4	138,1	16,4
18,0	79,5	913,8	1,7	120,7	111,0
19,8	73,8	913,8	1,3	101,5	284,5
21,5	70,1	913,8	1,1	209,6	220,6
23,6	63,2	913,8	1,8	76,7	624,8
25,0	58,9	913,8	2,1	56,4	577,0
25,4	58,5	913,8	1,9	36,3	555,5
26,4	53,5	913,6	2,7	80,6	661,3
27,2	49,3	912,9	1,5	71,0	590,8
27,8	45,7	912,0	1,2	69,5	435,6
27,0	47,5	911,6	1,4	77,5	206,2
26,2	52,8	911,4	2,7	164,8	162,1
22,8	72,6	911,3	3,5	156,6	11,6

Figura 2. Dados meteorológicos de monitoramento.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Foram selecionados e utilizados os melhores bancos de dados a fim de gerar gráficos do comportamento de cada poluente atmosférico ao longo do tempo. Essa seleção deve-se ao fato da busca pela continuidade e representatividade do monitoramento, haja vista que as estações podem apresentar falhas na medição, seja por erros de sistema e programação, problemas no equipamento ou passar por períodos de manutenção que acabam deixando lacunas vazias no banco de dados, prejudicando as interpretações.

Por esses motivos foram estabelecidos critérios de representatividade conforme disponibilidade de dados de acordo com Tabela 4.

Tabela 4. Critérios de representatividade dos dados.

Tempo de amostragem	Critério de inclusão
1 hora	Pelo menos uma medição válida de 30min
8 horas	Pelo menos 6 horas medidas válidas
24 horas	Pelo menos 16 horas medidas válidas
Mensal	Pelo menos 2/3 das médias diárias válidas
Quadrimestral	Pelo menos 50% das médias diárias válidas
Anual	Todas as médias quadrimestrais válidas

(Fonte: IAP, 2013, modificado)

3.1. ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Segundo informações do IAP (2018), o monitoramento da qualidade do ar iniciou-se na Região Metropolitana de Curitiba na década 80, com a operação de quatro estações de amostragem do ar, fixas e manuais, localizadas uma em Curitiba e três em Araucária. Estas estações analisavam três dos sete parâmetros previstos na Resolução CONAMA n.º 03/90: SO₂, PTS e Fumaça.

Atualmente são doze estações de amostragem do ar existentes na RMC, sendo sete automáticas. Destas, quatro estações automáticas estão localizadas no município de Araucária/PR e analisam em tempo real as concentrações dos seguintes poluentes: O₃, SO₂, NO, NO₂, CO, PTS e PM₁₀, além de dados meteorológicos.

Além das estações automáticas, ainda existem outras estações manuais, sendo que o somatório de todas elas constituem na rede de monitoramento que possibilita a avaliação das condições da qualidade do ar da RMC (IAP, 2018).

No presente estudo optou-se por escolher como área de abrangência, para fins de avaliação das concentrações de poluentes atmosféricos e efeitos na saúde pública, o município de Araucária/PR. Neste município localizam-se atualmente 5 estações de monitoramento

gerenciadas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP): Assis, UEG, CISA-CSN, REPAR e PR-423. Anteriormente, existiam outras duas estações denominadas São Sebastião e Seminário, as quais foram desativadas no ano de 2013.

Das estações que funcionam no momento em Araucária/PR quatro delas são automáticas: ASSIS, UEG, CISA-CSN e REPAR. Somente a estação PR-423 é operada manualmente pela equipe técnica do IAP.

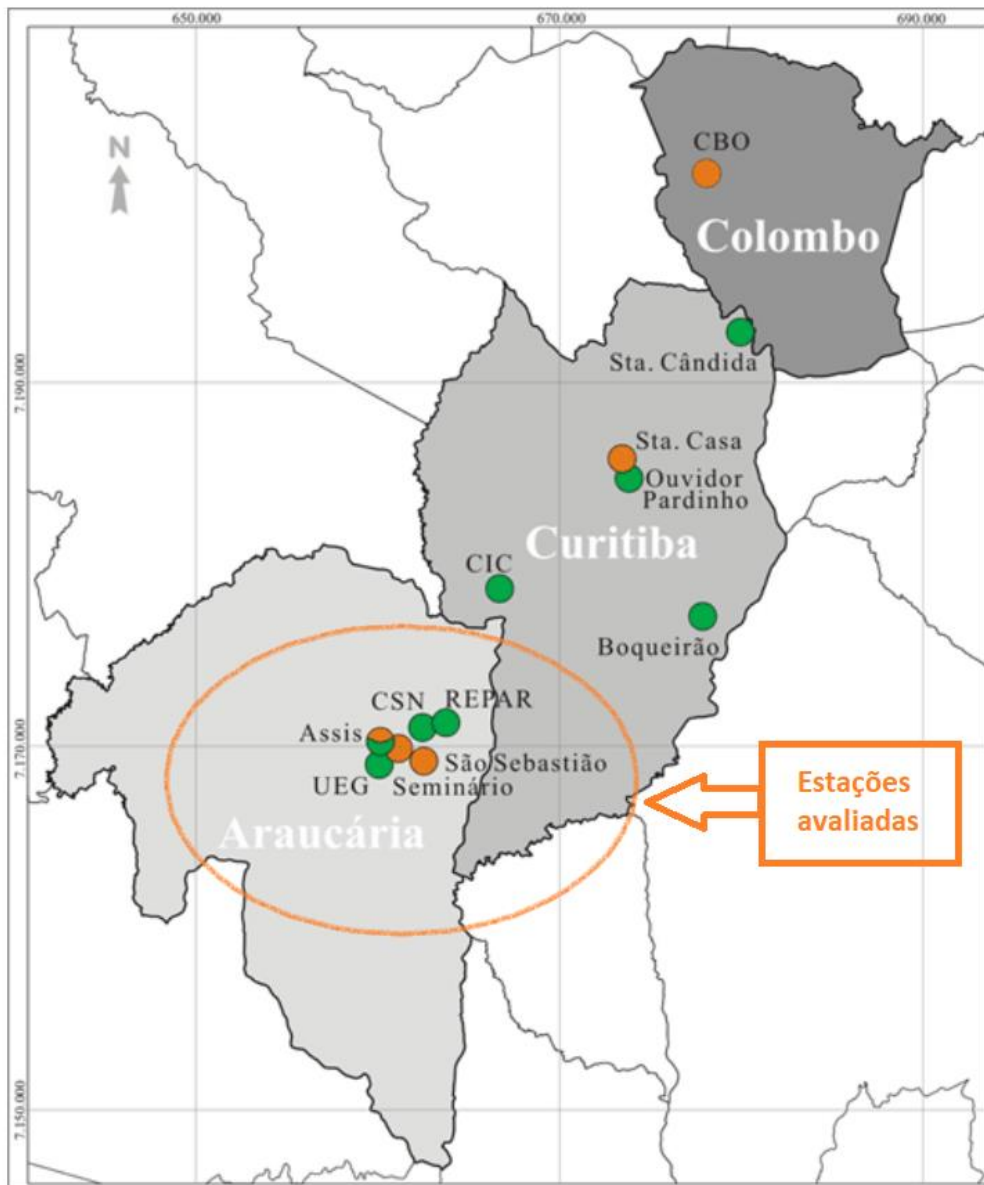


Figura 3. Mapa da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

O Instituto Ambiental do Paraná é o órgão ambiental estadual responsável pelo licenciamento ambiental de atividades poluidoras e também pelo monitoramento ambiental da qualidade do ar.

As quatro estações avaliadas no presente estudo podem foram instaladas em diferentes regiões do município de Araucária para uma melhor abrangência, conforme Figura 4.

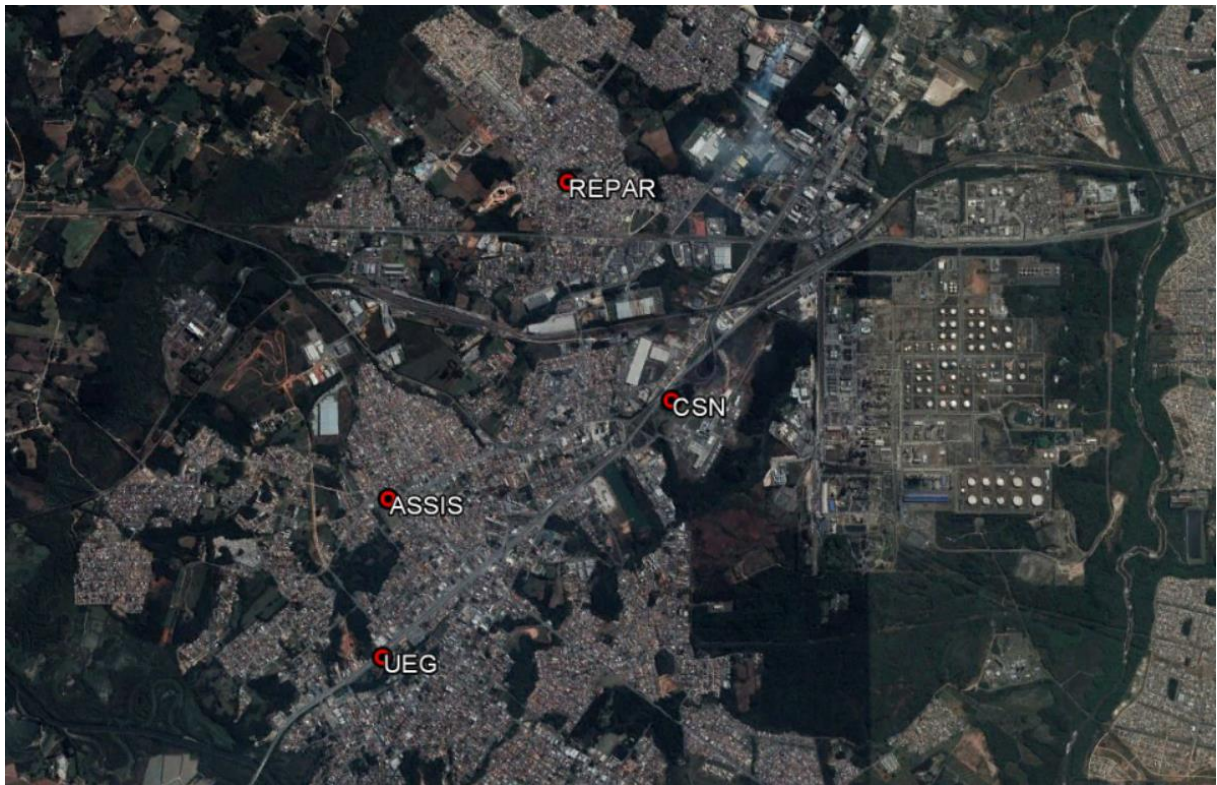


Figura 4. Localização das estações automáticas de monitoramento de poluição do ar.

(Fonte: GoogleEarthPro, 2017, modificado)

Através das estações de monitoramento o IAP emite os relatórios mensais com o índice de qualidade do ar medido em cada estação para cada um dos parâmetros estabelecidos na legislação, conforme Figura 5.

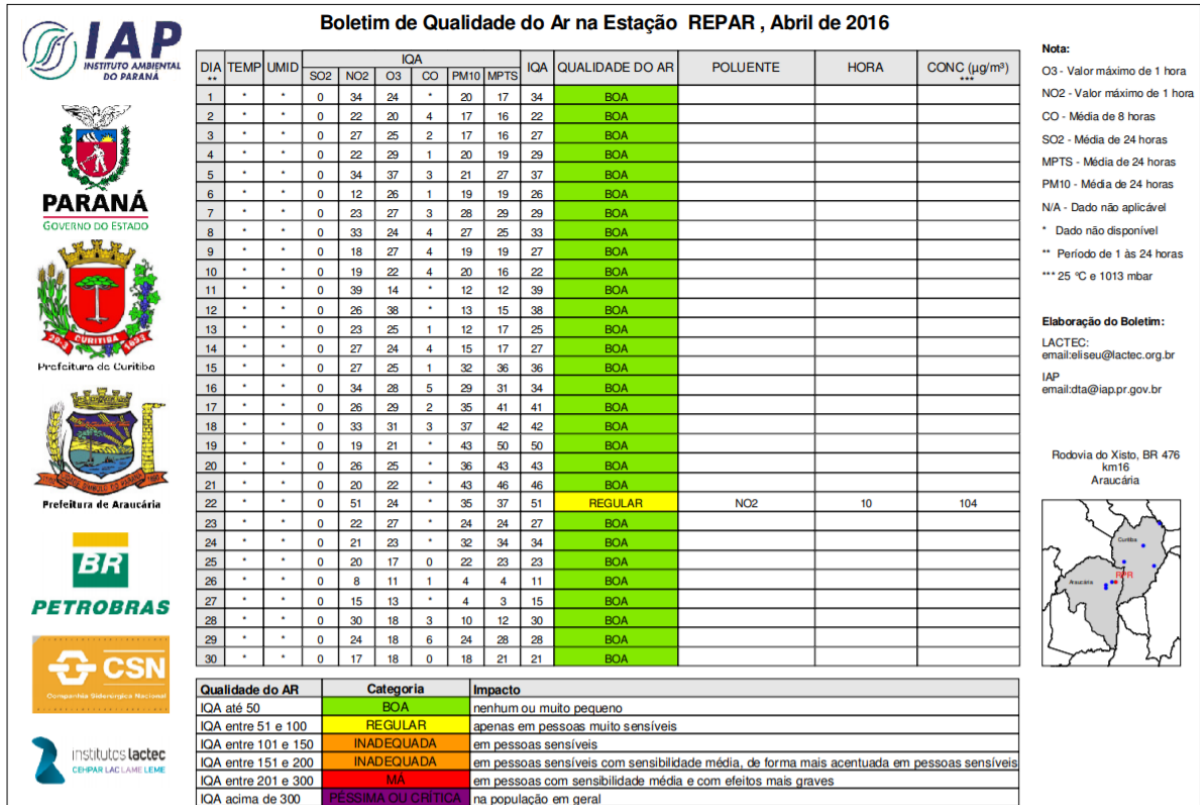


Figura 5. Boletim de Qualidade do Ar.

(Fonte: IAP, 2016)

Mensalmente, o IAP emite um boletim de qualidade do ar para cada uma das estações monitoradas. Esses boletins tem a finalidade de servir como indicador de qualidade do ar, inclusive emitindo alertas à Rede Estadual de Defesa Civil e autoridades competentes quando necessário.

3.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS E GEOGRÁFICOS DE ARAUCÁRIA

Os aspectos ambientais e meteorológicos são extremamente importantes para a manutenção da qualidade do ar e da dispersão dos poluentes atmosféricos. As características mais importantes são a direção e frequência ou predominância dos ventos.

Segundo Moreira (2004) a própria urbanização afeta a maneira como o ar se desloca nos centros urbanos, como exemplo os edifícios normalmente reduzem a velocidade dos ventos devido ao maior atrito, assim como o sistema viário cria fluxos preferenciais de deslocamento.

Na Figura 6 é possível observar a predominância e a direção dos ventos nas estações de monitoramento do IAP instaladas em toda a Região Metropolitana.

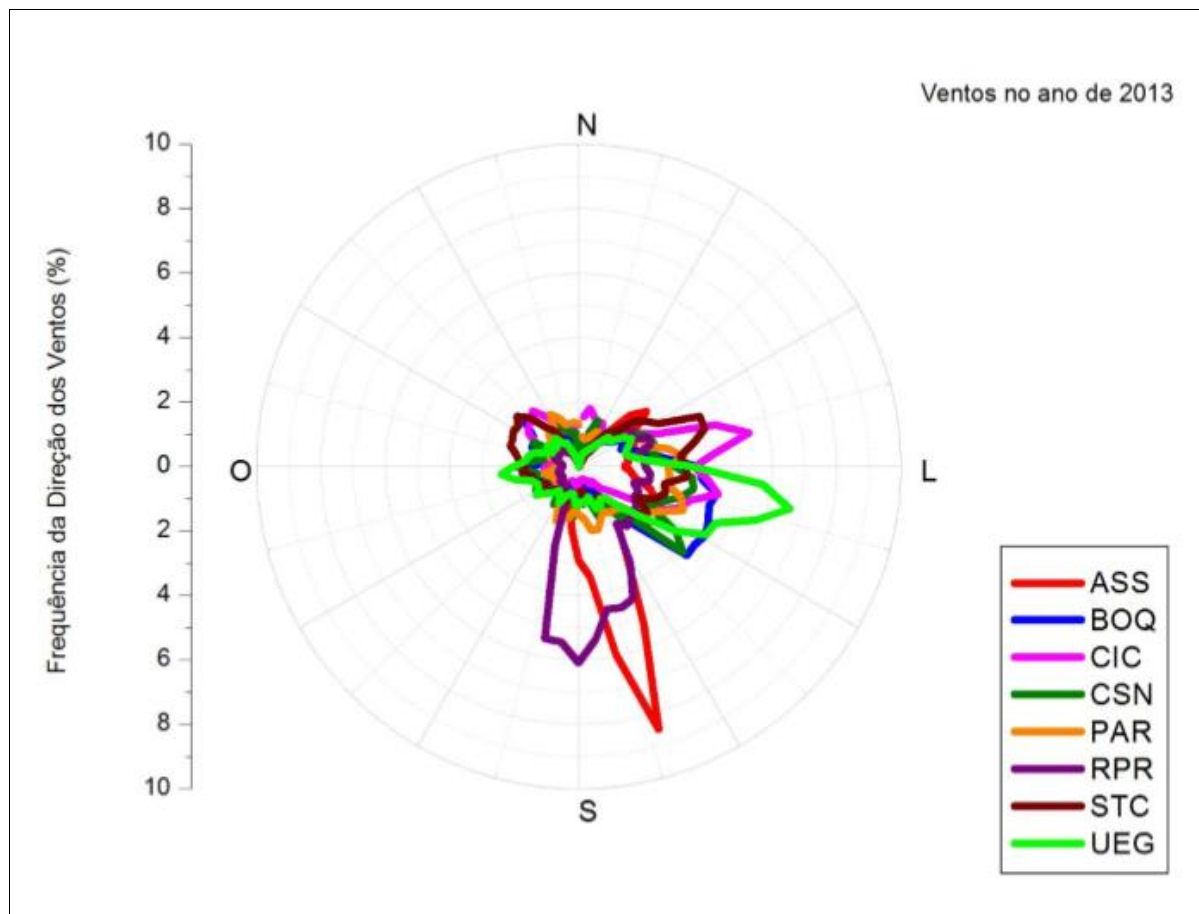


Figura 6. Predominância e direção dos ventos em estações de monitoramento na RMC no ano de 2013.

(Fonte: IAP, 2013).

Observa-se que as medições realizadas nas estações de monitoramento CSN e UEG tiveram vento predominantes na direção Leste-Sudeste. Já para as estações monitoramento ASSIS e REPAR os ventos são predominantemente na direção do Sul.

Lisboa (2014) cita algumas características atmosféricas que influenciam significativamente a dispersão dos poluentes como a estabilidade das camadas de ar, ou seja, sua resistência em se locomover no sentido vertical, parâmetro relacionado a temperatura, densidade, gradiente adiabático e turbulência do ar.

Ainda conforme Lisboa (2014) a Inversão Térmica é um processo natural que pode prejudicar a qualidade do ar de maneira crítica. Esse evento ocorre quando há uma inversão entre camadas quente e fria de ar, fazendo com que o ar próximo à superfície terrestre não consiga de dissipar no sentido vertical, mantendo os poluentes do ar próximos à superfície.

A topografia da região apresenta uma altitude de 897 metros em relação ao nível médio do mar. O relevo é relativamente suave, pouco acidentado, apresentando uma variação de altitude entre 860 e 940 metros.

A área da unidade territorial de 469,240 km² (IBGE, 2018) para uma população total de 137.452 habitantes e uma densidade demográfica estimada de 292,92 hab/km².

A cidade tem a presença do Centro Industrial de Araucária – CIAR criado em 1973 logo após a inauguração da Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR). Também estão presentes no município importantes indústrias como a Companhia Siderúrgica Nacional (CISA-CSN), a Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados (FAFEN-PR), a Companhia de Celulose e Papel do Paraná (COCELPA), a BERNECK, a Usina Elétrica a Gás de Araucária (UEG) e a IMCOPA – Importação, Exportação e Indústria de Óleos. Essas indústrias representam as principais fontes estacionárias de contribuintes com a poluição do ar no município.

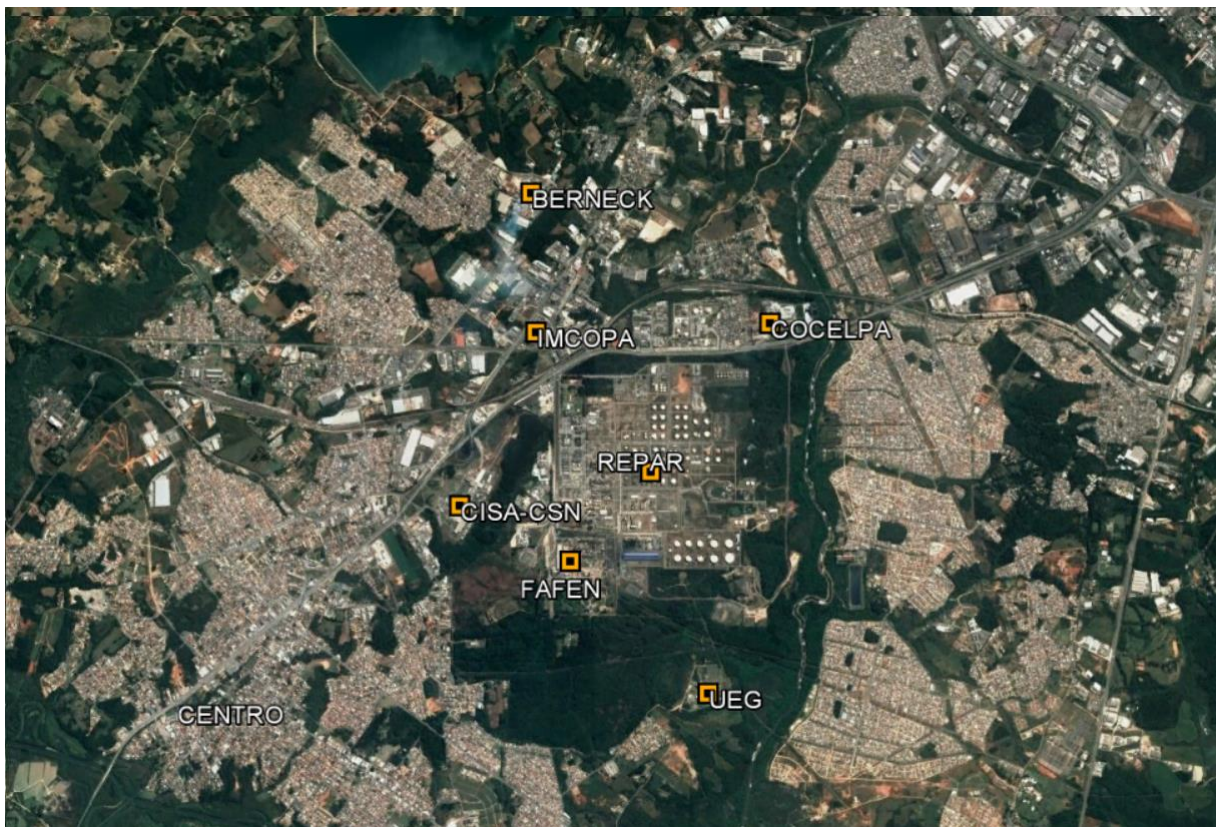


Figura 7. Indústrias que representam as principais fontes estacionárias de poluição do ar em Araucária.

(Fonte: GoogleEarthPro, 2018, modificado)

3.3. ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQA)

Para avaliação dos resultados obtidos através do tratamento das tábuas de dados em planilhas eletrônicas será utilizado o método de classificação IQA – Índice de Qualidade do Ar utilizado pelo órgão ambiental do estado do Paraná.

Qualidade	Índice	PM10	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂	Fumaça	PTS	Significado
		(µg/m ³) 24h	(µg/m ³) 1h	(ppm) 8h	(µg/m ³) 1h	(µg/m ³) 24h	(µg/m ³) 24h	(µg/m ³) 24h	
Boa	0 – 50	0 – 50	0 – 80	0 – 4,5	0 - 100	0 - 80	0 - 60	0 – 80	Praticamente não há risco à saúde.
Regular	> 50 – 100	> 50 e ≤ 150	> 80 e ≤ 160	> 4,5 e ≤ 9	> 100 e ≤ 320	> 80 e ≤ 365	> 60 e ≤ 150	> 80 e ≤ 240	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	> 100 – 200	> 150 e ≤ 250	> 160 e ≤ 400	> 9 e ≤ 15	> 320 e ≤ 1130	> 365 e ≤ 800	> 150 e ≤ 250	> 240 e ≤ 375	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	> 200 – 300	> 250 e ≤ 420	> 400 e ≤ 800	> 15 e ≤ 30	> 1130 e ≤ 2260	> 800 e ≤ 1600	> 250 e ≤ 420	> 375 e ≤ 625	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares).
Péssima	> 300 – 400	> 420 e ≤ 500	> 800 e ≤ 1000	> 30 e ≤ 40	> 2260 e ≤ 3000	> 1600 e ≤ 2100	> 420 e ≤ 500	> 625 e ≤ 875	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Figura 8. Classificação da qualidade do ar – IQA.

(Fonte: IAP, 2013)

Esse método classifica as médias de acordo com a legislação específica. As médias podem variar conforme o parâmetro analisado sejam elas médias horárias, a cada oito horas, diárias, mensais ou anuais, assim como estabelece faixas de concentração dos poluentes descritos da Resoluções CONAMA 03/90 e SEMA 16/14.

Quando a classificação do padrão é tida como BOA, significa que aquela média de concentração dificilmente gerará riscos à saúde da população. Já a classificação REGULAR quer dizer que apenas aqueles grupos mais suscetíveis como crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias preexistentes podem sofrer algum incômodo ou mal-estar, porém a população em geral não sentirá nenhum sintoma. A qualidade INADEQUADA já coloca toda a população com potencial de apresentar algum sintoma como tosse ou incômodos nasais ou na garganta. Já os grupos sensíveis estão sujeitos a efeitos agravantes à saúde.

A partir da classificação dada como MÁ os padrões de poluição entram no nível chamado de Atenção, conforme Tabela 2 apresentada. Tem-se uma situação em que toda a população pode sofrer consequências, devendo ser comunicado pela Defesa Civil, pois se trata de um nível de concentração de poluente que pode agravar pessoas com doenças respiratórias levando-as a óbito, além de causar efeitos generalizados na população.

O último nível é de qualidade PÉSSIMA, ou seja, atingiu-se um estado crítico de poluição classificado como Nível de Alerta, no qual existe a probabilidade das pessoas sensíveis que entrarem em contato com o ar poluído irem à óbito de maneira precoce.

Assim, atingindo-se o Nível de Alerta o papel da Defesa Civil passa a ser preponderante para comunicação rápida à população do entorno e as empresas potencialmente poluidoras, inclusive colocando em prática ações do plano de emergência para proteção da saúde população e contenção de eventuais incidentes ou acidentes.

4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

4.1. DADOS DA SAÚDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA/PR

A partir dos dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde de Araucária/PR junto ao Departamento de Vigilância Epidemiológica é possível analisar as causas básicas de óbitos entre os anos de 2005 e 2016 no município.

Tabela 5. Causas básicas de óbitos de residentes de Araucária/PR.

CAUSAS BÁSICAS DE ÓBITOS, RESIDENTES DE ARAUCÁRIA/PR												
ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Doenças do ap. circulatório	23	24,7	25,5	25	23,5	22,5	25,5	22	25,1	27,7	20,1	23,7
Neoplasias	17,7	19,4	19,8	15,8	15,5	16,3	16,4	19,2	18,2	19	20,7	21
Causas Externas	19	17,6	13,8	16,1	18	20,7	20,7	18,3	16,8	15,9	17,6	14,5
Doenças do ap. respiratório	9,9	8,8	11,1	9,9	9,8	9	10,8	9,7	11	7,9	7,2	10,1
Doenças Endócrinas, Nutricionais e Metabólicas	5,9	4,4	5,8	6,3	4,9	5,7	4,2	5,5	6,7	7,4	8,9	6,6

(Fonte: O autor, 2018)

É possível observar através da Tabela 5, que as doenças respiratórias possuem grande significância em relação a quantidade total de óbitos em residentes do município. Além disso, outras doenças do aparelho circulatório e neoplasias também podem estar relacionadas aos problemas ocasionados pela poluição do ar.

Transpondo-se os dados da Tabela 5 em um gráfico é possível observar o comportamento de cada causa básica de óbito ao longo do tempo, conforme Figura 9.

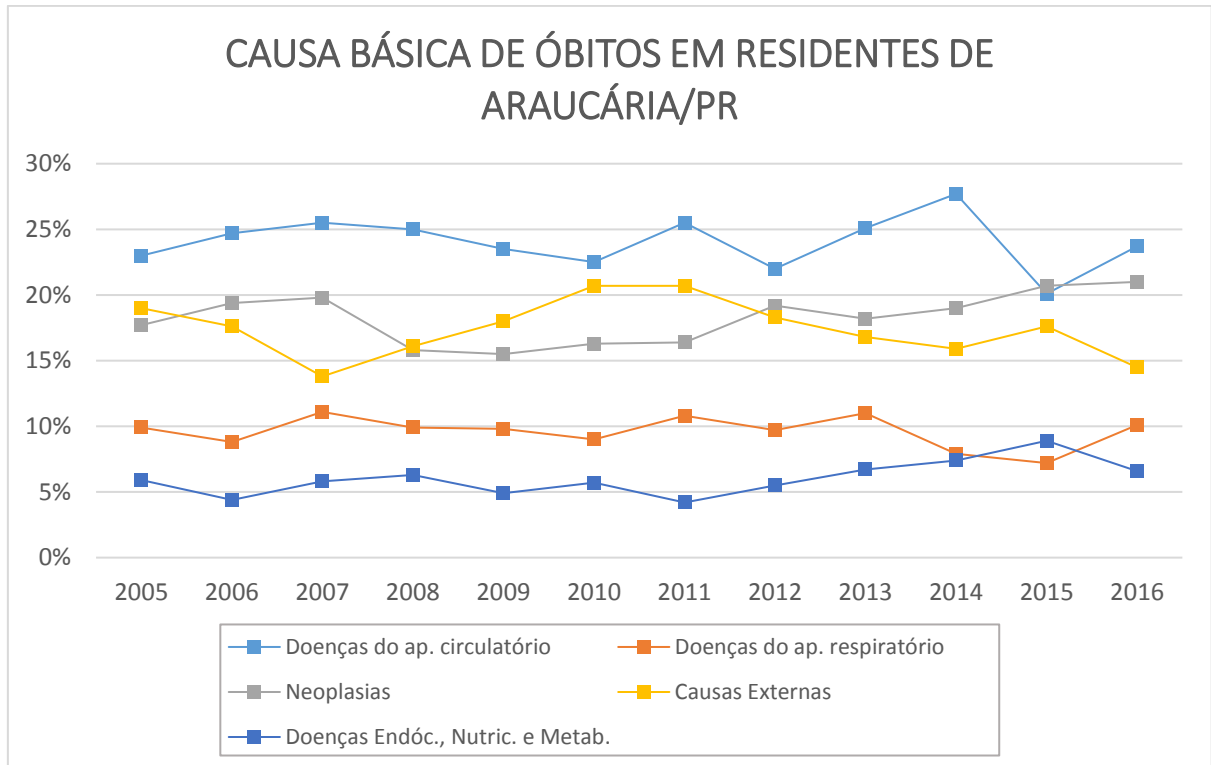


Figura 9. Causas básicas de óbito em residentes de Araucária entre 2005 e 2016.

(Fonte: Baseado em Araucária, 2015)

A partir da análise da Figura 9 observa-se a variação ao longo do tempo das causas de óbito de residentes no município de Araucária/PR, classificadas em grandes grupos conforme CID-10 (Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionadas à Saúde). Entre os anos de 2005 e 2016 as doenças maiores causadoras de óbitos no município foram relacionadas ao aparelho circulatório, com uma variação entre 20,1% e 27,7% do percentual de causas de óbito por ano.

Em segundo lugar houve uma alternância de causas de óbitos no período considerado entre neoplasias com variação entre 15,5% e 20,7% e causas externas variando entre 13,8% e 20,7%. Dentre as causas externas de morbimortalidade estão acidentes com transportes, quedas, agressões, entre outras.

Na quarta posição de maneira predominante aparecem as causas de óbito provocadas pelas doenças do aparelho respiratório com uma variação de 7,2% e 11,1% no período estudado. Na última posição estão as doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas com variação no percentual de óbitos anuais entre 4,2% e 8,9%.

De acordo com dados da Divisão de Vigilância Sanitária de Araucária/PR em 2015, as doenças do aparelho respiratório apresentaram 50 casos, sendo responsável por 7,2% dos óbitos.

Dentre o grupo de causas respiratórias está a Pneumonia, com 21 casos ou 42%; Doenças Crônicas das Vias Aéreas Inferiores, como a DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica), com 24 casos ou 48% e; 10% referente a outras doenças do sistema respiratório. Em relação à faixa etária, a idade mais acometida são os maiores de 55 anos, equiparando-se entre os sexos.

Entre os anos de 2013 e 2015 três doenças relacionadas a problemas respiratórios estiveram entre as 10 maiores causas de óbitos em Araucária, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Principais causas de óbitos entre 2013 e 2015 no município de Araucária/PR.

Ordem	2013		2014		2015				
	Causa	N.	%	Causa	N.	%			
1	Agressão	57	8,2%	Doenças cerebrovasculares	57	8,2%	Agressão	56	8,1%
2	Doenças cerebrovasculares	50	7,2%	Doença isquêmica do coração	55	8,0%	Doença isquêmica do coração	52	7,5%
3	Doença isquêmica do coração	46	6,6%	Agressão	49	7,1%	Neoplasia órgãos digestivos	50	7,2%
4	Neoplasia órgãos digestivos	39	5,6%	Doença hipertensiva	34	4,9%	Diabetes mellitus	49	7,1%
5	Outras formas de doença do coração	37	5,3%	Diabetes mellitus	33	4,8%	Outras formas de doença do coração	37	5,3%
6	Doença pulmonar obstrutiva	35	5,0%	Outras formas de doença do coração	28	4,1%	Acidentes de transporte	27	3,9%
7	Diabetes mellitus	34	4,9%	Doença pulmonar obstrutiva	21	3,0%	Doenças cerebrovasculares	27	3,9%
8	Doença hipertensiva	32	4,6%	Neoplasia brônquios ou pulmões	20	2,9%	Doença hipertensiva	24	3,5%
9	Pneumonia	29	4,2%	Pneumonia	20	2,9%	Doença pulmonar obstrutiva	24	3,5%
10	Acidentes de transporte	28	4,0%	Acidentes de transporte	18	2,6%	Pneumonia	21	3,0%

(Fonte: O autor, 2018)

Entre as doenças respiratórias causadoras de óbitos estão as Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas, Pneumonia e Neoplasia em Brônquios ou Pulmões. Em 2013 as doenças respiratórias foram responsáveis por 64 óbitos ou o equivalente a 9,2%. Em 2014 os

problemas respiratórios ocasionaram 61 óbitos ou 8,8% e no ano de 2015 foi observada uma ligeira redução totalizando 45 óbitos ou 6,5%.

Entretanto, a inalação de poluentes atmosféricos como o MP e o SO₂, pode influenciar negativamente para o agravamento de outras doenças como, por exemplo, doenças relacionadas ao aparelho circulatório.

Segundo Gouveia et al. (2006) a correlação entre poluição do ar e doenças cardiovasculares é menos explorada cientificamente, mas existem possíveis explicações para esse agravamento. Isso porque as patologias do sistema cardiovascular, como infarto agudo do miocárdio e morte súbita, estão associadas a alterações no sistema nervoso autônomo, cuja modulação também pode sofrer alterações, por exemplo na diminuição da variabilidade da frequência cardíaca em relação aos níveis de poluição.

Por esse motivo, o fator da poluição atmosférica transcende apenas a questão dos problemas respiratórios, diretamente relacionados com a inalação desses poluentes, podendo afetar indiretamente outras partes do organismo, fazendo com que a constatação dessa correlação com a saúde pública seja ainda mais complexa.

Em relação aos atendimentos globais realizados no município de Araucária/PR, através do sistema de informação da saúde do DATASUS (2018) foram obtidos os dados de morbidade e mortalidade entre novembro de 2007 e fevereiro de 2018, conforme Figura 10 e Figura 11, em relação às doenças no aparelho respiratório – Capítulo X do CID-10.

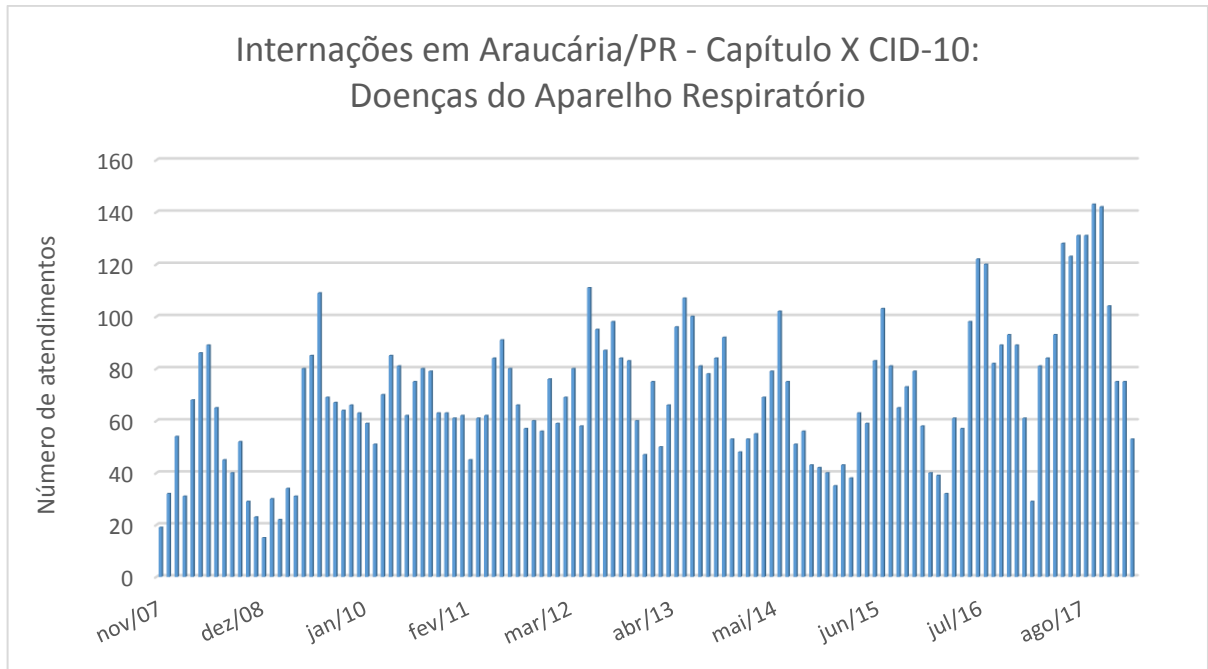


Figura 10. Dados históricos de morbidade em Araucária/PR relacionada a Doenças no Aparelho Respiratório – Capítulo X do CID-10.

(Fonte: Baseado em DATASUS, 2018)

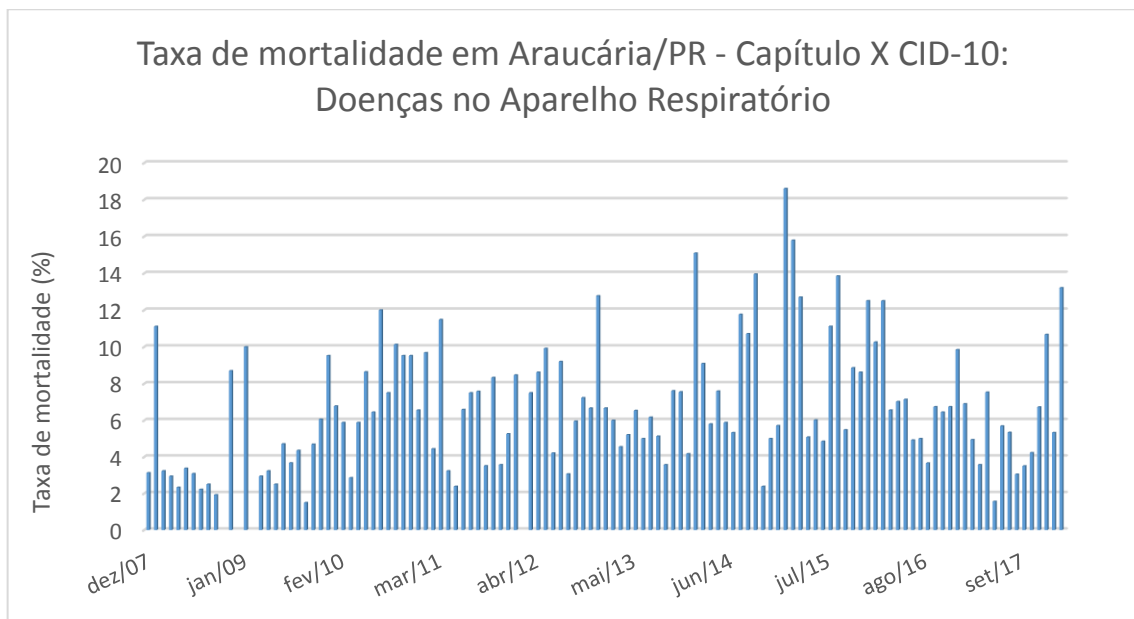


Figura 11. Histórico da taxa de mortalidade em Araucária/PR relacionada a Doenças no Aparelho Respiratório – Capítulo X do CID-10.

(Fonte: Baseado em DATASUS, 2018)

É possível observar uma tendência de crescimento tanto para dados de morbidade quanto mortalidade por doenças respiratórias entre os anos 2007 e 2017. Naturalmente, esse

aumento deve ocorrer devido ao crescimento populacional das cidades. Entretanto, isso pode ser agravado caso as condições de qualidade do ar piorem ao longo do tempo.



Figura 12. Internações no Hospital Municipal de Araucária (HMA) por doenças no aparelho respiratório Capítulo X do CID-10.

(Fonte: Baseado em DATASUS, 2018)

A partir da Figura 12 é possível observar o número de internações realizadas pelo principal centro de saúde do município, o Hospital Municipal de Araucária – HMA, entre os anos 2014 e 2018.

Verifica-se um aumento significativo no número de internações realizadas pelo HMA. Essa situação é mais acentuada quando se comparam os picos anuais, que em maio/2014 foi de aproximadamente 60 internações, passando para cerca de 115 internações em set/2017. Ou seja, em quatro anos esse número praticamente dobrou, sendo que o crescimento populacional de quase 5% não é suficiente para justificar esse aumento tão significativo no número de internações.

Por meio dos dados obtidos junto ao DATASUS foi possível selecionar a morbidade hospitalar pelas faixas etárias, para identificar a existência de grupos de risco ou mais suscetíveis aos efeitos dos poluentes (Figura 13).

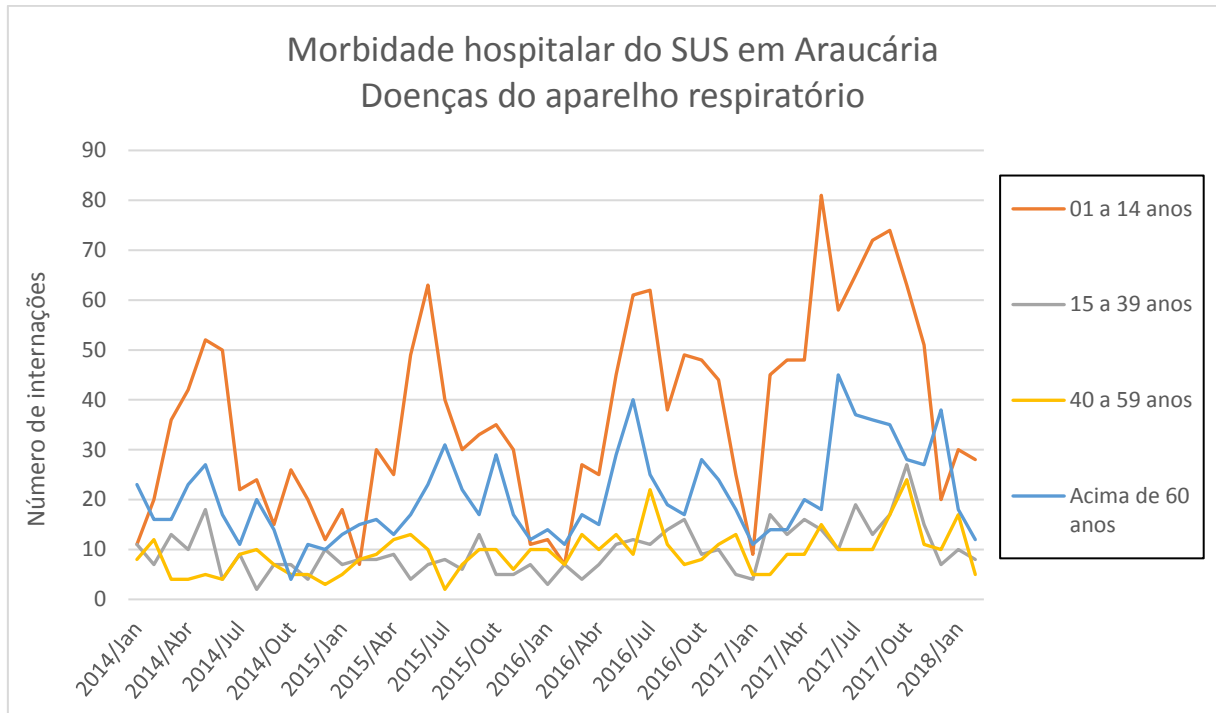


Figura 13. Histórico de morbidade hospitalar por doenças do aparelho respiratório Capítulo X do CID-10 em residentes de Araucária/PR.

(Fonte: Baseado em DATASUS, 2018)

Notoriamente é possível observar dois grupos de risco distintos. O primeiro e mais suscetível à sazonalidade é de crianças de 01 a 14 anos. No ano de 2017, por exemplo, foi possível observar uma variação do número de internações de 09 (jan/2017) para 81 (maio/2017), ou seja, um aumento de 800% no número absoluto de internações devido aos efeitos da sazonalidade.

O segundo grupo de risco é o dos idosos com idade maior do que 60 anos. Esse grupo é menos suscetível aos efeitos sazonais em relação ao primeiro, porém sofre mais os efeitos do que as pessoas das faixas etárias intermediárias de 15 a 39 anos e de 40 a 59 anos que apresentam baixa variabilidade de internações ao longo do ano.

Os custos mensais do SUS com o tratamento de doenças no aparelho respiratório, como previsto, acompanham esse crescimento do número de internações, como é possível observar na Figura 14.

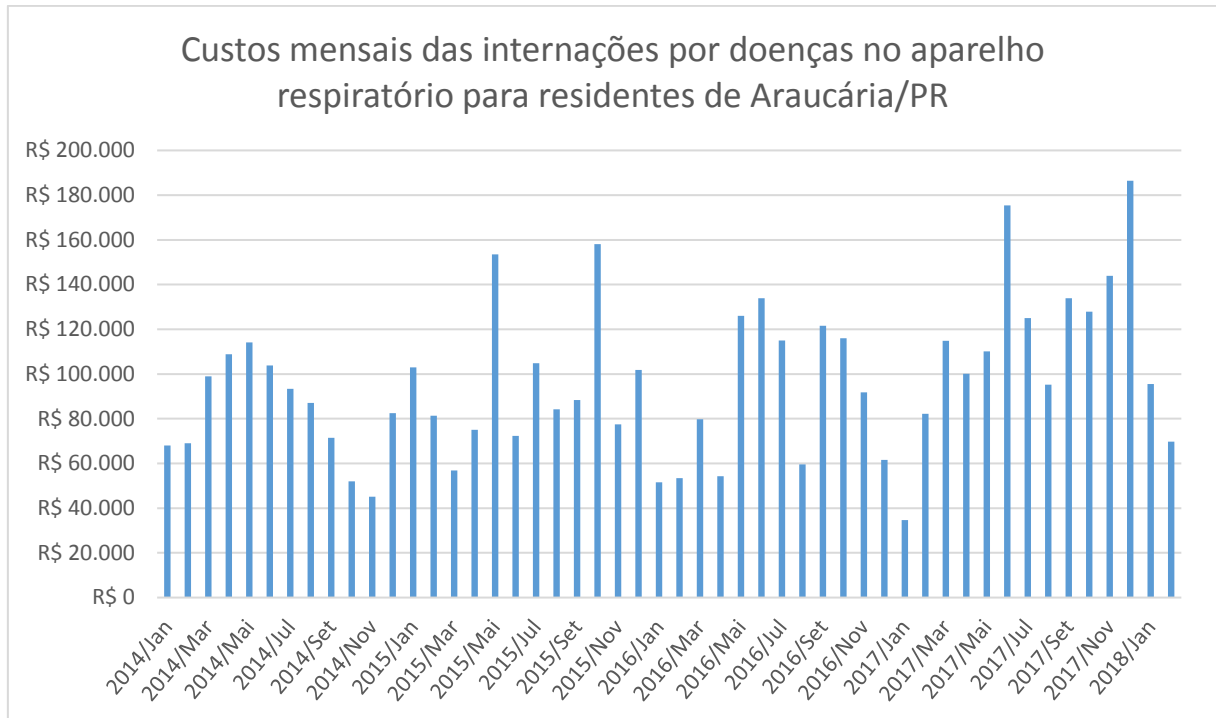


Figura 14. Custos mensais das internações por doenças no aparelho respiratório Capítulo X do CID-10.

(Fonte: Baseado em DATASUS, 2018)

Observando-se a Figura 14 é possível verificar os gastos do município de Araucária para internações de residentes devido a doenças do aparelho respiratório (Capítulo X do CID-10). Verifica-se que a média de gastos para o período de janeiro de 2014 a fevereiro de 2018 foi de R\$ 96.208,06 mensais.

Considerando os picos anuais de gastos, observa-se em maio de 2014 um valor de R\$114.147,67 de custo dos internamentos, variando para um valor máximo de R\$186.448,24, em dezembro de 2017, equivalente a um aumento de 63,3% em três anos.

Comparando-se os gastos mensais do SUS no município de Araucária e relacionando-os aos da Região Metropolitana de Curitiba é possível obter o índice de gastos públicos, conforme apresentado na Figura 15.

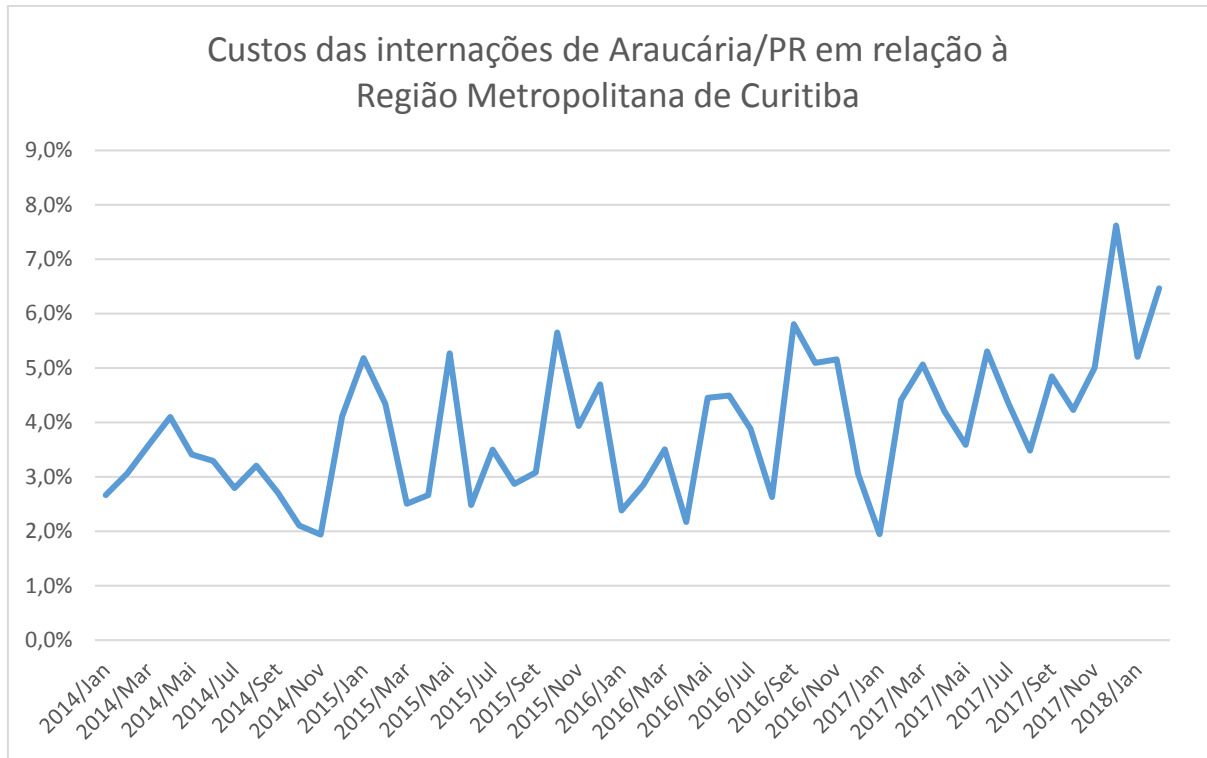


Figura 15. Índice dos gastos com internações em Araucária em relação à RMC.

(Fonte: Baseado em DATASUS, 2018)

Observa-se que o índice que relaciona os custos de Araucária com a RMC apresentou uma taxa de crescimento significativo no período avaliado (2014-2018). Novamente, o crescimento populacional não é o único fator que justifica tal taxa de crescimento, apesar de apresentar uma das maiores taxas na região metropolitana, juntamente com outros municípios, principalmente do sul da RMC, como Fazenda Rio Grande, Mandirituba e São José dos Pinhais, assim como Campo Largo, Piraquara e Quatro Barras (IBGE, 2108).

Quando os custos mensais de Araucária são analisados com relação aos custos de internações pelo SUS na Região Metropolitana de Curitiba, tem-se um índice representativo médio de 3,8%. Já o pico desse índice de gastos que o município de Araucária teve em relação à RMC passou de 4,10% em maio/2014 para 7,62% em dez/2017.

Considerando que a população de Araucária é de 137.452 habitantes (IBGE, 2017) e a da RMC de 3.502.804 habitantes (IBGE, 2015), ou seja, 0,04% do total de habitantes na região, os custos de Araucária com internações por doenças respiratórias são muito maiores do que o esperado, caso a distribuição desses gastos fosse equivalente com a população residente.

O crescimento populacional de Araucária pode ser observado conforme a Figura 16, o que pode ser um dos motivos, porém não o único, que justifique o aumento significativo de internações hospitalares.

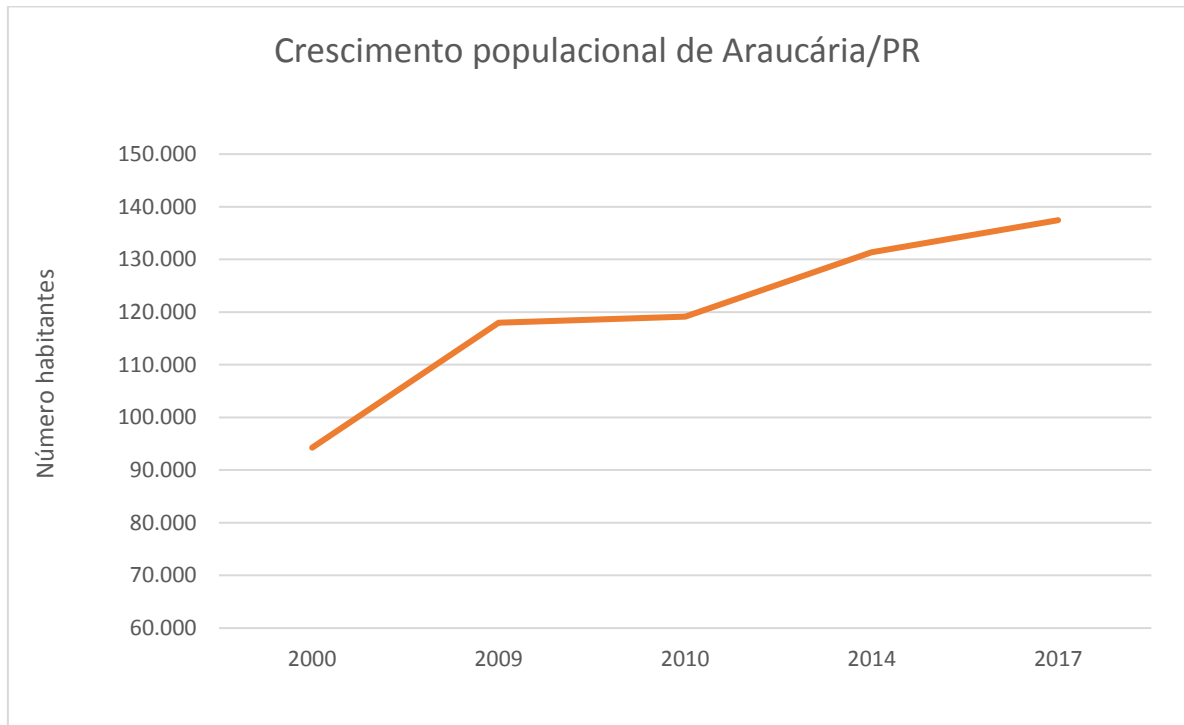


Figura 16. Crescimento populacional do município de Araucária entre 2000 e 2017.

(Fonte: Baseado em IBGE, 2018)

4.2. ANÁLISE DE RESULTADOS DE MONITORAMENTO DE POLUENTES

Após o tratamento de dados de monitoramento ambiental por meio de planilhas eletrônicas foi possível observar a variação no nível de concentração de alguns poluentes atmosféricos no município de Araucária/PR.

4.2.1. DIÓXIDO DE ENXOFRE

A medição de dióxido de enxofre observada na estação ASSIS apresentou uma disponibilidade maior do que 90%. A estação REPAR também apresentou uma boa continuidade de medição, por esse motivo ambas foram consideradas para avaliação das concentrações de dióxido de enxofre.

4.2.1.1. ESTAÇÃO ASSIS (ASS)

Iniciando-se pela estação de monitoramento denominada ASSIS foi possível observar as medições do dióxido de enxofre entre 2014 e 2016.

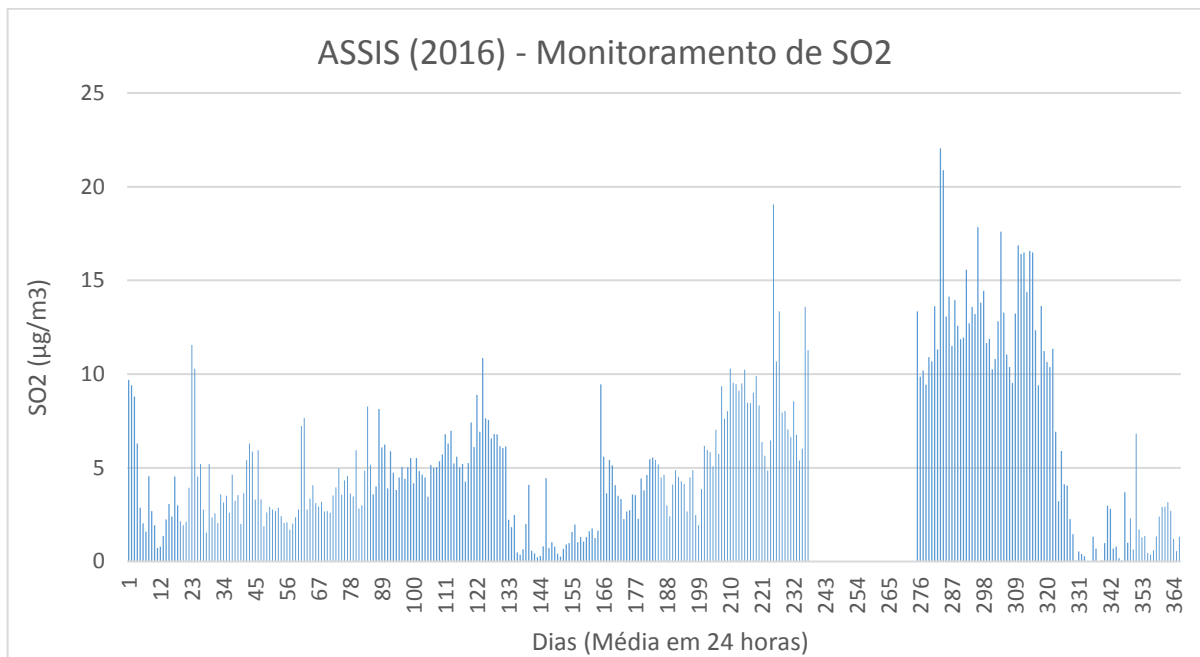


Figura 17. Variação diária de concentração de dióxido de enxofre em 2016 medida pela estação ASSIS.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

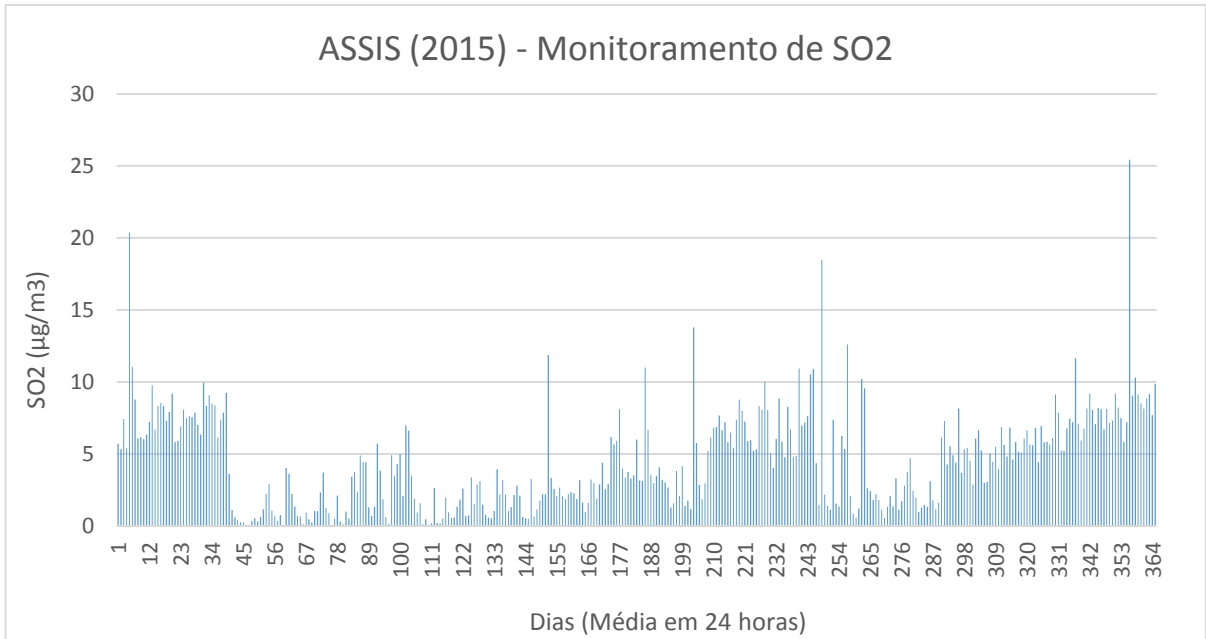


Figura 18. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2015 medida pela estação ASSIS.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

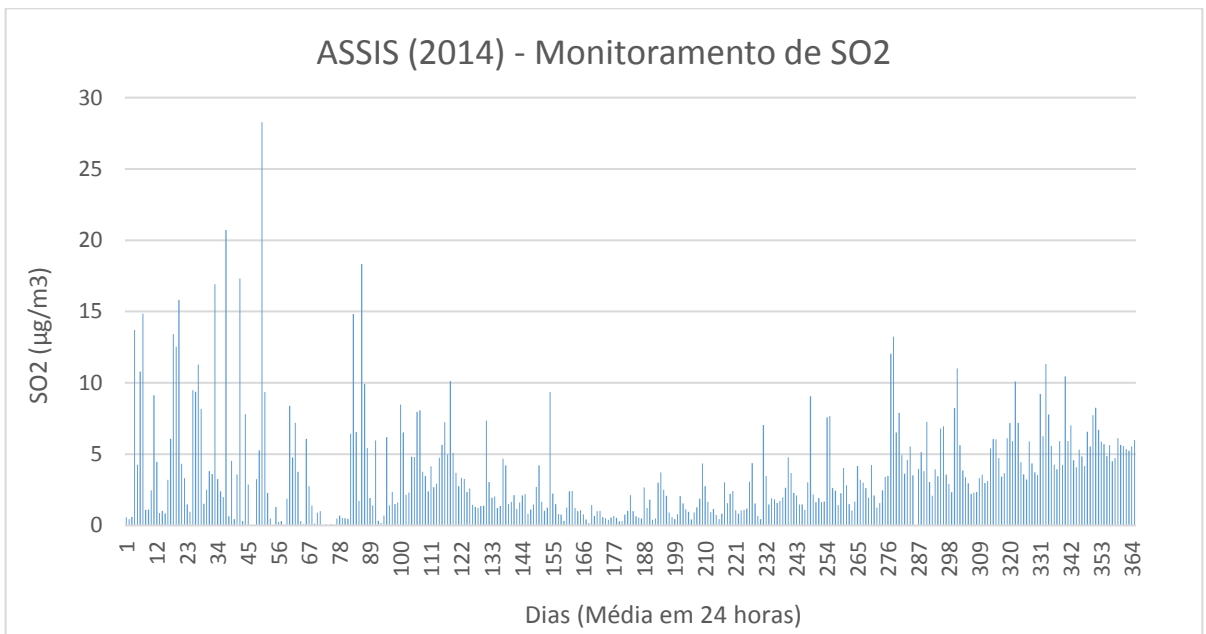


Figura 19. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2014 medida pela estação ASSIS.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Através da Figura 17, Figura 18 e Figura 19 é possível verificar que as médias diárias máximas para os anos de 2016, 2015 e 2014 foram de 22,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 25,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 28,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Em nenhum dos anos analisados os padrões primário e secundário estabelecidos pela norma foram ultrapassados.

Tabela 7. Resultados de monitoramento da estação ASSIS para SO₂ (2016-2014).

SO₂ Estação ASSIS 2016 Disponibilidade 24h: 90,14%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 329	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 5,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Média diária máxima: 22,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero				
SO₂ Estação ASSIS 2015 Disponibilidade 24h: 99,45%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 363	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 4,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Média diária máxima: 25,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero				
SO₂ Estação ASSIS 2014 Disponibilidade 24h: 99,73%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 364	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 3,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Média diária máxima: 28,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero				

(Fonte: O autor, 2018)

Por meio da Tabela 7 é possível observar que a classificação da qualidade do ar permaneceu BOA em todo o período analisado entre 2014 e 2016 para uma disponibilidade global de dados equivalente a 96,4%. Não houve nenhuma ultrapassagem dos padrões primário ou secundário.

4.2.1.2. ESTAÇÃO CSN (CISA-CSN)

A Figura 20 apresenta a variação diária de dióxido de enxofre medida.

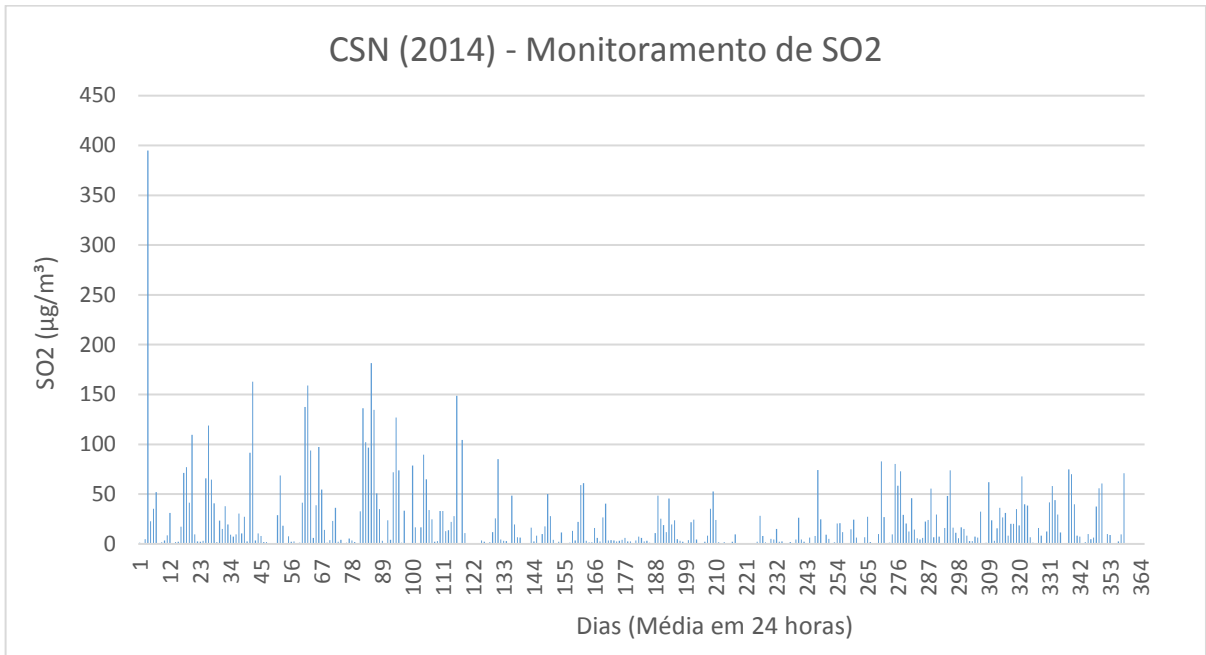


Figura 20. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2014 medida pela estação CSN.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

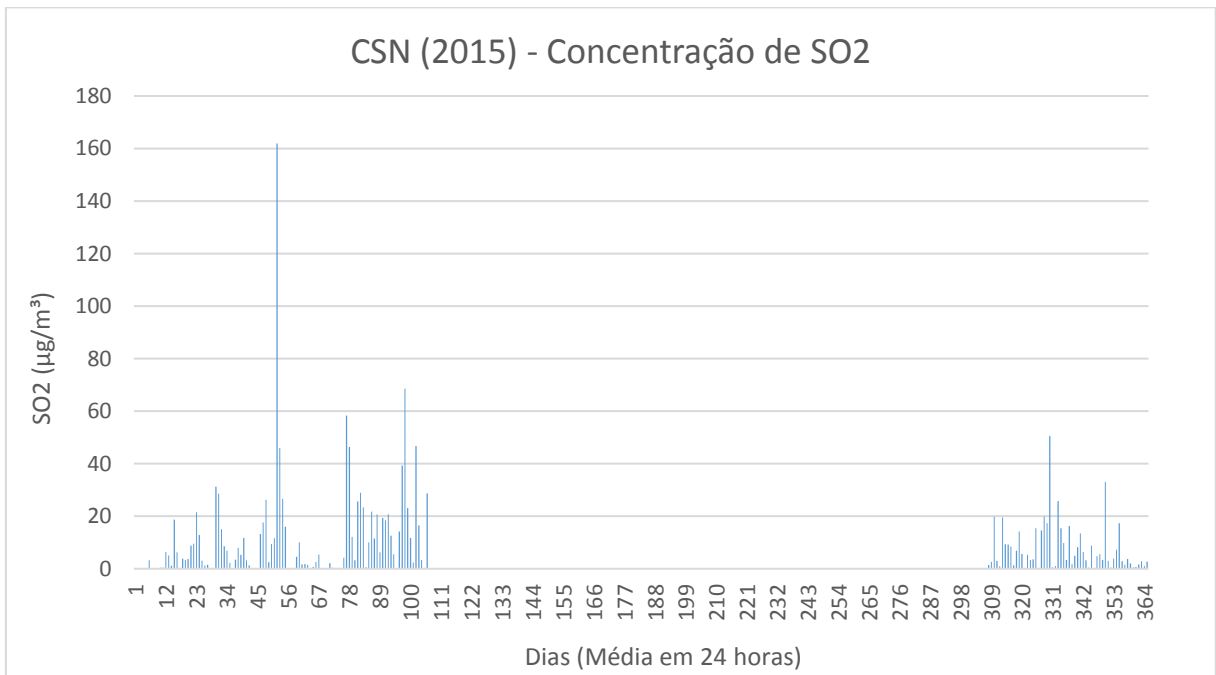


Figura 21. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2015 medida pela estação CSN.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

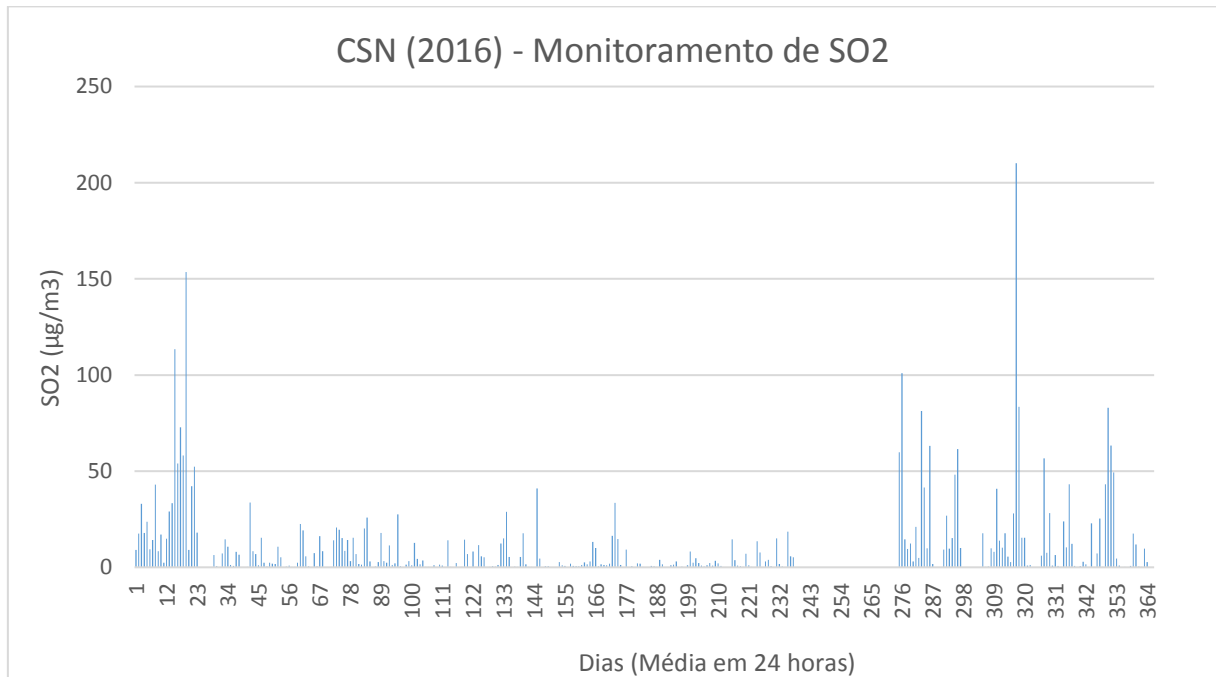


Figura 22. Variação diária da concentração de dióxido de enxofre em 2016 medida pela estação CSN.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Tabela 8. Resultados de monitoramento da estação CSN para SO₂ (2016-2014).

SO₂ Estação CSN 2016 Disponibilidade 24h: 85,21%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 304	REGULAR: 7	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 11,13 µg/m³			
	Média diária máxima: 210,11 µg/m³			
	Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero			
SO₂ Estação CSN 2015 Disponibilidade 24h: 42,74% *	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 155	REGULAR: 1	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 10,61 µg/m³			
	Média diária máxima: 161,92 µg/m³			
	Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero			
SO₂ Estação CSN 2014 Disponibilidade 24h: 92,33%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 316	REGULAR: 20	INADEQUADA: 1	MÁ: 0
	Média anual: 23,40 µg/m³			
	Média diária máxima: 395 µg/m³			
	Nº de ultrapassagens médias diárias: 1			

* Disponibilidade não atende ao critério de representatividade.

(Fonte: O autor, 2018)

A Tabela 8 demonstra os resultados de monitoramento da estação CSN para dióxido de enxofre entre os anos 2014 e 2016. É possível observar que as médias anuais da estação CSN foram significativamente maiores do que aquelas demonstradas na Tabela 7 para a estação ASSIS.

O ano de 2014 apresentou o pior cenário de poluição do ar por SO₂ com uma média anual de 23,40 µg/m³ e uma média diária máxima atingindo 395 µg/m³ no dia 04 de janeiro de 2014. Isso resultou em 20 dias com qualidade do ar REGULAR, além de 1 dia INADEQUADO, segundo classificação do IQA.

4.2.2. PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO

A estação de monitoramento ambiental REPAR foi a que apresentou a melhor continuidade de dados observados em relação às demais estações automáticas, com uma disponibilidade de dados acima de 85% no período analisado.

As demais estações não foram consideradas para análise de partículas totais sólidas por terem apresentado disponibilidade de dados abaixo de 40%.

4.2.2.1. ESTAÇÃO REPAR (RPR)

A Figura 23 apresenta a variação diária da concentração de partículas totais em suspensão.

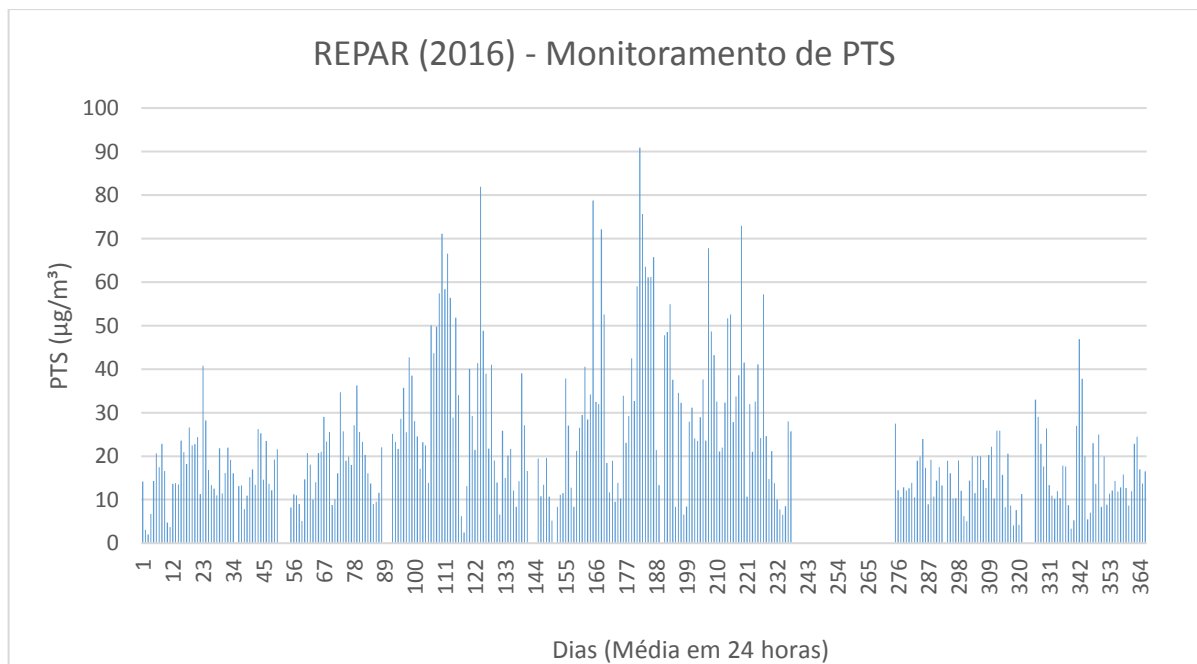


Figura 23. Variação diária da concentração de partículas totais em suspensão em 2016 medida pela estação REPAR.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

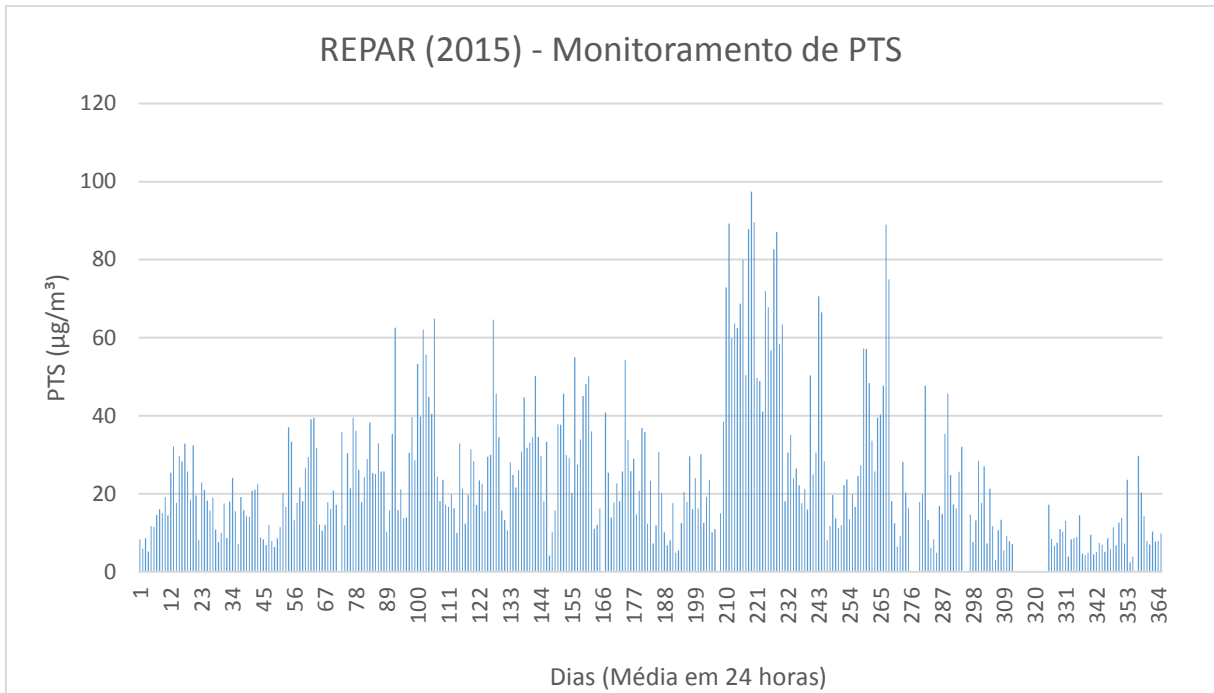


Figura 24. Variação diária da concentração de partículas totais em suspensão em 2015 medida pela estação REPAR.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

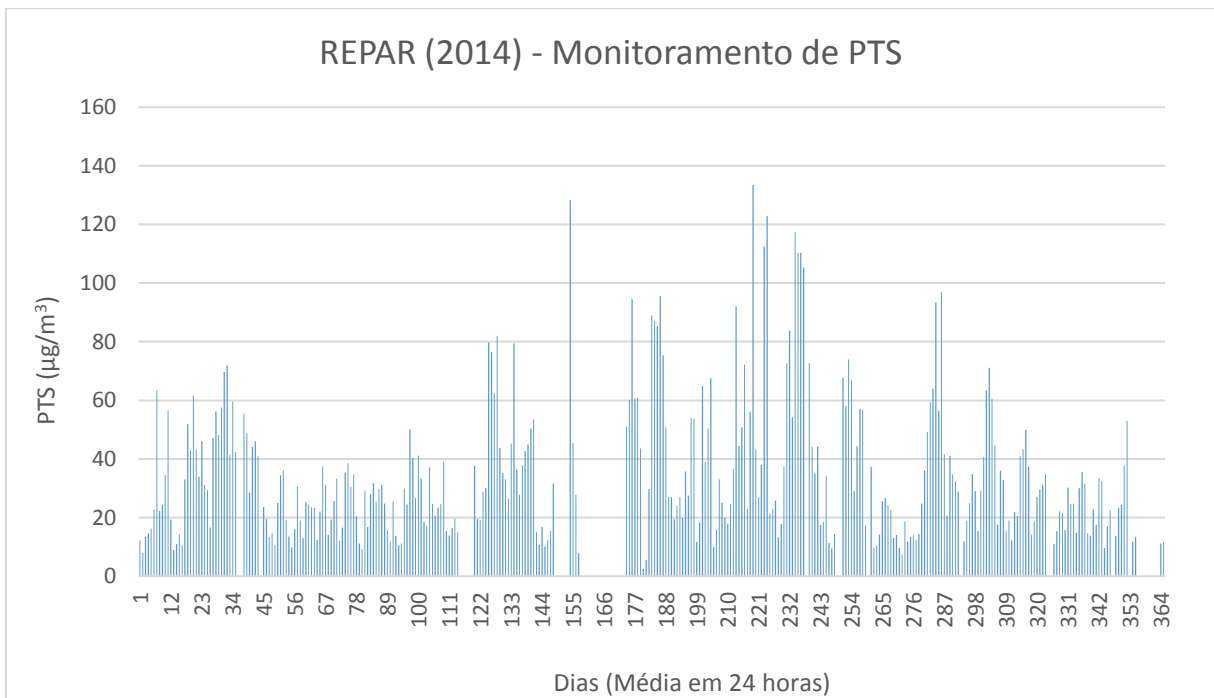


Figura 25. Variação diária da concentração de partículas totais em suspensão em 2014 medida pela estação REPAR.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Tabela 9. Resultados de monitoramento da estação REPAR para PTS (2016-2014).

PTS Estação REPAR 2016 Disponibilidade 24h: 85,20%	Número de classificações das médias diárias (Janeiro-Dezembro)			
	BOA: 309	REGULAR: 2	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 23,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Média diária máxima: 90,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
PTS Estação REPAR 2015 Disponibilidade 24h: 94,25%	Número de classificações das médias diárias (Janeiro-Dezembro)			
	BOA: 337	REGULAR: 7	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 24,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Média diária máxima: 97,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
PTS Estação REPAR 2014 Disponibilidade 24h: 87,40%	Número de classificações das médias diárias (Janeiro-Dezembro)			
	BOA: 301	REGULAR: 18	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 34,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Média diária máxima: 133,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero				

(Fonte: O autor, 2018)

Considerando os padrões primário e secundário estabelecidos pela Res. SEMA 16/14 e CONAMA 03/90 de $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, entre os anos de 2014 e 2016 não foi observada a ultrapassagem dos limites definidos em norma para as Partículas Totais em Suspensão (PTS) de acordo com o monitoramento da estação REPAR.

Apesar dos limites legais da legislação terem sido respeitados no período entre 2014-2016, a qualidade do ar apresentou classificação REGULAR em pelo menos 27 dias desse período considerando uma disponibilidade global de 88,95% nos três anos. No restante dos dias a qualidade do ar apresentou-se BOA.

Observou-se uma redução da média anual de concentração obtido, iniciando em $34,67\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ano de 2014 reduzindo para $23,11\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2016. Os valores máximos diários também reduziram no período, sendo observadas as concentrações de $133,43\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014), $97,42\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015) e $90,87\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016).

4.2.3. PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM₁₀ OU PI)

O monitoramento de partículas inaláveis PM₁₀ ou PI teve uma melhor eficiência nas estações de monitoramento UEG e REPAR, por isso foram consideradas para análise desse capítulo.

4.2.3.1. ESTAÇÃO UEG

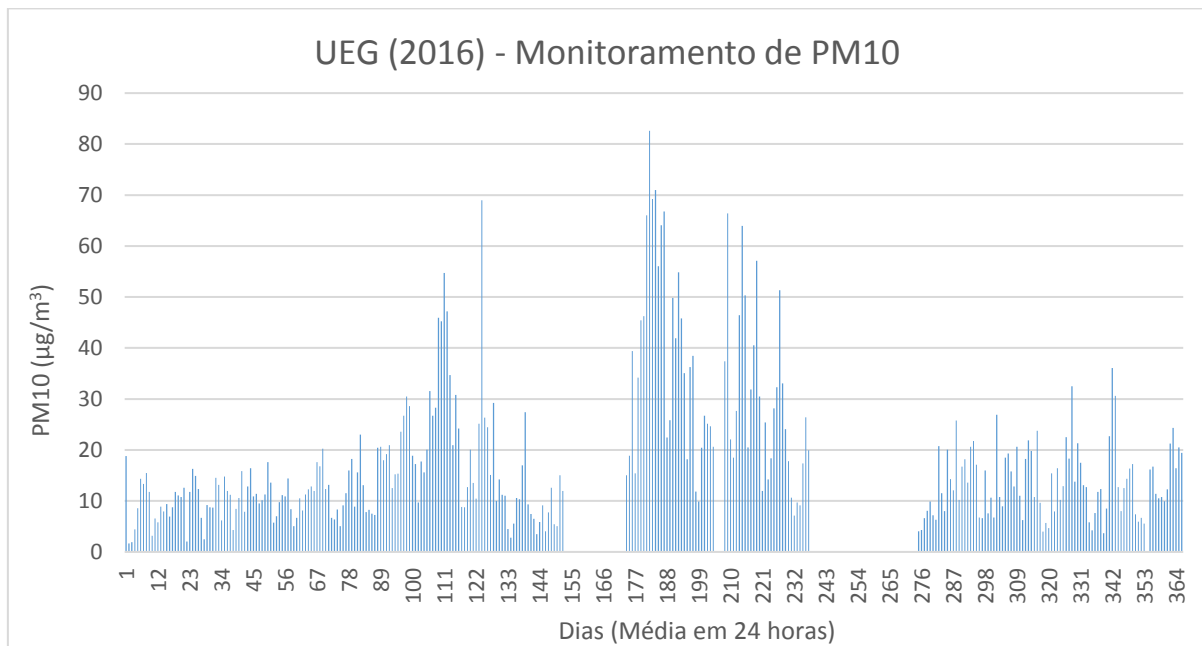


Figura 26. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2016 medida pela estação UEG.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

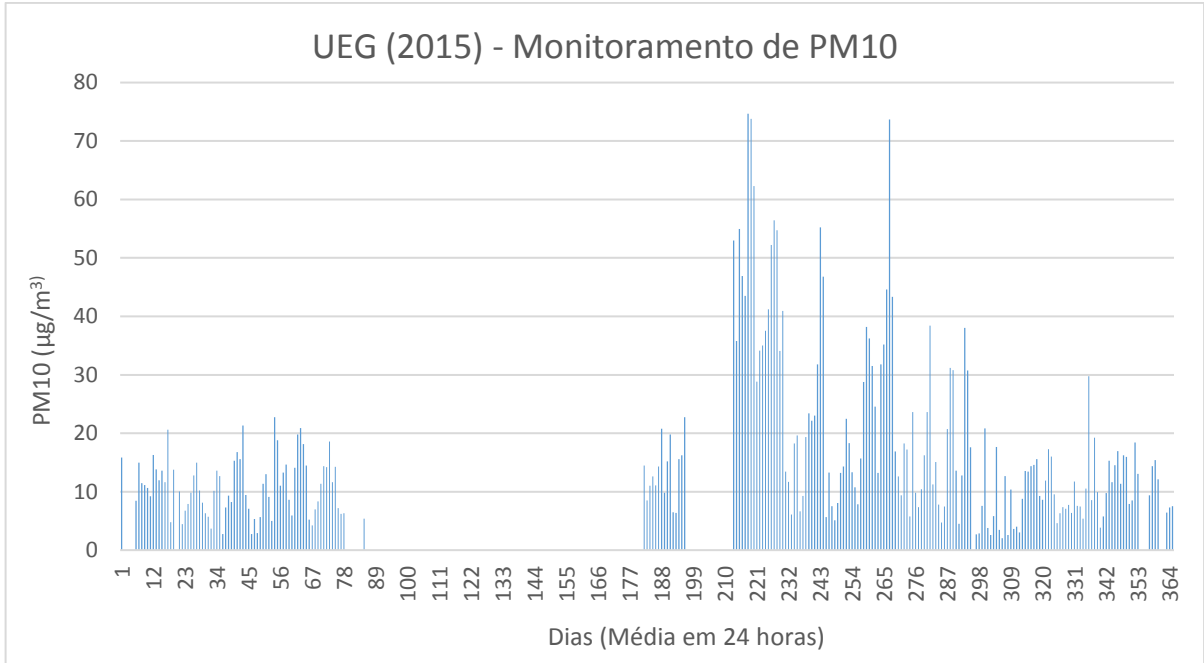


Figura 27. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2015 medida pela estação UEG.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

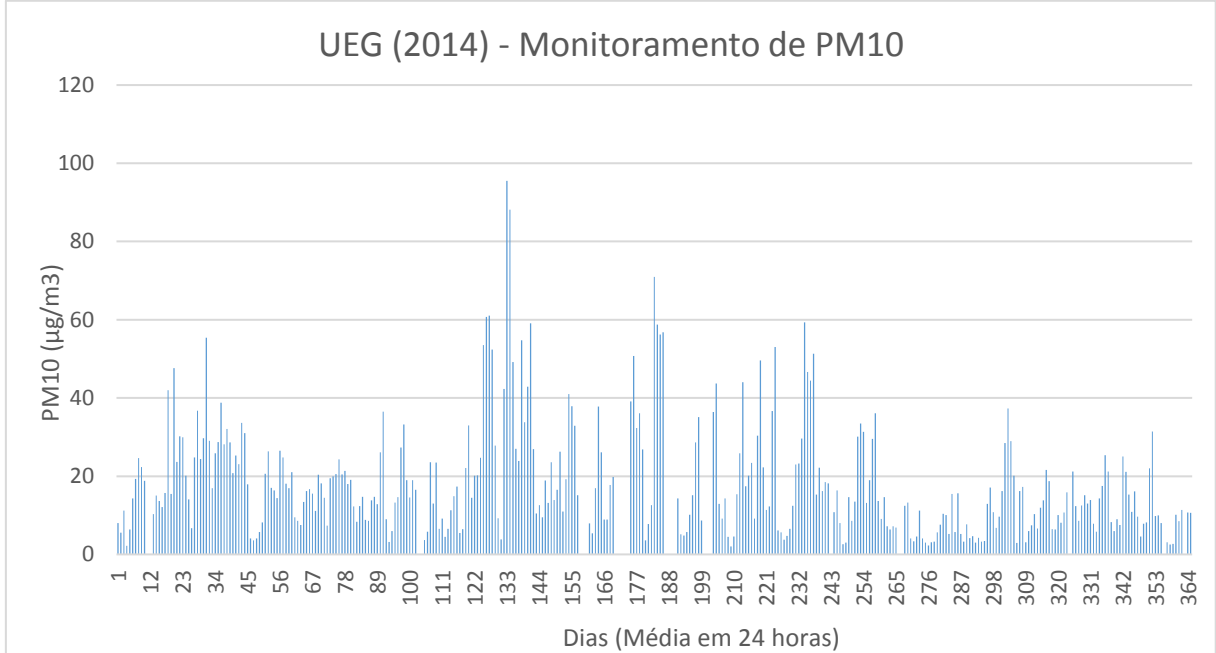


Figura 28. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2014 medida pela estação UEG.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Tabela 10. Resultados de monitoramento da estação UEG para PM₁₀ (2016-2014).

PI ou PM10 Estação UEG 2016 Disponibilidade 24h: 83,29%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 289	REGULAR: 15	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 18,01 µg/m³			
	Média diária máxima: 82,62 µg/m³			
PI ou PM10 Estação UEG 2015 Disponibilidade 24h: 60,82%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 212	REGULAR: 10	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 16,39 µg/m³			
	Média diária máxima: 74,69 µg/m³			
PI ou PM10 Estação UEG 2014 Disponibilidade 24h: 93,15%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 323	REGULAR: 17	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 18,48 µg/m³			
	Média diária máxima: 95,47 µg/m³			
Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero				

(Fonte: O autor, 2018)

Analisando os dados de monitoramento da estação UEG entre 2014 e 2016 referente às partículas inaláveis foi observado que em nenhum momento desse período os limites primário e secundário da legislação foram ultrapassados.

Entretanto, conforme índices de qualidade do ar nesse período foram observados pelo menos 42 dias em que a concentração de PM₁₀ estiveram classificadas como REGULAR. Nos demais dias amostrados o IQA esteve com classificação BOA.

Observando que esse total de 42 dias de qualidade REGULAR tem como base uma porcentagem de disponibilidade de dados, durante o período de 2014 a 2016, de 79,1% do total de dias. Em outras palavras, o total de dias com qualidade de ar regular, provavelmente, seria maior do que o apresentado no somatório dos três gráficos de monitoramento da estação UEG, caso a disponibilidade de dados também fosse maior, principalmente, em 2015.

4.2.3.2. ESTAÇÃO REPAR

Ainda considerando a avaliação das partículas inaláveis também foram obtidos os dados de monitoramento através da estação REPAR conforme Figuras 29 a 31.

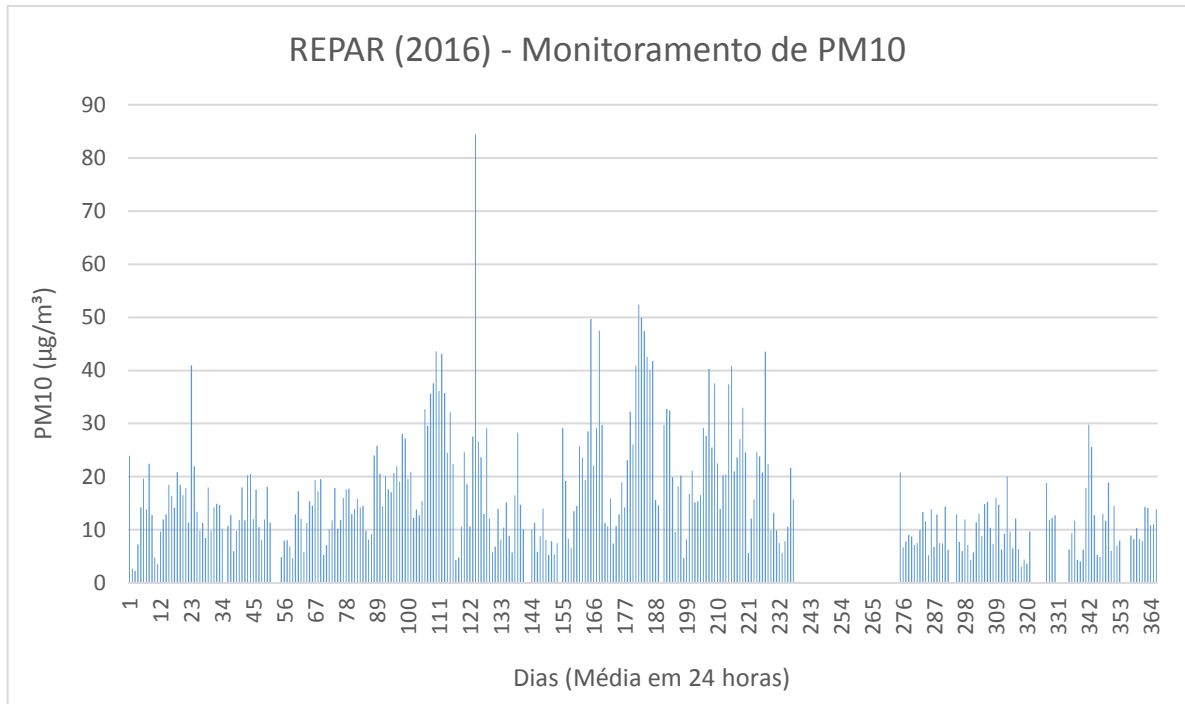


Figura 29. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2016 medida pela estação REPAR.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

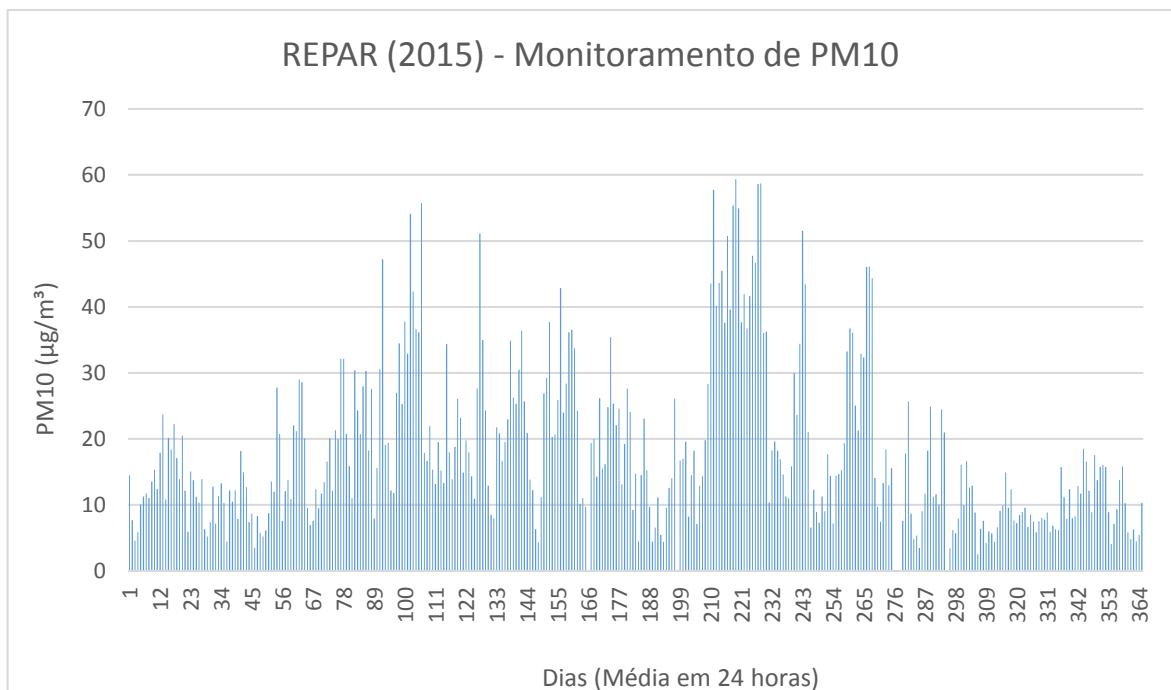


Figura 30. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2015 medida pela estação REPAR.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

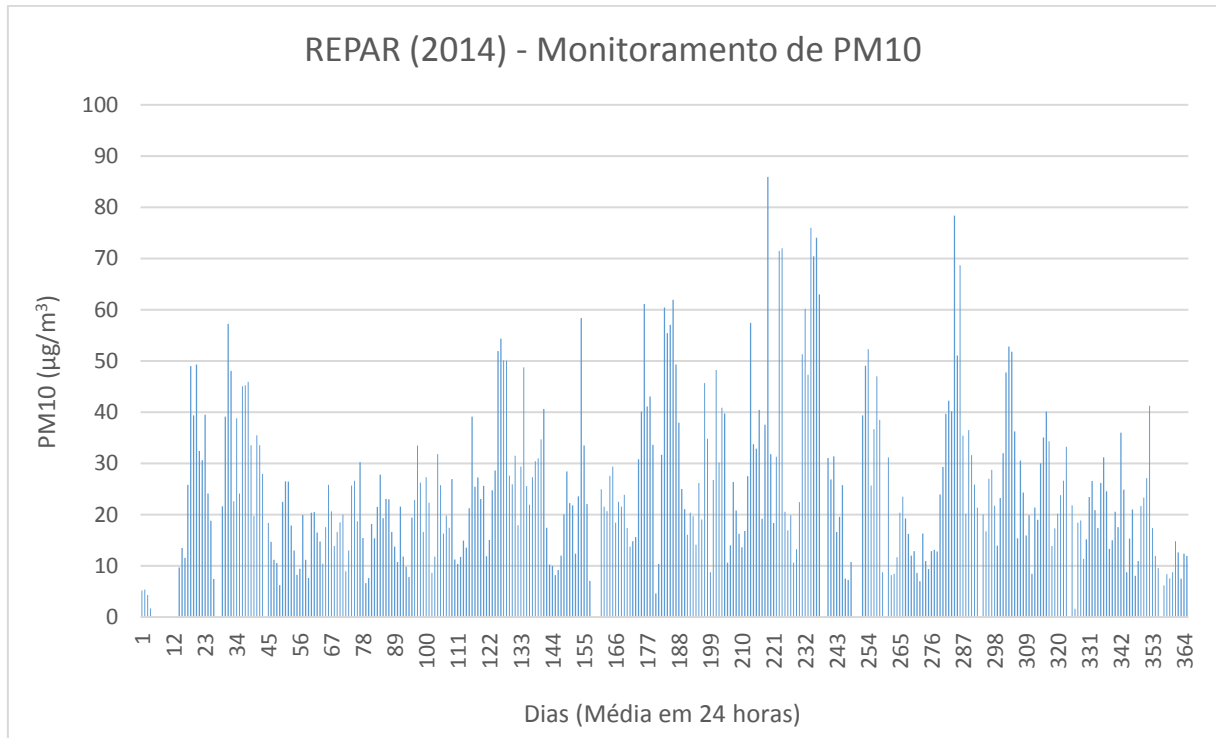


Figura 31. Variação diária da concentração de partículas inaláveis em 2014 medida pela estação REPAR.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Tabela 11. Resultados de monitoramento da estação REPAR para PM₁₀ (2016-2014).

PI ou PM10 Estação REPAR 2016 Disponibilidade 24h: 84,11%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 305	REGULAR: 2	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 16,37 µg/m³			
	Média diária máxima: 84,44 µg/m³			
	Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero			
PI ou PM10 Estação REPAR 2015 Disponibilidade 24h: 98,36%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 348	REGULAR: 11	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 18,33 µg/m³			
	Média diária máxima: 59,32 µg/m³			
	Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero			
PI ou PM10 Estação REPAR 2014 Disponibilidade 24h: 93,42%	Número de classificações das médias diárias (Jan-Dez)			
	BOA: 314	REGULAR: 27	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 25,22 µg/m³			
	Média diária máxima: 85,93 µg/m³			
	Nº de ultrapassagens médias diárias: Zero			

(Fonte: O autor, 2018)

Observando-se os resultados obtidos para a estação REPAR é possível afirmar que 40 dias nesse período apresentaram concentração de partículas inaláveis (PM_{10}) acima de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo classificados como REGULAR de acordo com IQA. Os demais dias do período tiveram sua qualidade do ar classificados como BOA. Não houve nenhuma ultrapassagem do limite primário de concentração.

A média diária máxima do período foi de $85,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ medida no dia 07 de agosto de 2014. A disponibilidade global nos três anos analisados foi de 91,96%.

4.2.4. OZÔNIO

Em relação aos dados de monitoramento do ozônio para o período estudado, a estação que melhor apresentou disponibilidade de suas medições para análise foi a estação REPAR, conforme Figuras 32 a 34.

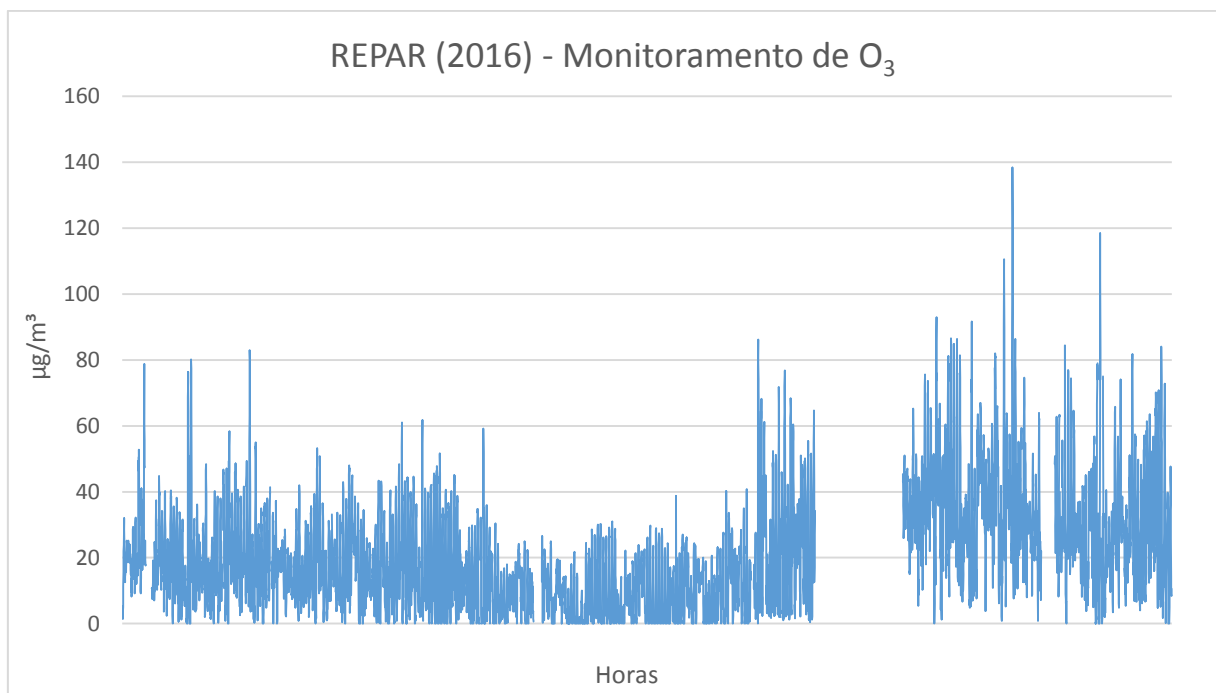


Figura 32. Variação da concentração de ozônio em 2016 medida pela estação REPAR.

(Fonte: IAP, 2018, modificado)

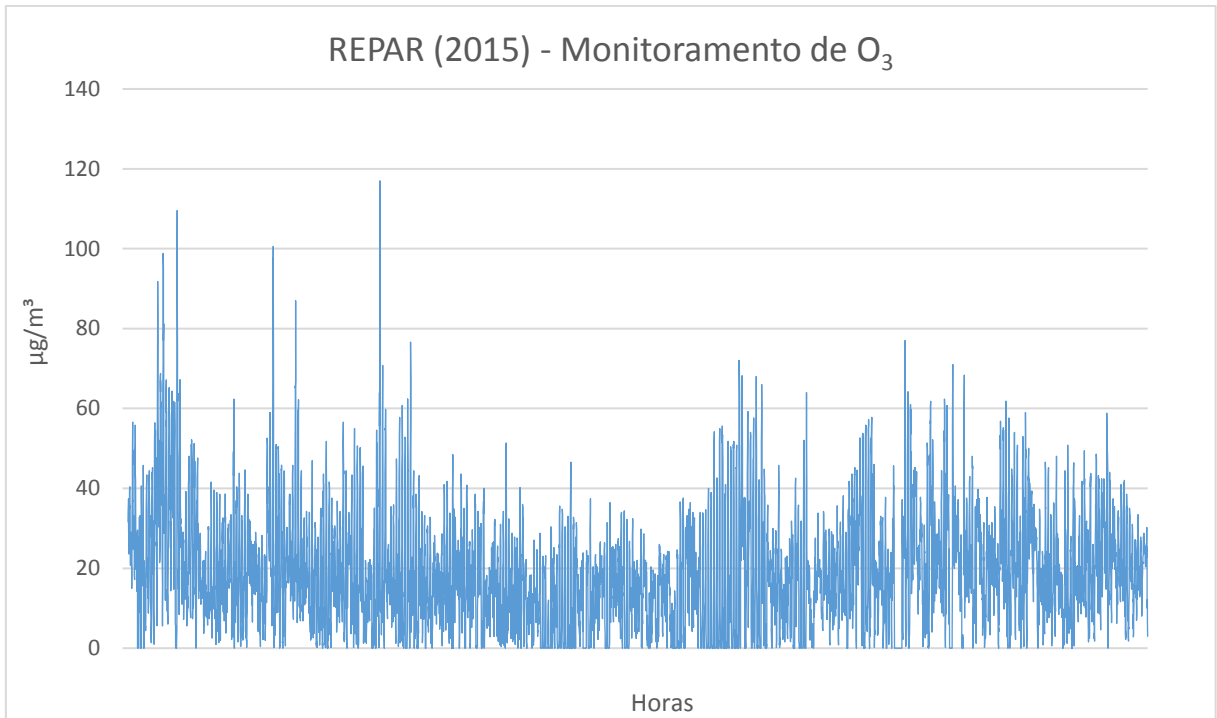


Figura 33. Variação da concentração de ozônio em 2015 medida pela estação REPAR.
(Fonte: IAP, 2018, modificado)

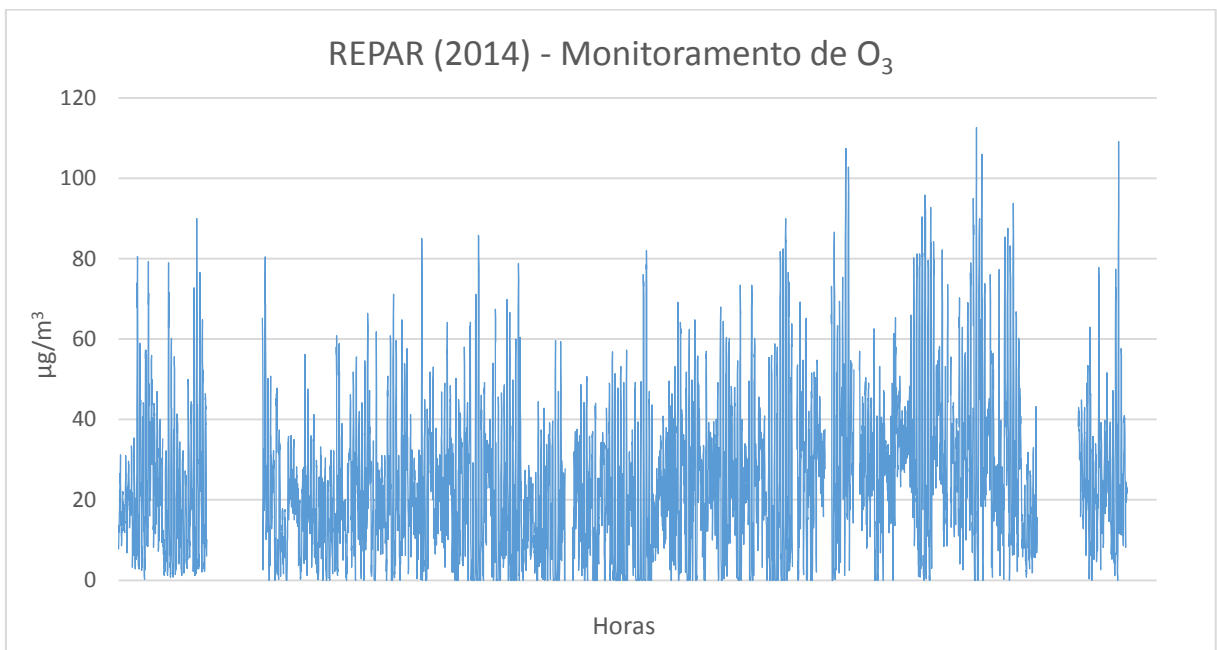


Figura 34. Variação da concentração de ozônio em 2014 medida pela estação REPAR.
(Fonte: IAP, 2018, modificado)

Tabela 12. Resultados de monitoramento da estação REPAR para Ozônio (2016-2014).

O3 Estação REPAR 2016 Disponibilidade 24h: 88,09%	Número de classificações das médias horárias (Jan-Dez)			
	BOA: 7572	REGULAR: 18	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média horária máxima: 138,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Nº de ultrapassagens no ano: Zero			
O3 Estação REPAR 2015 Disponibilidade 24h: 99,43%	Número de classificações das médias horárias (Jan-Dez)			
	BOA: 8704	REGULAR: 6	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média horária máxima: 117,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Nº de ultrapassagens no ano: Zero			
O3 Estação REPAR 2014 Disponibilidade 24h: 85,23%	Número de classificações das médias horárias (Jan-Dez)			
	BOA: 7438	REGULAR: 28	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média horária máxima: 112,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Nº de ultrapassagens no ano: Zero			

(Fonte: O autor, 2018)

Pela Tabela 12 é possível observar que no período analisado não houve nenhum episódio de ultrapassagem do limite de padrão primário para o ozônio. Conforme o IQA, 54 horas/medições foram classificadas como REGULAR, sendo os demais dados classificados com padrão de BOA qualidade do ar.

Os valores máximos atingidos no período foram de 138,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em novembro de 2016 e 117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em abril de 2015, sendo que os padrões primário e secundário para o ozônio são ambos de 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A disponibilidade global dos dados da estação REPAR no período analisado foi de 90,92%.

A partir das séries históricas apresentadas neste capítulo foi possível observar uma ligeira melhora nas condições de qualidade do ar observadas na estação REPAR para os parâmetros de partículas inaláveis (PM_{10}) e partículas totais em suspensão (PTS).

Em relação ao PTS observado na estação REPAR observou-se uma redução de 31,9% na média anual, passando de 34,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2014, para 23,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2016. O pico de concentração observado em 2014 foi de 133,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ reduzindo para 90,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2016.

Os níveis de PM_{10} medidos pela estação REPAR demonstraram uma redução de 35,1% nas concentrações médias anuais, iniciando em 25,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ano 2014, diminuindo para 16,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2016.

Já para a estação UEG as medições de PM_{10} apresentaram uma situação regular nas concentrações medidas. As concentrações médias anuais observadas foram de $18,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014), $16,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015) e $18,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016).

No total foram 42 dias classificados como REGULAR segundo IQA, ou seja, apesar de dos índices respeitarem a legislação, ainda ocorrem diversos episódios em que os grupos de risco (crianças e idosos) podem sofrer com doenças do aparelho respiratório por serem mais sensíveis à poluição do ar.

Considerando o monitoramento de SO_2 houve duas situações contraditórias. Por um lado, a estação CSN apresentou uma melhora significativa na média anual que ficou em $23,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2014 e passou para $11,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2016. Outro detalhe é que no ano 2014 foram observados 20 dias com classificação REGULAR e 1 dia INADEQUADO, sendo que em 2016 observou-se apenas 7 dias como REGULAR.

Por outro lado, a estação de monitoramento ASSIS apresentou uma situação inversa para o SO_2 . Em 2014 foi observada uma média anual de $3,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo que em 2016 essa média aumentou para $5,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Apesar desse ligeiro aumento, em todo o período analisado todos os dias foram classificados com qualidade do ar BOA. Foi observada também uma melhora na média diária máxima, que em 2014 foi de $28,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e em 2016 foi de $22,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

O ozônio apresentou uma melhora na quantidade de dias classificados com qualidade REGULAR: de 28 dias em 2014 para 18 dias em 2016, com disponibilidade de dados de 85,23% e 88,09%, respectivamente. Entretanto, as médias anuais mostraram uma piora nas concentrações médias: $112,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014), $117,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015) e passando para $138,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016).

Em geral, foi observada apenas uma ultrapassagem dos padrões primários estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 03/90 e SEMA 16/14, sendo observada pela estação CSN para concentração de SO_2 . Considerando os padrões secundários da norma, ou seja, aqueles que representam as metas a longo prazo a serem atingidas, foram ultrapassados em diversas oportunidades. Somente para a estação CSN foram observadas pelo menos 16 ultrapassagens desse padrão no período.

Sobre a disponibilidade de dados do monitoramento feito através das estações é possível afirmar que o município de Araucária está provido de quantidade suficiente de estações, atualmente são quatro estações automáticas em funcionamento.

Entretanto, a disponibilidade de dados apresenta falhas em algumas situações, por exemplo, no caso da estação CSN em que as medições de PTS apresentaram disponibilidade menor do que 40% em todos os anos, não sendo contabilizadas para efeitos deste estudo. Isso pode prejudicar a avaliação e conclusões relacionadas aos reais efeitos que a poluição atmosférica causa à população.

O sistema de saúde municipal também sofre com os aumentos no número de internações e mortes relacionadas a doenças no aparelho respiratório constantes no Capítulo X do CID-10.

Entre as causas básicas de mortalidade de residentes do município essas doenças ocupam a quarta posição com aproximadamente 10% das causas de morte totais no município. Entre as principais causas específicas de óbitos averiguadas estão a DPOC – Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas e a Pneumonia.

Tanto os números absolutos de morbidade quanto a taxa de mortalidade devido a doenças no aparelho respiratório apresentaram um crescimento nos últimos 10 anos. Um interessante dado histórico comprova quais são as faixas mais vulneráveis às variações climáticas e poluentes do ar.

Os dados históricos de internações no Hospital Municipal de Araucária mostram um efeito significativo da sazonalidade na morbidade e mortalidade populacional, além de um ligeiro crescimento ao longo do tempo em ambos aspectos.

Porém, de acordo com os dados de morbidade total para o município, entre 2014 e 2018, foi possível observar claramente que existem dois grupos de risco relacionados às doenças respiratórias que influenciam nas variações sazonais de morbidade.

Esses grupos de risco são o das crianças de 01 a 14 anos e dos idosos, acima de 60 anos, que são significativamente afetados pela sazonalidade e concentração de poluição no ar. Já os grupos das faixas etárias intermediárias, de 15 a 39 anos e de 40 a 59 anos, apresentaram baixa susceptibilidade às variações sazonais, mantendo o número de atendimentos com baixa variabilidade.

Através da base de dados do DATASUS (2018) foi possível observar o custo que essas internações oneraram aos cofres municipais, somente em relação às doenças do Capítulo X do CID-10. De maneira análoga e lógica ao crescimento do número de internações, também se observou o aumento nos gastos públicos pelo SUS entre os anos 2014 e 2018.

Um dado interessante observado foi o índice de representatividade que os gastos do município de Araucária apresentaram em relação aos gastos do SUS na RMC. Em jan/2014 esse índice era de 3,8% passando para 7,62% em jan/2018.

Não se obteve uma justificativa clara sobre os motivos dessa variação com base nos resultados obtidos. Isso pode estar relacionado a naturezas diversas das questões de efeitos à saúde pública pela poluição do ar, inclusive, podendo ser influenciadas por questões de governança e/ou orçamentárias.

5. CONCLUSÕES

A principal dificuldade encontrada neste trabalho foi relacionada às séries históricas de atendimentos e morbidade hospitalar junto ao município. Simplesmente não existem informações atualizadas de acordo com as consultas feitas junto à Divisão de Vigilância Epidemiológica e Divisão de Informações Ambulatoriais, ambas vinculadas à Secretaria Municipal de Saúde.

Todos os dados hospitalares obtidos foram através do sistema nacional DATASUS/TABNET. Entretanto, esses dados não podem ser correlacionados diretamente com os dados históricos de poluição atmosférica. Primeiramente, por se tratar de dados gerais do município, ou seja, não é possível identificar o local de residência das pessoas hospitalizadas, para que isso seja correlacionado estatisticamente com as respectivas regiões onde estão instaladas as estações de monitoramento.

Outra dificuldade encontrada é que a falta de dados diários de atendimentos ambulatoriais e internações também não permite a correlação com a série histórica de poluentes, porque as médias mensais diluem os picos de concentrações de poluentes, bem como os efeitos a curto prazo gerados pelas altas concentrações diárias.

Como estudos futuros, sugere-se a obtenção e análise de dados diários de atendimentos ambulatoriais por unidade de saúde e dados diários de hospitalizações por bairro de residência dos pacientes, para uma correlação estatística mais confiável e menos vieses.

Por meio dos resultados obtidos neste trabalho é possível observar os danos que os poluentes atmosféricos ocasionam à população em geral, bem como aos colaboradores das indústrias poluentes que estão sujeitos a esses efeitos ou até mesmo a situações piores, por estarem mais próximos às fontes estacionárias.

Essas questões de poluição difusa, normalmente, acabam sendo desconsideradas em avaliações de engenharia de segurança do trabalho, seja pelo fato da difícil medição dessas concentrações ou até mesmo por desconhecimento. Entretanto, um ambiente poluído pode acarretar em efeitos à saúde e ao bem-estar de toda a comunidade laboral de uma empresa, influenciando negativamente em sua produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUCÁRIA/PR. **Relatório de Informações Epidemiológicas**. Divisão de Vigilância Epidemiológica. 2015.
- ARBEX M.A., CANÇADO J.E.D., PEREIRA L.A.A., BRAGA A.L.F., SALDIVA P.H.N. **Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 30(2):158-175, 2004.
- ARBEX M.A., SANTOS U.P., MARTINS L.C., SALDIVA P.H.N., PEREIRA L.A.A., BRAGA A.L.F. **A poluição do ar e o sistema respiratório**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 38(5):643-655, 2012.
- BANKONYI S.M.C., OLIVEIRA I.M.D., MARTINS L.C., BRAGA A.L.F. **Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR**. *Revista Saúde Pública* 38(5):695-700, 2004.
- BEDRAN, K.M., MAYER, E. **A Responsabilidade Civil por Danos Ambientais no Direito Brasileiro e Comparado: Teoria do Risco Criado versus Teoria do Risco Integral**. *Veredas do Direito*. V.10, n.19, p. 45-88. Belo Horizonte. Jan-Jun 2013.
- BRAGA A.L.F., BÖHM G.M., PEREIRA L.A.A., SALDIVA P.H.N. **Poluição atmosférica e saúde humana**. *Revista da Universidade de São Paulo*. São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro, 2001.
- BRAGA A.L.F., PEREIRA L.A.A., PROCÓPIO M., ANDRÉ P.A., SALDIVA P.H.N. **Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil**. *Mineração e Efeitos Adversos na Saúde, Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 23(4):S570-S578, 2007.
- BRAGA A.L., ZANOBETTI A., SCHWARTZ J. **The lag structure between particulate air pollution and respiratory and cardiovascular deaths in 10 US cities**. *J Occup Environ Med.*; 43(11):927-33, 2001.
- CANÇADO J.E.D., BRAGA A.L.F., PEREIRA L.A.A., ARBEX M.A., SALDIVA P.H.N., SANTOS U.P. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. Laboratório de Poluição Atmosférica do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – FMUSP. São Paulo (SP) Brasil. *Jornal Brasileiro Pneumologia*. 32(1):S5-S11, 2006.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo**. 2006.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n.º 05 de 15 de junho de 1989**. Publicada no DOU, de 25 de agosto de 1989, Seção 1, páginas 14713-14714. Brasília/DF.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n.º 03 de 28 de junho de 1990**. Publicada no D.O.U, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939. Brasília/DF.

DATASUS – Departamento de Informática do SUS. Informações da Saúde – TABNET. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/nipr.def>. Acesso em 19/04/2018.

GOUVEA N., FREITAS C.U. de, 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, 22(12):2669-2677, 2006.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Relatório Anual da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba**. 2013.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Boletins da Qualidade do Ar da Região Metropolitana de Curitiba**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1076>. Acesso em: 15/04/18.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Mapa da rede de monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Curitiba**. 2018. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1414>. Acesso em: 07/04/18.

IARC – International Agency for Research on Cancer. **Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths**. World Health Organization. Vol. 109. Programa de Monografias. Relatório n.º 221. Lyon/Genebra. 2013. Disponível em: http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf. Acesso em 14/04/18.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama, Araucária, 2018**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/araucaria/panorama>. Acesso em: 27/04/18.

JASINSKI R., PEREIRA L.A.A., BRAGA A.L.F. **Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004**. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 27(11):2242-2252, 2011.

LEMONS, P.F.I., PRESTES, V.B., STEIGLEDER, A.M., CARVALHO, D.W., FENSTERSEIFER, T. **Direito e mudanças climáticas: responsabilidade civil e mudanças climáticas**. Organizado por Paula Lavratii e Vanêsa Buzelato Prestes. São Paulo. Instituto O Direito por um Planeta Verde. ISBN 978-85-63522-01-6. 2010.

LISBOA H.M.. **Controle da Poluição Atmosférica**. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. ISBN: 978-85-913483-0-5. Fev-2014.

MARTINS L.C., LATORRE M.R.D.O., SALDIVA P.H.N., BRAGA A.L.F. **Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos**. Laboratório de Poluição Atmosférica do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – FMUSP. São Paulo (SP) Brasil. Revista Brasileira de Epidemiologia. Vol. 4, Nº 3, 220-229, 2001.

MARTINS L.C., LATORRE M.R.D.O., CARDOSO M.R.A., GONÇALVES F.L.T., SALDIVA P.H.N., BRAGA A.L.F. **Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil**. Revista Saúde Pública. 36(1):88-94, 2002.

MENDES R. Vários colaboradores. **Patologia do Trabalho**. 3ª ed. Vol. 02. Editora Atheneu. São Paulo. ISBN 978-85-388-0375-1. 2013.

MOREIRA D., TIRABASSI T. **Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: Um instrumento técnico para a gestão ambiental**. Revista Ambiente & Sociedade. Vol. VII. n.º.2 Jul/Dez. 2004.

SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução n.º 016 de 15 de abril de 2014**. Publicada do Diário Oficial n.º 9187. Estado do Paraná.

SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Indicadores da Qualidade do Ar**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=21>. Acesso em 29/03/18.

ZANOBETTI A., SCHWARTZ J., DOCKERY D.W. **Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease**. Environ Health Perspect. 2000;108(11):1071-7. Comment in: Environ Health Perspect. 108(11):A520-1, 2000.

ANEXO I – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

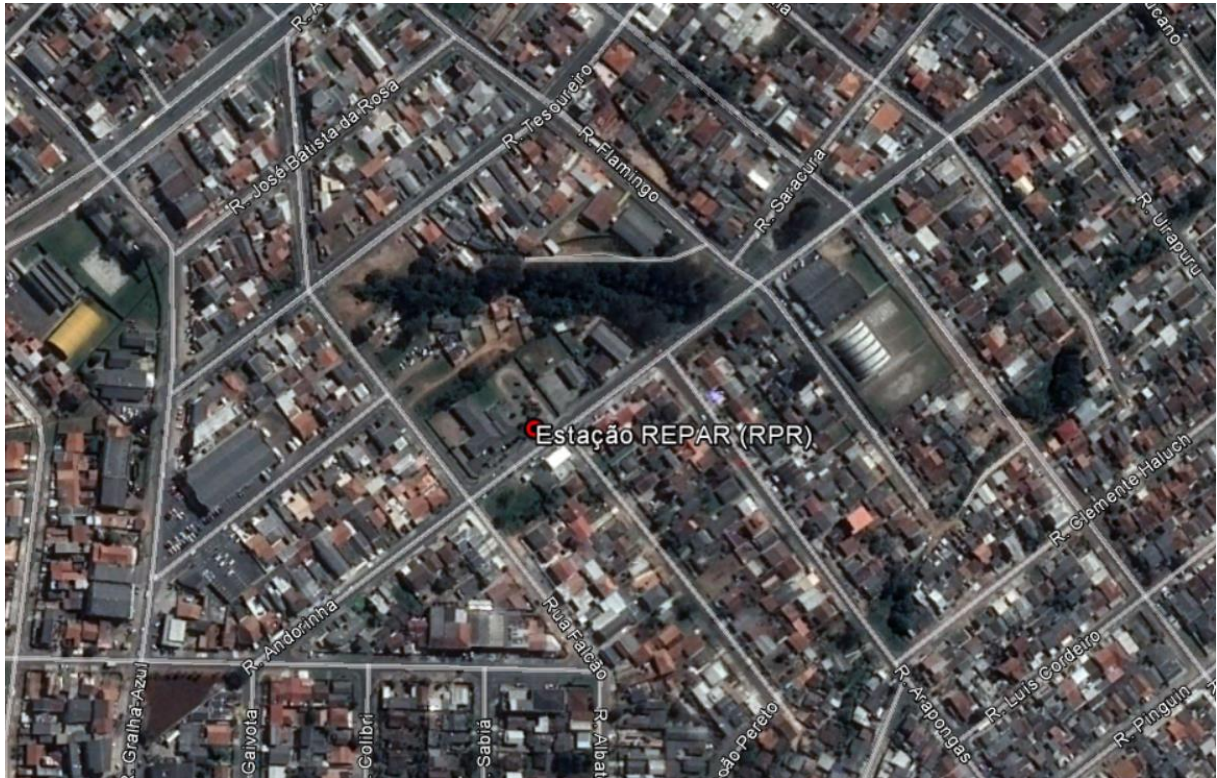


Figura 35. Localização geográfica da estação REPAR: 661635.00 mE - 7172822.00 mS (Fonte: Baseado em GoogleEarthPro, 2018).



Figura 36. Localização geográfica da estação CSN: 662466.00 mE - 7171028.00 mS (Fonte: Baseado em GoogleEarthPro, 2018).

