



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO E A PERCEPÇÃO PÚBLICA SOBRE SEUS EFEITOS ADVERSOS NA SAÚDE HUMANA

Amanda Chao Guerbatin

Projeto de Graduação apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental da
Escola Politécnica, Universidade Federal
do Rio de Janeiro, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do
título de Engenheiro.

Orientador: Luiz Francisco Pires
Guimarães Maia.

Rio de Janeiro
Setembro de 2018

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DO RIO
DE JANEIRO E A PERCEPÇÃO PÚBLICA SOBRE SEUS EFEITOS
ADVERSOS NA SAÚDE HUMANA

Amanda Chao Guerbatin

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

Prof.^a Heloisa Teixeira Firmo, D. Sc.

Prof. Paulo Renato Diniz Junqueira Barbosa, D. Sc.

Prof. Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

SETEMBRO de 2018

Guerbatin, Amanda Chao

Diagnóstico da Qualidade do Ar no município do Rio de Janeiro e a Percepção Pública sobre seus Efeitos Adversos na Saúde Humana / Amanda Chao Guerbatin. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

XIX, 177 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia.

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 127-150.

1. Poluição do Ar.
2. Monitoramento da Qualidade do Ar.
3. Percepção Pública. I. Maia, Luiz Francisco Pires Guimarães, orient. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental.
- III. Diagnóstico da Qualidade do Ar no município do Rio de Janeiro e a Percepção Pública sobre seus Efeitos Adversos na Saúde Humana.

"O que conta na vida não é o simples fato de termos vivido. É a diferença que fazemos na vida dos outros que determina o significado da vida que levamos." – Nelson Mandela.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha mãe, Wisley Chao, por todo seu apoio e compreensão durante todos os meus anos de vida. Sem ela, nada do que eu conquistei até hoje seria possível. Ter sido uma aluna da engenharia da UFRJ, assim como ela, me traz um imenso sentimento de realização e desejo continuar me inspirando no exemplo de mulher que ela é.

Ao meu orientador, professor e amigo, Luiz Maia, obrigada pela sua paciência, seus conselhos e por todas as oportunidades que já me ofereceu durante esses anos em que trabalhamos juntos, vou ser eternamente grata pela confiança e motivação que me deu. À professora Maria Gertrudes Justi, por me inspirar a abrir meu campo de visão para outras áreas de conhecimento e por me acolher em seu curso de braços abertos. Acredito que o mundo precisa de mais professores como vocês, que vão além do ensino em sala de aula e realmente investem e acreditam no potencial de seus alunos para fazer a diferença no mundo. Esse sentimento que vocês me passaram já fez toda a diferença para mim.

Também quero agradecer aos funcionários do LEPA – Laboratório de Estudos em Poluição do Ar da UFRJ, especialmente à Rita de Cássia e à Kalen Sousa por terem me ajudado muito na concretização desse projeto, sempre muito atenciosas e competentes. A todos os alunos da UFRJ que participaram diretamente da execução do projeto e à Suellen Araújo, principalmente, agradeço por todo seu auxílio e dedicação. Esse trabalho só foi possível com a ajuda de todos vocês.

Aos professores da engenharia ambiental, por terem nos passado tantos conhecimentos valiosos, sobretudo à professora Heloísa Teixeira Firmo, a quem tenho uma imensa admiração e a quem eu sempre recorri em momentos difíceis na faculdade por saber que me acolheria e me direcionaria para o melhor caminho. E também ao Professor Paulo Renato Barbosa, cujas aulas eram, invariavelmente, as mais divertidas, recheadas com suas histórias e experiências, obrigada por todos os seus ensinamentos, não só profissionais, mas também os de vida. Não menos importante, gostaria de agradecer ao funcionário da secretaria Michael Correa Monteiro, uma pessoa que me ajudou a resolver diversos problemas na faculdade sendo muito atencioso e prestativo. Vocês me fizeram perceber que não importa que

tipo de função ou cargo estamos desempenhando, devemos ajudar os outros da melhor maneira que podemos.

Por fim, àqueles que me acompanharam no dia-a-dia, nas dificuldades e também nos bons momentos, me dando apoio e compartilhando experiências maravilhosas. Ao meu companheiro Yago Franco e a todos os meus amigos, vocês são incríveis.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO E A PERCEPÇÃO PÚBLICA SOBRE SEUS EFEITOS ADVERSOS NA SAÚDE HUMANA.

Amanda Chao Guerbatin

Setembro/2018

Orientador: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Curso: Engenharia Ambiental

A poluição do ar representa hoje um dos maiores problemas de Saúde Pública, afetando a saúde dos seres humanos e do meio ambiente. A legislação nacional sobre qualidade do ar, datada de 1990, se encontra em fase de revisão, visando garantir a qualidade de vida dos cidadãos. A falta de conhecimento da população sobre este tema prejudica a percepção pública e a participação da população na gestão ambiental e na criação de políticas públicas. Dessa forma, no presente trabalho buscou-se avaliar a qualidade do ar no município do Rio de Janeiro, analisando-se os dados de monitoramento da qualidade do ar com relação aos padrões nacionais e as diretrizes da Organização Mundial de Saúde – OMS, visando compará-los. Em seguida, um questionário foi aplicado à população carioca, nos locais onde existem estações de monitoramento da qualidade do ar, visando analisar a percepção pública sobre a poluição do ar e informar a população, por meio de um prospecto educativo, sobre o monitoramento realizado nas estações e seus resultados. Constatou-se que uma parte significativa da população desconhecia os efeitos negativos da poluição do ar à saúde e as funções desempenhadas pelos órgãos ambientais responsáveis pela gestão da qualidade do ar. Também se observou que a percepção pública sobre a qualidade do ar estava condizente com a avaliação dos dados de monitoramento obtidos na maior parte dos bairros, em que a qualidade do ar foi tida como "Boa" e "Regular"; segundo os padrões nacionais, e como "Própria"; a partir de diretrizes da OMS

Palavras-chave: Poluição do Ar, Monitoramento da Qualidade do Ar, Percepção Pública.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Environmental Engineer.

AIR QUALITY DIAGNOSIS IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO AND THE PUBLIC PERCEPTION ON ATMOSPHERIC POLLUTION MANAGEMENT AND ITS ADVERSE EFFECTS ON HUMAN HEALTH.

Amanda Chao Guerbatin

September/2018

Advisor: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Course: Environmental Engineering

Air pollution represents today one of the greatest problems of Public Health, affecting the human health and also the environment. The national legislation on air quality, dating from 1990, is under review, in order to ensure the life quality of the citizens. The lack of understanding of the population on this theme impairs public perception and the participation of the population on the management of the environment and on the creation of public policies. Therefore, the present work sought to evaluate air quality in the city of Rio de Janeiro, analyzing the air quality monitoring data in relation to the national standards and, for comparison purposes, the guidelines of the World Health Organization - WHO. Then, a questionnaire was applied to the population of Rio de Janeiro, where air quality monitoring stations exist, in order analyze the public perception about air pollution and inform the population, through an educational prospectus, on the monitoring carried out in the stations and their results. It was found that a large part of the population was unaware of the negative effects of air pollution on health and the functions performed by environmental agencies responsible for the management of air quality. It was also observed that the public perception about air quality was consistent with the evaluation of the monitoring data obtained in most of the districts, where air quality was considered "Good" and "Regular"; according to national standards, and as "Proper"; according to WHO guidelines

Key words: Air Pollution, Air Quality Monitoring, Public Perception.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.	Conceito de Poluição do Ar	4
3.2.	Fontes de Emissão de Poluentes	5
3.3.	Poluentes Atmosféricos e seus Efeitos Gerais.....	10
3.4.	Padrões da Qualidade do Ar no Brasil.....	23
3.4.1.	Revisão dos Padrões de Qualidade do Ar no Brasil.....	29
3.4.2.	Comparação dos Padrões da Qualidade do Ar no Brasil com Padrões Estrangeiros	35
3.4.3.	Índice da Qualidade do Ar (IQA).....	37
3.5.	Monitoramento da Qualidade do Ar	40
3.5.1.	Legislação sobre o Monitoramento no Brasil	42
3.5.2.	Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil	43
3.5.3.	Rede de Monitoramento na cidade no Rio de Janeiro	46
3.5.4.	Métodos de Monitoramento	49
3.5.5.	Aplicações dos Resultados do Monitoramento	63
3.6.	Percepção Pública da Qualidade do Ar	67
4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	69
5.	METODOLOGIA	71
5.1.	Levantamento e Tratamento dos dados de monitoramento da qualidade do ar.....	71
5.2.	Avaliação dos dados de monitoramento da qualidade do ar com base na diretriz da OMS.	74
5.3.	Avaliação da Percepção Pública sobre a qualidade do ar e seus efeitos adversos	76
5.3.1.	Elaboração do Questionário	77
5.3.2.	Elaboração dos Prospectos Educativos.....	78
5.3.3.	Aplicação dos Questionários	80

5.3.4. Análise dos Dados Obtidos com a aplicação dos questionários.....	91
6. RESULTADOS.....	91
6.1. Resultados dos dados de monitoramento do INEA.....	92
6.1.1. Estação da Taquara	92
6.1.2. Estação do Centro.....	93
6.1.3. Estação do Lab. INEA	93
6.1.4. Estação de Lourenço Jorge	94
6.1.5. Estação de Campo dos Afonsos.....	95
6.1.6. Estação do Engenhão	95
6.2. Resultados dos dados de monitoramento da SECONSERMA.....	96
6.2.1. Estação de Copacabana.....	96
6.2.2. Estação do Centro.....	97
6.2.3. Estação São Cristóvão	97
6.2.4. Estação da Tijuca	98
6.2.5. Estação de Irajá.....	99
6.2.6. Estação de Bangu	100
6.2.7. Estação de Campo Grande	101
6.3. Resultados dos Questionários	101
6.3.1. Parte II – Perfil do Entrevistado	102
6.3.2. Parte III – Qualidade do ar no bairro.....	104
6.3.3. Parte IV – Percepção da Qualidade do Ar	107
6.3.4. Parte V – Informações sobre a Qualidade do Ar.....	115
7. CONCLUSÕES.....	123
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ARBEX, Marcos Abdo et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. J. Bras. Pneumol. São Paulo. out. 2012. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015 >. Acesso em: 01 jun. 2018.....	127
ANEXOS	151

ANEXO I – QUESTIONÁRIO PRESENCIAL	151
ANEXO II – QUESTIONÁRIO ONLINE	156
ANEXO III – PROSPECTOS EDUCATIVOS	164

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização das estações fixas da rede de monitoramento da qualidade do ar do Programa MonitorAr-Rio (SECONSERMA).....	47
Figura 02: Localização das estações da rede de monitoramento da qualidade do ar do INEA.....	47
Figura 03: Tipos de amostradores passivos.....	51
Figura 04: Sensores remotos.....	54
Figura 05: Amostrador ativo (ou semiautomático) de grande volume – Hi Vol.	58
Figura 06: Hi-Vol MP10 utilizado para coleta de MP10.	59
Figura 07: Detalhe das chicanas utilizadas para separação, por inércia, do MP10.	59
Figura 08: Refletômetro.	60
Figura 09: Configuração mínima para a amostragem de SO2.	61
Figura 10: Prospecto Educativo.	79
Figura 11: Estações de monitoramento da SECONSERMA para aplicação dos questionários.	81
Figura 12: Estações de monitoramento do INEA para aplicação dos questionários....	81
Figura 13: Pontos de aplicação dos questionários dos alunos - suplentes.....	82
Figura 14: Estação de monitoramento - Taquara	83
Figura 15: Estação de monitoramento - Centro (INEA)	83
Figura 16: Estação de monitoramento - Laboratório INEA	84
Figura 17: Estação de monitoramento - Lourenço Jorge.....	84
Figura 18: Estação de monitoramento - Campo dos Afonsos.	85
Figura 19: Estação de monitoramento - Engenhão.	85
Figura 20: Estação de monitoramento - Copacabana.	86
Figura 21: Estação de monitoramento - Centro (SECONSERMA).....	86
Figura 22: Estação de monitoramento - São Cristóvão.	87
Figura 23: Estação de monitoramento – Tijuca.....	87
Figura 24: Estação de monitoramento - Irajá.	88
Figura 25: Estação de monitoramento - Bangu.	88
Figura 26: Estação de monitoramento - Campo Grande.	89
Figura 27: Dados de Monitoramento da Estação Taquara (INEA).....	92
Figura 28: Dados de Monitoramento da Estação Centro (INEA).	93
Figura 29: Dados de Monitoramento da Estação Lab. INEA.	94
Figura 30: Dados de Monitoramento da Estação Lourenço Jorge (INEA).	94
Figura 31: Dados de Monitoramento da Estação Campo dos Afonsos (INEA).	95
Figura 32: Dados de Monitoramento da Estação Engenhão (INEA).....	95

Figura 33: Dados de Monitoramento da Estação Copacabana (SECONSERMA).....	96
Figura 34: Dados de Monitoramento da Estação Centro (SECONSERMA).	97
Figura 35: Dados de Monitoramento da Estação São Cristóvão (SECONSERMA)....	97
Figura 36: Dados de Monitoramento da Estação Tijuca (SECONSERMA).	98
Figura 37: Dados de Monitoramento na Estação de Irajá (SECONSERMA).....	99
Figura 38: Dados de Monitoramento da Estação Bangu (SECONSERMA).....	100
Figura 39: Dados de Monitoramento da Estação Campo Grande (SECONSERMA).	101
Figura 40: Grau de Escolaridade geral.	102
Figura 41: Grau de Escolaridade, por estação de monitoramento.....	103
Figura 42: Conhecimento geral sobre os efeitos negativos da poluição do ar à saúde humana.....	104
Figura 43: Conhecimento sobre os efeitos negativos da poluição do ar à saúde humana, por estação de monitoramento.....	105
Figura 44: Percepção geral que existe Poluição do Ar.....	106
Figura 45: Percepção que existe poluição do ar, por estação de monitoramento.....	106
Figura 46: Avaliação geral da Qualidade do Ar.	107
Figura 47: Avaliação da Qualidade do Ar, por estação de monitoramento.	108
Figura 48: Percepção geral da Poluição do Ar por indicadores no meio.	109
Figura 49: Percepção da presença de odores, por estação de monitoramento.....	110
Figura 50: Percepção da presença de acúmulo de poeira, por estação de monitoramento.....	111
Figura 51: Percepção da presença da turbidez do ar, por estação de monitoramento.	112
Figura 52: Percepção do mau estado da vegetação, por estação de monitoramento.	113
Figura 53: Percepção do agravamento de problemas respiratórios, por estação de monitoramento.....	114
Figura 54: Em geral, se o entrevistado sabe a qual órgão público recorrer em casos de poluição do ar.	115
Figura 55: Se o entrevistado sabe a qual órgão público recorrer em casos de poluição do ar, por estação de monitoramento.	116
Figura 56: Em geral, a quem o entrevistado recorreria em casos de poluição do ar. 117	
Figura 57: Conhecimento dos entrevistados, de forma geral, sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível estadual - INEA.	118
Figura 58: Conhecimento dos entrevistados sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível estadual, por estação de monitoramento - INEA.....	118

Figura 59: Conhecimento dos entrevistados, de forma geral, sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível municipal - SECONSERMA.....	119
Figura 60: Conhecimento dos entrevistados sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível municipal, por estação de monitoramento - SECONSERMA.	120
Figura 61: Disposição dos entrevistados, de forma geral, de cooperar com os Órgãos Ambientais, sabendo quais são eles.....	121
Figura 62: Se o entrevistado gostaria de receber informações sobre a Qualidade do Ar	121
Figura 63: Se o entrevistado gostaria de receber informações sobre a Qualidade do Ar, por estação de monitoramento.	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.....	26
Tabela 02: Critérios para episódios agudos de poluição do ar.....	28
Tabela 03: Diretrizes da OMS.....	30
Tabela 04: Referências para a qualidade do ar da OMS, EUA, EU e Brasil.....	36
Tabela 05: Monitoramento da qualidade do ar nas diferentes regiões do Brasil.....	44
Tabela 06: Métodos para amostragem e monitoramento atmosférico.....	56
Tabela 07: Métodos de detecção dos parâmetros de qualidade do ar para estações automáticas e semiautomáticas de monitoramento do município do Rio de Janeiro ...	63
Tabela 08: População residente, área total e densidade demográfica do município do Rio de Janeiro.....	70
Tabela 09: Critério de validação dos dados da rede de estações automáticas.	71
Tabela 10: Classificação da Qualidade do Ar a partir da IT1.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Classificação das Fontes de Poluição.....	9
Quadro 02: Fontes, características e efeitos principais dos poluentes atmosféricos.....	18
Quadro 03: Índice de qualidade do ar.....	38
Quadro 04: Efeitos sobre a saúde humana relacionado ao Índice de qualidade do ar.	39
Quadro 05: Boletim de Qualidade do Ar do dia 24/08/2018 15:00h.....	73

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo do IQA.....	37
Equação 2: Lei de Fick	50

LISTA DE SIGLAS

As	Arsênio
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos
CAA	Clean Air Act
Cd	Cádmio
CEAM	Coordenadoria de Estudos Ambientais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH ₄	Gás Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
CTQAGR	Câmara Técnica de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos
DILAM	Diretoria de Licenciamento Ambiental
DOAS	Differential Optical Absorption Spectroscopy
EPA	Environmental Protection Agency
ERT	Enxofre Reduzido Total
ERJ	Estado do Rio de Janeiro
EUA	Estados Unidos da América
FMC	Fumaça
FTIR	Fourier Transform Infrared
GT	Grupo de Trabalho
H ₂ NO ₃	Ácido Nítrico
H ₂ S	Gás Sulfídrico
H ₂ SO ₃	Ácido Sulfuroso
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
HAPs	Hazardous Air Pollutants
HC's	Hidrocarbonetos
Hi-Vol	Amostradores de Grande Volume
HYSPLIT	Hybrid single particle lagrangian integrated trajectory model
IBAMA	Instituto Brasileiro de Apoio ao Meio Ambiente
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
IIMR	Instrumento de Identificação de Municípios de Risco
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IQA	Índice de Qualidade do Ar
IT1, IT2 e IT3	Valores intermediários temporários recomendados pela OMS
MAA	Média Aritmética Anual
MGA	Média Geométrica Anual
µg/m ³	Micrograma por metro cúbico
MI	Metas Intermediárias
MINTER	Ministério do Interior

MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP ₁₀	Particulas Inaláveis
MP _{2,5}	Partículas Inaláveis Finais
MPF	Ministério Público Federal
MQAr	Modelos de Qualidade do Ar
N ₂ O	Óxido Nitroso
Ni	Níquel
NO	Óxido Nítrico
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
N ₂ O	Óxido Nitroso
N ₂ O ₃	Trióxido de Dinitrogênio
N ₂ O ₅	Pentóxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
O ₂	Oxigênio
O ₃	Ozônio
OMS	Organização Mundial da Saúde
Pb	Chumbo
PF	Padrões Finais
PI	Partículas Inaláveis
PI-1, PI-2 e PI-3	Padrões de Qualidade do Ar intermediários
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
ppm	Partes por milhão
PQA	Padrões da Qualidade do Ar
PROCONVE	Programa de Controle do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar
PS	Poeira Sedimentada
PTS	Partículas Totais em Suspensão
SEA	Secretaria de Estado e Ambiente
SECONSERMA	Secretaria de Conservação do Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO ₃	Trióxido de Enxofre
TCM	Tetracloromercurato de potássio
UE	União Européia
VIGIAR	Programa Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos
WHO	World Health Organization

1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar é considerada como um problema significativo que a humanidade enfrenta atualmente, pois prejudica a saúde das pessoas e afeta a biodiversidade do planeta (SILVA e OLIVEIRA, 2011). Dentre as principais causas do aumento da poluição nos dias atuais está o crescente trânsito de veículos e a amplificação das atividades industriais, podendo ser agravada por fatores climáticos que dificultam a dispersão dos poluentes, comprometendo a qualidade do ar.

A fim de garantir a segurança da população e a preservação da natureza, é preciso determinar a qualidade do ar e, para tanto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da resolução CONAMA nº 03/90, estabeleceu os padrões da qualidade do ar e instituiu a obrigação dos estados a monitorarem alguns poluentes atmosféricos. No estado do Rio de Janeiro, o órgão responsável pelo monitoramento da qualidade do ar é o Instituto Estadual do Ambiente/INEA, juntamente com a Secretaria de Conservação do Meio Ambiente/SECONSERMA através do programa MonitorAr - Rio.

Além do monitoramento da qualidade do ar, o governo deve divulgar as informações decorrentes desse processo, de modo que os interessados/afetados pela poluição tenham conhecimento sobre o ambiente em que vivem e tenham a possibilidade de requerer seu direito a um ambiente ecologicamente equilibrado. O maior acesso à informação desses riscos pela sociedade poderá aumentar o controle social sobre políticas e legislações, contribuindo para mudanças no comportamento dos atores. (BRASIL, 2016).

A proposta deste projeto foi motivada pelo sentimento de que a maior parte dos indivíduos, tanto na cidade do Rio de Janeiro como no Brasil, não possui o devido conhecimento dos problemas de poluição do ar e tampouco de suas consequências à saúde e ao meio ambiente. Ademais, acredita-se que a divulgação das informações sobre a qualidade do ar não tem sido realizada de maneira efetiva, fazendo com que a população, de forma geral, fique aquém da real condição da qualidade do ar onde vivem e possuam pouco conhecimento sobre as funções desempenhadas pelos órgãos ambientais.

Outra motivação do presente trabalho foi verificar que há uma necessidade latente de revisão dos padrões de qualidade do ar nacionais, pois estes se encontram defasados com relação ao cenário internacional. O que acontece é que as concentrações de poluentes, mesmo que sejam altas, muitas vezes estão dentro dos padrões adotados pelo Brasil, e por fim, tem-se uma qualidade do ar medida como normal, quando na verdade a população afetada sequer sabe que está sendo exposta a uma quantidade superior ao recomendado (BRAGANÇA, 2017).

Sendo assim, realizou-se um diagnóstico da qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro, analisando dados de monitoramento da qualidade do ar de estações do INEA e da SECONSERMA, tendo em vista os padrões vigentes nacionais e também diretrizes da Organização Mundial de Saúde. Com isso, foi possível caracterizar a situação da qualidade do ar no município e averiguar a conformidade dos padrões nacionais de qualidade do ar com as diretrizes recomendadas atualmente.

Complementarmente, aplicou-se um questionário para mensurar a percepção da qualidade do ar junto a indivíduos que residem e/ou trabalham e/ou circulam com frequência nas áreas de entorno de estações de monitoramento da qualidade do ar do município. Os resultados obtidos pelas respostas ao questionário dizem respeito à percepção pública da qualidade do ar e foram confrontados com os dados de monitoramento da qualidade do ar levantados e analisados nesses locais. Um prospecto educativo também foi entregue no momento de aplicação do questionário, visando informar a população sobre a qualidade do ar registrada e fomentar o conhecimento sobre o tema da poluição do ar.

2. OBJETIVOS

- 1) Caracterizar a qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro quanto aos principais poluentes monitorados pelas redes do município (SECONSERMA) e estadual (INEA).
- 2) Avaliar a percepção da população sobre a gestão da qualidade do ar e seus efeitos adversos na saúde humana, por meio da aplicação de questionários em áreas circundantes às estações de monitoramento da qualidade do ar consideradas no estudo.
- 3) Estimular, a partir da divulgação de material didático fornecido imediatamente após a aplicação do questionário, a conscientização da população no tocante às condições de qualidade do ar e do papel das autoridades governamentais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Conceito de Poluição do Ar

A Constituição Federal de 1998, em seu art. 23, VI, estabelece que a proteção ao meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas – inclusive a atmosférica – é da competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal, para legislar sobre a proteção do meio ambiente e o controle da poluição. No seu art. 225, prevê que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo [...], que define a Política Nacional do Meio Ambiente.

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, no art.3º, conceitua poluição como:

A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Sobre a poluição do ar, De Carvalho (2009) afirma que:

[...] existe poluição do ar atmosférico com a presença ou lançamento no ambiente atmosférico de substâncias em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem-estar do homem, chegando a restringir o pleno uso e gozo da propriedade, além de causar danos à flora, à fauna e aos materiais. Além disso, pode-se definir como poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia, não necessariamente em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos, que cause direta ou indiretamente danos ao meio ambiente.

A poluição do ar tem sido um tema extensivamente pesquisado nas últimas décadas e atualmente caracteriza-se como um fator de grande importância na busca da preservação do meio ambiente e na implementação de um desenvolvimento

sustentável, pois esta poluição afeta de diversas formas a saúde humana, os ecossistemas e os materiais. (AZUAGA, 2000).

As emissões atmosféricas se intensificaram após a Revolução industrial, que ocorreu em meados do século XVIII, quando se observou um rápido processo de urbanização no mundo, aumentando a demanda por energia e a exploração de combustíveis fósseis, principalmente o carvão mineral e o petróleo. De acordo com Machado (2005), nessa época o impacto das atividades humanas no meio ambiente tomou proporções em escala continentais e até mesmo globais.

De acordo com Manzoli (2009), a poluição do ar é um fenômeno que acontece predominantemente no cenário urbano-industrial, porém, ela apresenta inúmeras fontes e o seu caráter difuso faz com que as consequências dessas emissões atinjam locais muito distantes de forma diferenciada.

3.2. Fontes de Emissão de Poluentes

Fonte de poluição atmosférica é um conceito bastante amplo que, segundo Bretschneider e Kurfürst (1987), pode ser caracterizada de três formas: a primeira diz respeito ao local do qual são emitidas substâncias poluentes (chaminés, dutos, descargas de ar, etc.); a segunda destaca que as fontes de emissão podem estar associadas a processos e/ou equipamentos de produção (caldeiras, fornos, linhas de produção, câmaras de combustão, etc.); Por fim, as emissões podem ter origem em uma área como conjunto de pontos e/ou processos e equipamentos numa região específica, sendo capazes de liberar matéria ou energia para a atmosfera, tornando-a poluída.

As possibilidades são muitas quando se analisam as fontes de poluição do ar. Estas, tradicionalmente são categorizadas como: antrópicas ou naturais, móveis ou estacionárias e pontuais ou difusas. Com relação às fontes naturais, Pires (2005) afirma que são aquelas que decorrem de processos naturais de emissão que vêm ocorrendo há milhares de anos, como atividades geológicas vulcânicas, incêndios florestais, aerossóis marinhos, a liberação de hidrocarbonetos pelas plantas, atividades meteorológicas (raios e ação eólica) entre outros. As emissões atmosféricas de fontes naturais incluem COVs (Compostos Orgânicos Voláteis), NOx (óxidos de

nitrogênio) e gases de efeito estufa, como o CH₄ (Metano), N₂O (Óxido Nitroso), O₃ (Ozônio) e CO₂ (Dióxido de Carbono).

Dentro das fontes naturais existem aquelas classificadas como fontes biogênicas que são resultado de algum tipo de atividade biológica, e representam uma significativa porção das emissões naturais (LOUREIRO, 2005). Podem ter origem na decomposição anaeróbica biológica, responsável pela emissão de compostos como o CH₄ e o H₂S (Gás Sulfídrico). Outro exemplo de emissões biogênicas tem origem na vegetação, tipicamente a única fonte utilizada nas estimativas das emissões biogênicas de COVs. A atividade microbiana é responsável pelas emissões de NOx e de gases de efeito estufa, tais como CO₂, CH₄ e N₂O. (EPA, 1996).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA - Environmental Protection Agency), fontes naturais que não são fontes biogênicas incluem os relâmpagos, que são fonte de NO (Óxido Nítrico), os vazamentos de reservatórios de petróleo e/ou gás, que são fontes de COVs, CH₄ e poluentes atmosféricos perigosos (HAPs - Hazardous Air Pollutants).

No caso das emissões de fontes antropogênicas, estas são, a priori, resultantes da atividade humana, podendo trazer mudanças significativas no comportamento climático. Neste grupo estão incluídas as emissões das operações na agricultura, a queima de biomassa agrícola, as emissões de atividade microbiana durante o tratamento de efluentes, dentre outras. (EPA, 1997).

É importante ressaltar que em algumas situações torna-se difícil a classificação de uma fonte como natural ou antropogênica. Por exemplo, se uma atividade humana resultasse na remoção da camada superficial da terra e, posteriormente, o material particulado produzido fosse carreado pelo vento para outra região onde as pessoas sofressem o prejuízo, ficaria difícil determinar se o evento é natural ou resultante da atividade humana, conforme afirmam Stern et al (1984). A correta definição dependeria do tempo de análise. Outro exemplo são os incêndios florestais com produção de emissões bastante significativas, que podem ser de origem natural ou antropogênica. (PIRES, 2005).

As fontes emissoras antrópicas também são divididas em duas classes: fontes móveis e estacionárias. As fontes estacionárias ou fixas representam as atividades que emitem poluentes atmosféricos resultantes da combustão em locais fixos e unidades

em que os processos produtivos geram emissões. Cavalcanti (2010) define dois grupos de fontes fixas: o primeiro seriam atividades pouco representativas nas áreas urbanas, como as queimas de resíduos, as lavanderias e queima de combustíveis em padarias, hotéis, hospitais e outras atividades tidas usualmente como fontes de poluição não industriais; o segundo trata de atividades individualmente significativas, tendo em vista a variedade ou intensidade de poluentes emitidos, como a poluição resultante dos processos industriais.

Por outro lado, as fontes móveis são todos os meios de transporte aéreo, marítimo e terrestre que utilizam motores à combustão, assim como, máquinas e equipamentos que geram poluição atmosférica e que podem se deslocar ou serem deslocados de um ponto a outro. A EPA classifica as fontes móveis em dois grupos: “veículos de estrada” ou “on-road”, incluindo veículos usados para o transporte de passageiros ou carga como vans, ônibus, caminhões ou motocicletas. E veículos que não transitam na estrada ou “nonroad” (também chamadas de “off-road”) que incluem veículos, motores e equipamentos usados para construção, agricultura, recreação e muitos outros propósitos. Dentro dessas duas categorias amplas, as fontes *on-road* e *nonroad* são diferenciadas por tamanho, peso, uso e/ou potência. As principais fontes de emissões móveis são os veículos automotores como carros, caminhões, tratores dentre outros. (SILVA e VIEIRA, 2017).

Por fim, as fontes de poluição do ar apresentam a classificação entre fontes pontuais e fontes difusas. Segundo Loureiro (2005), as fontes pontuais possuem um comportamento regular, com suas características de emissão bem determinadas, por exemplo, as chaminés de fontes de combustão. Em contrapartida, as fontes difusas possuem uma natureza de comportamento mais dinâmica, estando muito sujeitas às variações operacionais e ambientais, como por exemplo: tanques de estocagem de líquidos, emissões evaporativas de processos industriais, etc.

Além dessas categorias de fontes de emissão, existem algumas menos usuais como a fonte linha e a fonte área. Conforme Hogan (2011) define, uma fonte linha é um emissor geométrico idealizado, que consiste simplesmente de uma linha reta de comprimento finito ou infinito. É utilizada para realizar aproximações de emissões atmosféricas que ocorrem em estradas, ferrovias ou no trajeto de aeronaves. O uso deste tipo de fonte começou nos EUA na década de 1970 e está sendo usada atualmente por engenheiros de transporte e projetistas de rodovias e análise de padrões de decolagem de aeronaves por exemplo. Segundo a Organização Mundial

da Saúde - OMS, como os veículos rodoviários e ferroviários normalmente viajam ao longo de rotas comuns, do ponto de vista de uma fonte de emissões, eles formam uma fonte de linha (WHO, 2005).

De acordo com a EPA (2001), a fonte área ocorre quando as fontes emissoras não podem ser qualificadas como pontuais individualmente. Uma fonte de área pode ser definida como uma coleção de unidades de emissão similares dentro de uma área. As fontes áreas representam coletivamente fontes individuais que são pequenas e numerosas, e que não foram inventariados como fontes pontuais, móveis ou biogênicas específicas.

Finalmente, é importante ressaltar uma última categorização de fontes de emissão de poluentes atmosféricos representadas pelas fontes fugitivas. Segundo Siegell (1997), as emissões fugitivas são vazamentos de equipamentos provenientes de válvulas, conectores/flanges, vedações de bombas e compressores, válvulas de alívio de pressão e outros componentes do sistema de tubulação, localizadas em diversos processos. Embora essas emissões sejam, às vezes, visualmente detectadas, muitas vezes elas são encontradas somente com instrumentos de detecção de gases sensíveis colocados adjacentes ao ponto de vazamento. Concawe (2015) afirma que a identificação desses vazamentos para reparo é difícil e demorada, pois eles podem estar espalhados por toda a planta do processo, incluindo locais de difícil acesso. As emissões fugitivas são classificadas como emissões difusas podendo ser fontes pontuais e fontes áreas.

O **Quadro 01** a seguir resume alguns poluentes principais emitidos por fontes antrópicas e naturais.

Quadro 01: Classificação das Fontes de Poluição.

Origem	Classificação		Definição	Exemplos
Natural	Biogênica		Relacionada à atividade biológica.	COV, NO _x , CH ₄ , N ₂ O e CO ₂ associados à vegetação, às atividades microbianas do solo e aos ecossistemas marinhos.
	Não biogênica		Relacionada à atividade geológica e meteorológica.	Material particulado, SO ₂ , sulfeto de hidrogênio, COV, NO e CH ₄ , associados aos processos vulcânicos ou gêiseres e aos relâmpagos, além dos incêndios florestais naturais, dispersão de areia pelo vento e aerossóis oceânicos.
Antropogênica	Móvel	Fonte Pontual	Relacionada à atividade humana originada de uma fonte individual (<i>on-road</i> ou <i>nonroad</i>).	Material particulado, CO, CO ₂ , SO _x , NO _x , hidrocarbonetos, aldeídos e ácidos orgânicos associados ao escapamento de veículos automotores que transitam em vias públicas e veículos automotores e equipamentos que não utilizam vias públicas (escavadeiras, tratores, aviões, helicópteros, embarcações marítimas, locomotivas e equipamentos de pavimentação).
		Fonte Linear	Relacionada à atividade humana originada do transporte, estimadas ao longo das trajetórias percorridas.	Material particulado, CO, CO ₂ , SO _x , NO _x , hidrocarbonetos, aldeídos e ácidos orgânicos associados a rodovias, ferrovias, navegação e transporte aéreo.
	Estacionária ou Fixa	Fonte Pontual	Relacionada à atividade humana originada de uma fonte individual, normalmente associada à combustão, a partir de operações na indústria, agricultura, queima de biomassa ou atividades microbianas durante o tratamento de efluentes.	Material particulado, CO, CO ₂ , SO _x , NO _x e hidrocarbonetos, associados a processos industriais ou de geração de energia a partir da utilização de caldeiras, fornos, turbinas, compressores, <i>flares</i> e chaminés.
		Fonte Área	Fontes menores que as fontes pontuais, cujas emissões individuais são pequenas, entretanto, devido ao grande número de fontes, tem emissões significativas do ponto de vista coletivo.	Lavanderias, padarias, hotéis e hospitais.

Fonte: OLIVEIRA (2008)

3.3. Poluentes Atmosféricos e seus Efeitos Gerais

O nível de poluição atmosférica é determinado pela quantificação das substâncias poluentes presentes no ar. A Resolução CONAMA nº 03 de 1990 entende o conceito de poluente atmosférico como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou característica em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- ♦ Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- ♦ Inconveniente ao bem-estar público;
- ♦ Danoso aos materiais, à fauna e flora;
- ♦ Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade, e às atividades normais da comunidade.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018b), a classificação dos poluentes atmosféricos se dá em: primários ou secundários. Os primeiros são os contaminantes diretamente emitidos pelas fontes para o ambiente, como no caso dos gases dos automóveis (CO, fuligem, NOx, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos, aldeídos e outros). Já os poluentes secundários resultam de reações dos poluentes primários com substâncias presentes na camada baixa da atmosfera e frações da radiação solar, como, por exemplo, a decomposição de óxidos de nitrogênio pela radiação ultravioleta oriunda do sol na formação de ozônio e nitratos de peroxiacetila.

Os efeitos causados pela presença de poluentes atmosféricos podem ser percebidos de muitas maneiras, seja pela turbidez no ar, por alteração na vegetação, por degeneração de estruturas construídas e, dentre outros fatores, por problemas associados à saúde da população. Porfírio (2008) enfatiza que um efeito se define como uma mudança prejudicial mensurável ou observável devido a um contaminante do ar e que este pode afetar além da saúde humana, as plantas, os animais, e os materiais não vivos como pinturas, metais e estruturas arquitetônicas.

A emissão de poluentes na atmosfera possui um caráter complexo tendo em vista as múltiplas fontes de emissão existentes e afeta a população em diversos níveis. Uma vez lançados no ar, os poluentes interagem entre si e com as condicionantes ambientais, variando sua concentração, composição e possivelmente sua toxicidade,

tornando o problema difícil de ser solucionado. A CETESB (2018a) menciona que a interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores.

Esses efeitos podem ocorrer tanto em escala local, como regional e global. No caso da escala global, pode-se citar o exemplo da camada de ozônio, que, em razão da emissão de poluentes atmosféricos, tem sofrido uma redução, propiciando uma elevação anormal das temperaturas do globo terrestre (PIRES, 2005). Outro exemplo, agora em escala regional, seria o acontecimento de chuvas ácidas em uma determinada região, devidas principalmente ao enxofre emitido na combustão de combustíveis fósseis. De acordo com Jesus (1996), o ácido que cai das nuvens sobre qualquer região do planeta é responsável pela destruição de metais, monumentos públicos, mortes das plantas e também afeta a saúde humana.

Em escala local, Lima (2012) afirma que os impactos estão localizados próximos às fontes de poluição e incluem desde danos à saúde humana até alterações na quantidade de precipitação em área urbana. Para Pires (2005), um exemplo disso seria a via principal de uma cidade com suas construções e intenso tráfego de veículos. As fontes seriam os automóveis e os receptores os ocupantes dos prédios adjacentes.

Os efeitos da poluição atmosférica também podem ser classificados em efeitos agudos ou crônicos, de acordo com seu comportamento ao longo do tempo. Os efeitos agudos têm caráter temporário e se manifestam bruscamente (em horas ou dias) quando as condições atmosféricas são adversas e apresentam picos na concentração de determinados poluentes. Segundo Cavalcanti (2010), esses efeitos normalmente são imediatos, como irritação nos olhos e do aparelho respiratório, porém, podem haver casos mais graves levando ao aumento da mortalidade. Geralmente ocorrem em indivíduos mais suscetíveis, que já apresentam doenças respiratórias, e a grupos mais sensíveis da população como idosos e crianças.

Por outro lado, segundo Loureiro (2005), os efeitos classificados como crônicos possuem caráter mais permanente e muitas vezes geram alterações irreversíveis no meio ambiente e na saúde humana. Para Cavalcanti (2010) esses efeitos consistem numa intoxicação gradativa, causada pela presença no ar de gases tóxicos e

partículas em suspensão, provocando afecções das vias respiratórias mais ou menos permanentes (asma e bronquite).

Existem poluentes atmosféricos considerados indicadores da qualidade do ar, para os quais são exigidos a monitoração na Resolução CONAMA nº03/90: Material Particulado que incluem Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI), Fumaça (FMC), Dióxido de Enxofre (SO₂), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Monóxido de Carbono (CO) e o Ozônio (O₃). A razão da escolha desses indicadores está ligada à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente (CETESB, 2018a). A seguir serão citadas suas características, principais fontes e seus efeitos a saúde e ao meio ambiente.

♦ **Material Particulado (MP):**

Refere-se ao conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho (SANTIAGO, 2013).

De acordo com Arbex et al., (2012) o MP pode ter origem primária ou secundária e é formado por múltiplos constituintes químicos, incluindo um núcleo de carbono elementar ou orgânico, compostos inorgânicos, como sulfatos e nitratos, metais de transição sob a forma de óxidos, sais solúveis, compostos orgânicos, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, e material biológico, como pólen, bactérias, esporos e restos animais.

Sua composição e tamanho dependem das fontes de emissão, que podem ser, segundo a CETESB (2018a): veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros.

O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como SO₂, NO_x e COVs, que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

De acordo com a CETESB (2018a), o material particulado pode ser classificado como:

- a) **Partículas Totais em Suspensão (PTS):** aquelas cujo *diâmetro aerodinâmico médio*¹ é menor ou igual a 100 μm . Uma parte destas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, prejudicando as atividades normais da comunidade (CETESB, 2018a).
- b) **Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀):** aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10 μm . Dependendo da distribuição de tamanho na faixa de 0 a 10 μm , podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares (CETESB, 2018a).
- a) **Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}):** possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 μm . Devido ao seu tamanho diminuto, penetram profundamente no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares (CETESB, 2018a). De acordo com estudos epidemiológicos, o **MP_{2,5}** pode ser inalado e absorvido pelos pulmões, causando efeitos adversos na saúde humana e aumentando a mortalidade e morbidez cardiopulmonar. Embora o poluente **MP_{2,5}** não conste no rol dos poluentes indicadores da qualidade do ar definidos na Resolução CONAMA nº 03/90, no Estado do Rio de Janeiro, ele tem sido monitorado por estações semiautomáticas de qualidade do ar desde 2011 de acordo com INEANA (2016).

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que, quanto menores, maiores os efeitos provocados (CETESB, 2018a). Entre os sintomas relacionados com a inalação do material particulado estão alergias, asma e bronquite crônica, irritação nos olhos e garganta, dentre outros. Os efeitos adversos do material particulado na atmosfera começam pelo aspecto estético, pois este interfere na visibilidade e está associado com a produção de corrosão e sujeira em superfícies (edifícios, tecidos, outros materiais)

¹ O diâmetro aerodinâmico médio é definido como o diâmetro de uma esfera densa perfeita com densidade unitária (1 g/cm³) que tem a mesma velocidade de sedimentação que a partícula atmosférica em estudo. (BELO; TOFOLI, 2011).

(CAVALCANTI, 2010). Ainda de acordo com Cavalcanti (2010), os efeitos sobre a saúde estão associados à:

- Incapacidade do sistema respiratório remover as partículas no ar inalado, retendo-as nos pulmões;
- Presença nas partículas de substâncias minerais que possuam propriedades tóxicas;
- Presença nas partículas de compostos orgânicos, como os hidrocarbonetos policíclicos, que possuem propriedades carcinogênicas;
- Capacidade das partículas de aumentar os efeitos fisiológicos de gases irritantes também presentes no ar ou de catalisar e transformar quimicamente estes gases criando espécies mais nocivas.

♦ **Fumaça (FMC):**

Segundo Seinfeld e Pandis (2006 apud IEMA, 2010), a fumaça é definida como o aerossol formado por partículas oriundas de processos de combustão incompleta, consistindo principalmente de carbono e outros materiais combustíveis, sendo presente em quantidade suficiente para ser observável, independentemente da presença de outras partículas sólidas. Este parâmetro está diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera. (CETESB, 2018a).

♦ **Dióxido de Enxofre (SO₂):**

É um gás estável, não inflamável, não explosivo, incolor e é extremamente solúvel em água. Na atmosfera o SO₂ pode ser convertido em trióxido de enxofre (SO₃) pela reação com o oxigênio. Sendo um gás altamente solúvel nas mucosas do trato aéreo superior, pode provocar irritação e aumento na produção de muco. O SO₂ e o SO₃ reagem com a umidade do ar para formar ácidos sulfurosos (H₂SO₃) e sulfúricos (H₂SO₄) que podem ser transportados pelos ventos por centenas de quilômetros antes de precipitar como chuva ácida, efeito global de poluição atmosférica responsável pela deterioração de diversos materiais, acidificação de corpos d'água e destruição de florestas (ONURSAL et al, 1997 e XSIMPEP, 2003).

Tem sua maior fonte natural em vulcões e pela oxidação de gases sulfurados decorrentes da decomposição de plantas, no entanto, nestes casos são lançados em

altas altitudes ou longe de grandes centros urbanos (BAIRD e CANN, 2011). Com relação às principais fontes antrópicas, resulta principalmente da queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina (CETESB, 2018a).

- ♦ **Óxidos de Nitrogênio (NOx):**

Os óxidos de nitrogênio incluem óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂), óxido nitroso (N₂O), trióxido de dinitrogênio (N₂O₃) e pentóxido de nitrogênio (N₂O₅) (ONURSAL et al, 1997).

Os NOx podem ser formados naturalmente mediante transformações microbianas no solo e por descargas elétricas na atmosfera (raios). Com relação às emissões antropogênicas, estas resultam principalmente da queima a altas temperaturas de combustíveis fósseis em instalações fixas ou em veículos automotores. Entre os NOx , o NO e o NO₂ são os que apresentam maior relevância quanto à poluição ambiental (CÓNSUL, et al., 2004).

Braga et al (2001) explicam que esses compostos são extremamente reativos e na presença de oxigênio (O₂), ozônio e hidrocarbonetos, o NO se transforma em NO₂. Por sua vez o NO₂, na presença de luz do sol, reage com hidrocarbonetos e O₂ formando O₃, sendo um dos principais precursores desse poluente na troposfera. Onursal et al (1997) acrescentam que os óxidos de nitrogênio também reagem na atmosfera com vapor de água para formar o ácido nítrico (H₂NO₃) que, em conjunto com o ácido sulfúrico (H₂SO₄), formado a partir do dióxido de enxofre, são precursores da chuva ácida.

Para efeitos de legislação, somente o NO₂. é considerado referência para o caso dos óxidos de nitrogênio visto que o NO e o NO₂. são os óxidos de nitrogênio mais abundantes e o NO, por reações químicas, se transforma em NO₂. Devido à sua baixa solubilidade é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório, podendo dar origem as nitrosaminas, algumas das quais podem ser carcinogênicas. O NO₂. é, também, um poderoso irritante, podendo conduzir a sintomas que lembram àqueles do enfisema (CETESB, 2002). O NO₂, quando inalado, atinge as porções mais periféricas do pulmão devido à sua baixa solubilidade. Seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ser um agente oxidante (BRAGA et al, 2001).

♦ **Monóxido de Carbono (CO):**

É um gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica (combustíveis fósseis, biomassa, etc) (CETESB, 2018a). Segundo Braga et al. (2001), com exceção dos fumantes, que possuem suas próprias fontes emissoras de CO, os demais habitantes dos grandes centros urbanos estão expostos ao CO devido ao trânsito intenso, pois os automóveis são as maiores fontes de emissão desse poluente.

Os efeitos da exposição de seres humanos a este poluente estão associados principalmente à capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue. O CO apresenta afinidade pela hemoglobina cerca de 240 vezes maior que a do oxigênio, competindo com ele na combinação com a hemoglobina. Isso faz com que uma pequena quantidade de CO possa saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo a capacidade do sangue de transportar oxigênio, pois forma-se a carboxihemoglobina (BRAGA et al, 2001).

Estudos experimentais têm demonstrado que baixos níveis de carboxihemoglobina já podem causar diminuição na capacidade de estimar intervalos de tempo e podem diminuir os reflexos e a acuidade visual da pessoa exposta. Por esta razão, altos índices de CO em áreas de tráfego intenso têm sido apontados como causa adicional de acidentes de trânsito. Os sintomas de intoxicação são: desconforto físico, náuseas, dor de cabeça, tontura, perda de concentração e, dependendo da intensidade da exposição, pode levar à morte em poucas horas ou minutos (CAVALCANTI, 2010).

♦ **Ozônio (O₃):**

De acordo com a CETESB (2018a), o ozônio tem sua maior concentração na estratosfera, protegendo a Terra dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol e impedindo que atinjam a superfície terrestre, proteção conhecida como camada de ozônio. A camada de ozônio está localizada na entre altitudes de 11 (onze) a 50 (cinquenta) km aproximadamente (LEMOS, 2010).

O ozônio também é encontrado na faixa de ar próxima do solo, na troposfera. Nela o ozônio é formado por uma série de reações de oxidação fotoquímica (catalisadas por raios ultravioletas) envolvendo NOx e hidrocarbonetos, derivados de fontes de

combustão móveis, como veículos automotivos, e estacionárias como usinas termoelétricas e até mesmo fontes naturais que produzem COVs (BRAGA et al, 2001).

O ozônio ao nível do solo é o maior constituinte do “smog fotoquímico²” nas áreas urbanas (ONURSAL et al, 1997). Por ser um gás extremamente tóxico ao nível do solo, pode causar sérios efeitos, mesmo em baixa concentração. Provoca irritação dos olhos, nariz e garganta, envelhecimento precoce da pele, náusea, dor de cabeça, tosse, fadiga, aumento do muco, diminuição da resistência orgânica às infecções e agravamento de doenças respiratórias. Além disso, tem forte ação corrosiva e reduz a vida útil dos materiais. Os efeitos da exposição ao ozônio são mais pronunciados durante exercícios físicos, quando pode ocorrer uma sensível redução da capacidade respiratória. Por esta razão, em dias muito poluídos não é recomendável praticar exercícios, principalmente entre as 13 (treze) e 16 (dezesseis) horas (CAVALCANTI, 2010).

A seguir o **Quadro 02** mostra os principais poluentes indicadores da qualidade do ar, bem como suas características, quais suas origens principais e seus efeitos à saúde e ao meio ambiente.

² “Smog” fotoquímico é o termo utilizado para designar a concentração de ozônio em baixas atmosferas (troposfera) decorrente da reação entre diferentes poluentes emitidos antropogenicamente. A palavra “smog” na verdade é a junção das palavras inglesas “smoke” (fumaça) mais “fog” (neblina), cujo processo de formação comprehende inúmeros compostos e reações induzidas pela presença de luz solar. (LISBOA, 2008)

Quadro 02: Fontes, características e efeitos principais dos poluentes atmosféricos.

	Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais à Saúde	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
Material Particulado	MP _{2,5}	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc., que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho ≤ 2,5 micra.	Processos de combustão (industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros.	Devido ao seu tamanho diminuto, penetram profundamente no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
	MP ₁₀ e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho ≤ 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), poeira ressuspensa, aerossol secundário (formado na atmosfera).	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras. Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
	PTS	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho ≤ 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito à saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.

Fonte: Adaptado de INEA (2010) e de CETESB (2006).

Quadro 02: Fontes, características e efeitos principais dos poluentes atmosféricos. (continuação)

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais à Saúde	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
SO ₂	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser oxidado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinarias de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa de celulose e papel, fertilizantes.	Desconforto na respiração, ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar. Agravamento de doenças respiratórias (como asma e bronquite) e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
NO ₂	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas, incinerações.	Aumento da sensibilidade à asma e à bronquite, abaixar a resistência às infecções respiratórias. Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.

Fonte: Adaptado de INEA (2010) e de CETESB (2006).

Quadro 02: Fontes, características e efeitos principais dos poluentes atmosféricos. (continuação)

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais à Saúde	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
CO	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízo dos reflexos, da capacidade de estimar intervalos de tempo, no aprendizado, de trabalho visual. Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
O ₃	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares. Exposição a altas concentrações pode resultar em sensações de aperto no peito, tosse e chiado na respiração.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

Fonte: Adaptado de INEA (2010) e de CETESB (2006).

Outros poluentes também estão presentes na atmosfera, entretanto, não constam das listas de poluentes com padrões legislados devido a (IEMA, 2014a):

- (i) Não existirem evidências científicas significativas sobre a relação entre a concentração do poluente numa dada exposição com o efeito à saúde que permitam a elaboração de um padrão de qualidade do ar;
- (ii) Haver dentre os poluentes com padrões legislados um poluente que seja indicador de outro poluente por fazer parte das suas transformações na atmosfera ou por ser emitido pelo mesmo tipo de fonte; ou ainda a
- (iii) Dificuldades técnicas na amostragem ou medição do poluente.

Esses poluentes não possuem obrigatoriedade de monitoramento, mas podem ser monitorados devido a interesses específicos por alguns órgãos ambientais ou empresas privadas. A seguir, seguem alguns deles:

- ♦ **Compostos Orgânicos Voláteis (COVs):**

Gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos, sendo emitidos pelos veículos, indústrias, processos de estocagem e transferência de combustível, etc. Muitos destes compostos participam ativamente das reações de formação do O₃. Dentre os COVs estão os compostos aromáticos monocíclicos, em particular: benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos, conhecidos como: BTEX. Os aromáticos monocíclicos são precursores do ozônio e alguns destes compostos podem causar efeitos adversos à saúde (CETESB, 2018a).

Os BTEX, principalmente o benzeno, são considerados compostos cancerígenos, sendo que, para o benzeno, não existe limite seguro de exposição (BONETTI, 2011). Quando adsorvido no corpo humano via respiração, o benzeno é distribuído para os órgãos, depositando-se no sistema nervoso central e posteriormente nos tecidos lipídicos, no fígado, no sangue e na medula óssea (BONETTI, 2011 apud SPIES, 1996).

- ♦ **Hidrocarbonetos (HC's):**

Quimicamente, os hidrocarbonetos são compostos constituídos de carbono e hidrogênio. Costumam ser estendidos como uma variedade de COVs e, segundo Azuaga (2000), os hidrocarbonetos compreendem uma mistura de diversos compostos, podendo-se destacar os aldeídos, os ácidos orgânicos, os compostos aromáticos e as olefinas, dependendo das características do combustível e do processo de combustão.

As fontes naturais de HC's incluem decomposição anaeróbica de plantas em pântanos e brejos, vazamento em campos de gás natural e de óleo e emissões de plantas. As fontes antropogênicas de emissão incluem veículos automotores, tanques de estocagem de gasolina e solventes, estações de transferência, refinarias de petróleo e plantas petroquímicas. As emissões de HC's a partir de veículos automotores ocorrem por combustível não queimado ou por combustão incompleta. (LOUREIRO, 2005)

Embora não sejam considerados tóxicos, em concentrações normais, são considerados agentes causadores de câncer. Também, contribuem para a névoa escura e amarelada que cobre as cidades (CLEMENTE, 2000). Podem ser encontrados na atmosfera na forma de gases (como o metano), líquidos e sólidos. Estes podem reagir com diversas outras substâncias, como o nitrogênio, oxigênio e enxofre formando diferentes compostos (SANTOS, 2004).

- ♦ **Enxofre Reduzido Total (ERT):**

A CETESB (2018a) considera que os ERT incluem: sulfeto de hidrogênio, metil-mercaptana, dimetil-sulfeto, dimetil-dissulfeto, que são, de maneira geral, os compostos de enxofre reduzido mais frequentemente emitidos em operações de refinarias de petróleo, fábricas de celulose, plantas de tratamento de esgoto, produção de rayon-viscose, entre outras. Também podem ocorrer naturalmente no ambiente como resultado da degradação microbiológica de matéria orgânica contendo sulfatos, sob condições anaeróbias, e como resultado da decomposição bacteriológica de proteínas. Estes compostos produzem odor desagradável, semelhante ao de ovo podre ou repolho, mesmo em baixas concentrações.

- ◆ **Chumbo (Pb):**

A maior parte do chumbo no ar ambiente se encontra em forma de partículas finas. O ar do ambiente também contém compostos de chumbo orgânico em forma de gases. Os veículos automotores são a fonte principal de chumbo no ar ambiente de muitos centros urbanos na América Latina, onde ainda se utiliza gasolina com aditivos de chumbo (PORFIRIO, 2008).

Segundo o site da CETESB (2018a), o Brasil eliminou totalmente o chumbo da gasolina automotiva em 1992. Isso se deu devido à substituição do chumbo pelo álcool como aditivo à gasolina. Atualmente o chumbo é encontrado em maior quantidade em locais específicos como próximo a fundições de chumbo e indústrias de fabricação de baterias chumbo-ácido. De acordo com PORFÍRIO (2008) o chumbo é altamente tóxico e pode se acumular em órgãos do corpo devido a sua difícil remoção, podendo causar danos ao sistema nervoso central. As crianças têm uma taxa de deposição pulmonar que pode ser 2,7 vezes mais alta que a dos adultos, levando-se em consideração a massa corporal. A CETESB monitora o chumbo no estado de São Paulo, regulamentado conforme o Decreto Estadual nº 59.113 DE 23/04/2013, porém no estado do Rio de Janeiro, o monitoramento do chumbo ainda não é obrigatório.

3.4. Padrões da Qualidade do Ar no Brasil

Os padrões de qualidade do ar (PQA) são as concentrações de poluentes atmosféricos que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos a flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral (CONAMA nº 03/90).

Esses padrões são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada (CAVALCANTI, 2010). Segundo a orientação geral da OMS, os PQA devem ser considerados como sendo os níveis aceitáveis de poluição do ar, em termos de impactos potenciais na saúde pública e no meio ambiente, que são permitidos por uma autoridade reguladora. De acordo com o artigo 9º, I, da Lei

6.938/81³, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Segundo Santana et al. (2012), os padrões de qualidade do ar servem como referencial para instrumentos da gestão da qualidade do ar, e dentre eles estão:

- ♦ Instrumentos que permitem o diagnóstico e avaliação prospectiva da qualidade do ar: inventários de emissões e do uso de modelagens.
- ♦ Instrumentos de controle preventivo das fontes de poluição como o zoneamento e o licenciamento ambiental, por meio dos quais o poder público pode evitar a instalação de fontes de poluição específicas em determinado local, bem como definir as medidas de controle: limites de emissão e a exigência da melhor tecnologia disponível.
- ♦ Instrumentos de controle posterior que agem nas hipóteses de ocorrência ou iminência de dano ao meio ambiente, sejam punindo o poluidor seja obrigando-o à reparação do dano.
- ♦ Disponibilização de informações relacionadas à qualidade do ar (dados do monitoramento da qualidade do ar), bem como às emissões de poluentes atmosféricos por fontes poluidoras (dados oriundos dos inventários), permitindo à sociedade acompanhar e participar da gestão da qualidade do ar.

A Resolução CONAMA nº 05/89, que institui o PRONAR⁴ (Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar) determinou a classificação dos padrões em dois tipos: primários e secundários. Os padrões primários referem-se às concentrações de poluentes que, uma vez ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, podendo ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos. E os padrões secundários dizem respeito às concentrações de poluentes atmosféricos, abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e

³ Antes de sua previsão na Lei 6.938/1981 os padrões de qualidade do ar já haviam sido adotados no nível federal por meio da Portaria 231/1976 do extinto Ministério do Interior (MINTER). Nos termos daquela Portaria, a instituição desse instrumento teve como eixo motivador o reconhecimento da intensificação da deterioração da qualidade do ar como ameaça à saúde, à segurança e ao bem-estar da população. Não à toa que o objetivo posto nesta norma para a adoção dos padrões visou expressamente à proteção da população. (SANTANA et al., 2012).

⁴ O Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) foi estabelecido pela Resolução CONAMA nº 05, de 15/06/1989 com o propósito de limitar em esfera nacional as emissões atmosféricas por tipologia de fontes e poluentes prioritários (SILVA; VIEIRA, 2017). Com o advento do PRONAR, os padrões de qualidade do ar passaram a ser entendidos como medida complementar de controle da poluição atmosférica, determinando-lhes como objetivos principais (i) avaliar permanentemente as ações de controle estabelecidas e, (ii) ter a função de servir como referencial para os limites de emissão de poluentes (BRASIL, 2018a).

ao meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes. (LOUREIRO, 2005).

Essa definição, que também consta de Portaria normativa do IBAMA (Instituto Brasileiro de Apoio ao Meio Ambiente) de 14 de março de 1990, e que foi transformada em resolução pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) em 28 de junho de 1990 (CONAMA nº 03/90⁵), define que a curto e médio prazo, os padrões primários devem ser os desejados, e que a longo prazo, os padrões secundários devem ser objetivados (XSIMPEP, 2003). Cavalcanti (2010) afirma que o estabelecimento dos padrões secundários visou criar uma referência para a política de prevenção da degradação da qualidade do ar. E que tais padrões devem ser aplicados em áreas de preservação (parques nacionais, as áreas de proteção ambiental, as estâncias turísticas) e não, pelo menos a curto prazo, às áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários.

Adicionalmente, outra questão sobre os padrões de qualidade do ar é que a Resolução CONAMA nº 05/89 estabelece a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários. Cavalcanti (2010) diz que essa diferenciação requer a divisão do território nacional em classes, conforme o uso pretendido. Caso não for estabelecida a classificação das áreas de Classe I, II e III adotam-se os padrões primários de qualidade do ar. A seguir se encontram as características das classes I, II e III, conforme estabelece a CONAMA nº 05/89:

- ◆ 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 em desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade.

⁵ Após um ano da publicação da Resolução CONAMA nº 05/89, os padrões nacionais de qualidade do ar foram estabelecidos pelo IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA nº 03/90. (SILVA; VIEIRA, 2017).

No Brasil, os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela CONAMA nº 03/90 contemplam os valores medidos em concentração dos poluentes: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Fumaça, Partículas Inaláveis (MP₁₀), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Dióxido de Enxofre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O₃), conforme apresentado na **Tabela 01**. A mesma Resolução também especificou os métodos de amostragem e análise dos poluentes, atribuindo ao INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e, na omissão deste, ao IBAMA, seu detalhamento por meio de Instruções Normativas. O uso desses métodos não é obrigatório, podendo ser aplicados outros, desde que previamente aprovados pelo IBAMA. A seguir, a **Tabela 01** mostra os padrões nacionais de qualidade do ar (primários e secundários) fixados na CONAMA nº 03/90.

Tabela 01: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas (1)	240	150	Amostrador de Grandes Volumes
	MGA (2)	80	60	
Partículas Inaláveis (PI*)	24 horas (1)	150	150	Separação Inercial/Filtração
	MAA (3)	50	50	
Fumaça	24 horas (1)	150	100	Refletância
	MAA (3)	60	40	
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	365	100	Pararosanílina
	MAA (3)	80	40	
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora (1)	320	190	Quemiluminescência
	MAA (3)	100	100	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora (1)	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	Infravermelho não Dispersivo
	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozônio (O ₃)	1 hora (1)	160	160	Quemiluminescência

Fonte: Resolução CONAMA nº 03/90.

*Partículas Inaláveis são denominadas como PI por alguns órgãos ambientais, mas não apresenta uma sigla específica na CONAMA nº 03/90. Dizem respeito ao MP₁₀ equivalente à tradução da sigla em inglês PM₁₀ (“*particular matter 10*”).

- (1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.
- (2) Média geométrica anual.
- (3) Média aritmética anual

Com respeito aos métodos de medição presentes na **Tabela 01**, estes são mais bem abordados no item 3.5 *Monitoramento da Qualidade do Ar*, no qual se explica de forma mais detalhada sobre os métodos de monitoramento que constam na legislação.

É importante destacar que além dos padrões de qualidade do ar, a Resolução CONAMA nº 03/90 estabeleceu níveis de qualidade do ar para a definição de medidas de previsão, prevenção e remediação de eventos críticos de poluição (LIMA et al., 2012). Um episódio crítico de poluição do ar está definido como a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos (INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2014).

Estes Níveis de Qualidade do Ar também servem para que estados e municípios possam elaborar um plano de emergência para episódios críticos de poluição do ar com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população, indicando os limites de poluentes para os níveis de atenção, alerta e emergência (CAVALCANTI, 2010). Além disso, essa Resolução determina que durante a permanência desses níveis as fontes de poluição do ar ficam, na área atingida, sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental. As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos níveis de atenção e de alerta tem por objetivo evitar que se atinja o nível de emergência. Esses níveis estão indicados na **Tabela 02**.

Tabela 02: Critérios para episódios agudos de poluição do ar.

Parâmetros	Tempo de Amostragem	Níveis		
		Atenção	Alerta	Emergência
Partículas Totais em Suspensão (PTS) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	≥ 375	≥ 625	≥ 875
Partículas Inaláveis (PI) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	≥ 250	≥ 420	≥ 500
Fumaça	24 horas	≥ 250	≥ 420	≥ 500
Produto $\text{SO}_2 \times \text{PTS}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	≥ 65.000	≥ 261.000	≥ 393.000
Dióxido de Enxofre (SO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	≥ 800	≥ 1600	≥ 2100
Dióxido de Nitrogênio (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 hora	≥ 1130	≥ 2260	≥ 3000
Monóxido de Carbono (ppm)	8 horas	≥ 15	≥ 30	≥ 40
Ozônio (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 hora	≥ 400	≥ 800	≥ 1000

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990 (BRASIL, 1990).

Os três níveis segundo BRAGA *et al.* (2005 apud Lima *et al.* 2012), possuem os seguintes efeitos sobre a saúde:

- Nível de Atenção – Decréscimo da resistência física e maiores sintomas em pessoas com enfermidades cardiorrespiratórias, sintomas gerais na população saudável.
- Nível de Alerta – Aparecimento prematuro de certas doenças, além de significativo agravamento de sintomas. Decréscimo da resistência física em pessoas saudáveis.
- Nível de Emergência – Morte prematura de idosos e pessoas doentes . Pessoas saudáveis podem acusar sintomas adversos que afetam sua atividade normal.

A aplicação efetiva dos níveis críticos de poluição do ar é limitada em função do tempo de resposta entre a constatação e a divulgação desses níveis para as autoridades públicas responsáveis e para a sociedade. A melhor maneira de lidar com esses níveis de atenção, alerta e emergência seria trabalhar com o prognóstico da qualidade do ar

a partir de modelagem matemática, integrando informações do inventário de fontes e o condicionamento atmosférico (a partir de dados meteorológicos e de monitoramento da qualidade do ar), sendo este último em razão da sua capacidade de transporte e dispersão de poluentes.

3.4.1. Revisão dos Padrões de Qualidade do Ar no Brasil

Dada a relevância dos PQA como norteadores dos demais instrumentos da gestão da qualidade do ar, como visto anteriormente, é importante que os mesmos estejam em consonância com o conhecimento científico dos riscos e impactos da poluição atmosférica sobre a saúde humana e o meio ambiente, requerendo que sejam periodicamente atualizados. Porém, no caso do Brasil, desde o estabelecimento dos padrões na década de 90, não houve a revisão dos mesmos (SANTANA et al., 2012).

Além disso, Santana et al. (2012) ressaltam a importância da discussão sobre o estabelecimento de procedimentos claros de adoção e revisão dos padrões nacionais de qualidade do ar, aptos a:

- (i) criar uma dinâmica de atualização periódica compatível com o avanço do conhecimento científico sobre os efeitos da poluição sobre a saúde humana;
- (ii) permitir a participação efetiva dos órgãos e entidades de saúde, dando concretude aos ditames constitucionais a esse respeito;
- (iii) possibilitar a participação democrática de todos os demais setores envolvidos – academia, setor produtivo, sociedade civil e governo.

Santana et al. (2012) afirmam que para a definição dos novos padrões nacionais deveria-se tomar como referência as diretrizes da OMS⁶ (Organização Mundial da Saúde) considerando a realidade social, política e econômica brasileira. A OMS tem como uma de suas principais atividades a definição de diretrizes gerais para a condução das políticas públicas nacionais sobre saúde. Essas diretrizes fornecem uma revisão da literatura científica internacional e evidências de estudos toxicológicos e epidemiológicos, que podem ser usadas no estabelecimento de padrões. No entanto, ao determinar os efeitos e níveis para a definição do padrão, estudos locais

⁶ As diretrizes não são padrões nem critérios legalmente vinculantes, elas são projetadas para oferecer orientação na redução dos impactos da poluição do ar sobre a saúde (nota do orientador).

devem ser levados em consideração quando disponíveis, uma vez que as respostas da população à poluição do ar podem variar devido a diferenças na saúde da população, características do estilo de vida, padrões de exposição e misturas de poluentes. A intenção é que estas recomendações sirvam de subsídio aos gestores ambientais de cada país, proporcionando a definição e alcance de objetivos de gestão da qualidade do ar para uma maior proteção à saúde. (WHO, 2005)

A última atualização das recomendações da OMS, de 2005, considerou os seguintes poluentes atmosféricos: MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂, NO₂ e O₃. Além dos valores-guia, a OMS também recomenda a adoção de valores intermediários temporários (IT1, IT2 e IT3) para o material particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}), O₃ e SO₂, com o intuito de viabilizar o atendimento progressivo dos valores-guia pelos países, conforme suas especificidades. No que diz respeito ao MP (MP₁₀ e MP_{2,5}) e O₃, na revisão de 2005, as pesquisas indicaram não ser possível dizer que o atendimento às recomendações da OMS garante proteção completa, ou seja, não existem limiares abaixo dos quais não ocorram efeitos adversos (Santana et al., 2012). Na **Tabela 03** estão indicadas as diretrizes da OMS para cada poluente considerado.

Tabela 03: Diretrizes da OMS.

Diretrizes da OMS					
Poluente	Tempo de Amostragem	IT1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	IT2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	IT3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valor recomendado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP ₁₀	24 horas	150	100	75	50
	MAA*	70	50	30	20
MP _{2,5}	24 horas	75	50	37.5	25
	MAA*	35	25	15	10
SO ₂	10 min	–	–	–	500
	24 horas	125	50	–	20
NO ₂	1 hora	–	–	–	200
	MAA*	–	–	–	40
O ₃	8 horas	160	–	–	100

Fonte: Adaptado de WHO (2005).

*MAA: Média Aritmética Anual

Comparando a **Tabela 01 (Padrões Nacionais de Qualidade do Ar)** com a **Tabela 03 (Diretrizes da OMS)** é possível observar a discrepância entre os valores previstos pelos padrões CONAMA nº 03/90 e as diretrizes da OMS. Essa discrepância se deve

principalmente ao fato que os padrões CONAMA foram estabelecidos com base no conhecimento da época. Já as diretrizes da OMS, revisadas em 2005, refletem o conhecimento acumulado nos diversos estudos científicos mais recentes, que indicam que os efeitos deletérios dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana são percebidos em concentrações muito menores que aquelas previstas anteriormente (IEMA, 2010).

Buscando compatibilizar os padrões de qualidade do ar nacionais com as recomendações da OMS, algumas ações nacionais voltadas para este fim surgiram, como a atualização dos padrões da qualidade do ar nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo em 2013 por metas intermediárias e progressivas até se atingir as diretrizes da OMS, porém sem apresentar prazos para o cumprimento das etapas (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2015). Também está em vias de aprovação uma proposta de revisão para a Resolução CONAMA nº 03/90, que visa atualizar os padrões da qualidade do ar, tomando como base as diretrizes da OMS.

3.4.1.1. Decreto Estadual nº 44072/2013 – Rio de Janeiro

De acordo com o Decreto nº 44.072 de 18/02/2013 que regulamenta os padrões de qualidade do ar no estado do Rio de Janeiro, tendo por base padrões nacionais e as diretrizes e recomendações da OMS, a aplicação dos padrões da qualidade do ar se dará por meio de metas intermediárias (MI) e padrões finais (PF). Segundo o Decreto:

- ♦ Metas Intermediárias (MI) são valores temporários a serem cumpridos e assumidos como padrão, em até 3 (três) etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar, baseados na busca pela redução gradual das emissões de fontes fixas e móveis;
- ♦ Padrões Finais (PF) são valores de concentração de poluentes para a qualidade do ar, indicados para a proteção do ser humano ou de receptores no ambiente em relação aos possíveis danos causados pelos poluentes atmosféricos.

As Metas Intermediárias deverão ser cumpridas em 3 (três) etapas:

- ♦ Etapa 1 - valores de concentração para os 4 (quatro) primeiros anos, a contar da fixação dos valores previstos no parágrafo único do artigo 2º deste Decreto;

- ♦ Etapa 2 - valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à Etapa 1, cujo prazo será progressivamente fixado com base nas avaliações periodicamente realizadas;
- ♦ Etapa 3 - valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à Etapa 2, cujo prazo será progressivamente fixado pelo CONEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente) com base nas avaliações periodicamente realizadas.

De acordo com o Art. 2º - Parágrafo Único - Os valores das Metas Intermediárias e Padrões Finais serão fixados por Decreto, após proposta do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONEMA, no período máximo de 1 (um) ano, a contar da data de publicação deste Decreto, tendo por base a Minuta elaborada pelo INEA, no qual obrigatoriamente:

I - serão revisados os Padrões de Qualidade do Ar, previstos pela Resolução CONAMA 03/90, para poluentes como Monóxido de Carbono (CO), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI), Ozônio (O₃), Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e Dióxido de Enxofre (SO₂);

II - serão incorporados Padrões de Qualidade do Ar para os poluentes Benzeno e MP_{2,5};

III - poderão ser estabelecidos parâmetros auxiliares para poluentes tais como Fumaça, Chumbo (Pb) em material particulado e outros;

Até o presente momento, o estado do Rio de Janeiro adota como Padrões de Qualidade do Ar os valores de concentrações de poluentes estabelecidos pela CONAMA nº 03/90 até que sejam fixados os valores de concentração pelo Decreto, o que teoricamente deveria ter acontecido em fevereiro de 2014 segundo o Art. 2º - Parágrafo Único do Decreto.

Outro ponto relevante é que a proposta das Metas Intermediários e dos Padrões Finais foi encaminhada ao CONEMA para a análise e aprovação em dezembro de 2013. No momento da apresentação à Plenária a proposta foi requisitada pela SEA (Secretaria de Estado do Ambiente) para reavaliação, não sendo mais devolvida até a presente data. Com isso, o Decreto não foi cumprido, visto que o prazo de um ano já foi ultrapassado (comunicação Luiz Maia, conselheiro do CONEMA, representante do Fórum de Reitores do Rio de Janeiro).

3.4.1.2. Decreto Estadual nº 59.113/2013 – São Paulo

No caso de São Paulo, o processo de revisão dos PQA se deu a partir da publicação do Decreto Estadual nº 59.113/2013, em 23 de abril de 2013, estabelecendo novos padrões de qualidade do ar por intermédio de um conjunto de metas gradativas e progressivas para que a poluição atmosférica seja reduzida a níveis desejáveis ao longo do tempo (KAWANO, 2018). Esse Decreto preconiza que a administração da qualidade do ar no estado será efetuada por meio de Metas Intermediárias e Padrões Finais, assim como no Rio de Janeiro. Os padrões finais (PF) do decreto correspondem às recomendações da Organização Mundial da Saúde.

Destaca-se, de acordo com este decreto, que o PTS, CO e o Pb apresentam somente padrões finais, sem etapas intermediárias. O monitoramento desses poluentes e da Fumaça se dá apenas em áreas específicas a critério da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Para os demais poluentes, os padrões finais passam a valer a partir do final do prazo de duração da última meta intermediária (CETESB, 2018b). Vale ressaltar que os padrões vigentes em São Paulo correspondem à primeira meta intermediária (MI1).

A Legislação Estadual de São Paulo é mais rigorosa em comparação com a Legislação Federal, em relação aos níveis de qualidade para o ozônio. Para os demais parâmetros os critérios de atenção, alerta e emergência são os mesmos (LAGE, 2016).

3.4.1.3. Decreto Estadual nº 3463-R de 2013 – Espírito Santo

Com relação ao estado do Espírito Santo, Decreto Estadual nº 3463-R de 16 de dezembro de 2013 estabeleceu padrões mais restritivos, além de incluir outros poluentes não preconizados pela CONAMA nº 03/90. Desta forma o Espírito Santo é um dos estados brasileiros com maiores restrições quanto aos padrões de qualidade do ar (Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2018).

Assim como no Rio de Janeiro e em São Paulo, o Espírito Santo adotou uma estratégia de Metas Intermediárias (MI) e Padrões Finais (PF). Foram criadas três MI que levam ao gradual atendimento do PF, estabelecido com base nas diretrizes da OMS. Adicionalmente, foram incluídos, além dos poluentes já previstos pela CONAMA

nº 03/90 (com exceção da fumaça), o MP_{2,5} e a PS (Poeira Sedimentada ⁷). Os níveis de qualidade do ar estabelecidos pela CONAMA nº 03/90 - atenção, alerta e emergência também estão previstos neste Decreto.

3.4.1.4. Revisão da CONAMA nº 03/90

Em agosto de 2013, foi criado o Grupo de Trabalho (GT) do CONAMA, que visa a atualização dos padrões nacionais de qualidade do ar (KAWANO, 2018). Este GT foi instituído pela CTQAGR (Câmara Técnica de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos) e tem como principal função levantar informação técnica para subsidiar a avaliação da proposta normativa de revisão dos PQA. Antes da proposta ser encaminhada ao Plenário do CONAMA para deliberação, a Câmara Técnica de Assuntos Jurídicos analisa sua legalidade e constitucionalidade. (SANTANA et al. 2012).

Em agosto de 2018 o GT encaminhou a Câmara Técnica de Assuntos Jurídicos a proposta de revisão da Resolução CONAMA nº 03/90. No entanto, antes da apreciação por parte dessa Câmara Técnica o MPF (Ministério Pùblico Federal) submeteu um recurso hierárquico que motivou o reingresso do processo ao mesmo para avaliação. Atualmente a proposta encontra-se em avaliação aguardando o pronunciamento do MPF.

⁷ Essas partículas, de acordo com Conti et al. (2009), incluem majoritariamente frações de materiais que variaram de 5 a 100 μm , mas incluem também partículas menores que 5 μm que, quando ressuspensas, podem ocasionar efeitos à saúde humana. Além do incômodo, as partículas podem ainda se depositar sobre a vegetação, os materiais, edificações e monumentos podendo ocasionar modificação das propriedades óticas das folhas e a consequente diminuição da atividade fotossintética das plantas, a descoloração e a decomposição de materiais de construção, entre outros efeitos (HU et al., 2006 apud Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2014).

3.4.2.Comparação dos Padrões da Qualidade do Ar no Brasil com Padrões Estrangeiros.

Os EUA (Estados Unidos da América) e países membros da UE (União Europeia) adotam padrões mais rigorosos em paralelo aos recomendados pela OMS (SILVA e VIEIRA, 2017). Sendo assim, esse item visa comparar os padrões de qualidade vigentes a nível nacional com os padrões americanos e europeus a fim de analisar as discrepâncias existentes entre eles.

A EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), em inglês, United States Environmental Protection Agency, fundada em 1970, é o órgão ambiental dos EUA encarregado de proteger a qualidade do meio ambiente e a saúde humana. (EPA, 2014b). A EPA tem como referência a lei federal americana intitulada CAA (Clean Air Act), de 1963, criada para proteger e melhorar a qualidade do ar no país, tendo em vista a promoção da saúde (EPA, 2018c). Atualmente, a legislação federal dos EUA estabelece padrões de qualidade do ar para: CO, NO₂, SO₂, O₃, MP₁₀, MP_{2,5}, e Pb, (SANTANA et al., 2012).

Já no caso da UE, a EEA (Agência Europeia do Meio Ambiente), em inglês, European Environment Agency, é o órgão ambiental responsável pelos padrões da qualidade do ar desde 1994 (VORMITTAG et al., 2014). Os poluentes monitorados são aqueles contemplados pelas leis europeias e nacionais: CO, NO₂, SO₂, O₃, MP₁₀, MP_{2,5}, Pb, Benzeno, As (Arsênio), Cd (Cádmio), Ni (Níquel) e HC's (Hidrocarbonetos) (EUROPEAN COMISSION, 2014). A seguir, segue a **Tabela 04** que compara os padrões estabelecidos pelo CONAMA nº 03/90 com aqueles adotados nos EUA e UE.

Tabela 04: Referências para a qualidade do ar da OMS, EUA, EU e Brasil.

Poluente	Tempo de Amostragem	OMS Valor Recomendado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EUA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		UE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Brasil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			Padrão Primário	Padrão Secundário		Padrão Primário	Padrão Secundário
PTS	24 horas	-	-	-	-	240	150
	1 ano	-	-	-	-	80	60
MP _{2,5}	24 horas	50	35		-	-	-
	1 ano	20	15	12	25	-	-
MP ₁₀	24 horas	50	150		50	150	
	1 ano	20	-	-	40	50	
Fumaça	24 horas	-	-	-	-	150	100
	1 ano	-	-	-	-	60	40
S ₀₂	24 horas	20	-	-	125	365	100
	10 minutos	500	-	-	-	-	-
	1 hora	-	150	-	350	-	-
	3 horas	-	-	1.000	-	-	-
	1 ano	-	-	-	-	80	40
NO ₂	1 hora	200	190	-	200	320	190
	1 ano	40	100		40	100	100
CO	1 hora	-	40.000	-	-	40.000	
	8 horas	10.000	10.000	-	10.000	10.000	
O ₃	1 hora	-	-	-	-	160	
	8 horas	100	150		120	-	-

Fonte: ATMA (2018)

Comparando os padrões brasileiros, americanos e europeus observa-se que os padrões europeus, em geral, demonstram uma maior preocupação com os principais poluentes monitorados e seus efeitos à saúde e ao meio, apresentando padrões de qualidade do ar mais rigorosos do que os brasileiros e os americanos. Além disso, apresentam uma maior variedade de poluentes contemplados pela legislação, como o Benzeno, Pb, As Cd, Ni e HC's, que não foram analisados na **Tabela 04**.

Apesar de algumas similaridades existentes com outros países, o Brasil é o único que ainda mantém limites para PTS e fumaça na atmosfera. Além disso, a CONAMA nº03/90 não inclui padrões para as concentrações de MP_{2,5}, como ocorre nos demais

países. Este ponto mostra-se preocupante devido às características deste poluente, de tamanho reduzido, composição diversificada e capacidade de acessar as vias aéreas inferiores.

A carência atual de padrões nacionais mais rigorosos consiste em um sério problema de saúde pública para a sociedade e espera-se que a revisão da legislação vigente de poluição do ar reduza a defasagem nacional com relação aos padrões internacionais e às diretrizes da OMS.

3.4.3. Índice da Qualidade do Ar (IQA)

Esse índice é uma ferramenta que tem como objetivo principal proporcionar uma melhor compreensão e facilitar a divulgação sobre a qualidade do ar local, especialmente ao público leigo, em relação aos poluentes cujos padrões estão estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/90 (INEA, 2016). A estrutura do índice de qualidade do ar contempla os parâmetros utilizados como indicadores de qualidade do ar: PTS; fumaça; MP10; SO₂, CO, O₃ e NO₂. Para cada concentração de poluente medido é calculado um valor índice e correlacionado com uma qualificação do ar, que é uma espécie de nota, classificada em boa, regular, inadequada, má e péssima. (LIMA et al., 2012).

Essa “nota” diz respeito a um valor adimensional calculado por uma equação que relaciona a concentração do poluente com o valor do índice, indicando então os níveis de poluição, como estes influenciam na qualidade do ar e na saúde da população (INEA, 2016). A equação utilizada para o cálculo do IQA é a seguinte:

Equação 1: Cálculo do IQA

$$\text{Índice} = \text{Índice}_{inicial} + \left(\frac{\text{Índice}_{final} - \text{Índice}_{inicial}}{\text{Conc}_{final} - \text{Conc}_{inicial}} \right) \times (\text{Conc}_{medida} - \text{Conc}_{inicial})$$

Em que:

- ♦ Índice – índice de qualidade do ar desejado;
- ♦ Índice inicial – valor do índice correspondente à Conc. inicial;
- ♦ Índice final – valor do índice correspondente à Conc. final;
- ♦ Conc. medida – concentração medida;
- ♦ Conc. inicial - concentração inicial da faixa onde encontra-se a concentração medida;
- ♦ Conc. final – concentração final da faixa onde encontra-se a concentração medida.

Tendo conhecimento do valor adimensional do índice, pode-se determinar a qualidade do ar correspondente a esse índice para cada poluente atmosférico monitorado. Apesar da Resolução CONAMA nº 03/90 indicar um elenco de poluentes, o presente trabalho considerou somente aqueles que apresentavam dados disponíveis de monitoramento divulgados pelos órgãos ambientais competentes, conforme mostra o

Quadro 03:

Quadro 03: Índice de qualidade do ar.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80
Regular	51 - 100	50 - 150	80 - 160	4,5 - 9	100 - 320	80 - 365
Inadequada	101 - 199	150 - 250	160 - 200	9 - 15	320 - 1130	365 - 800
Má	200 - 299	250 - 420	200 - 800	15 - 30	1130 - 2260	800 - 1600
Péssima	>299	>420	>800	>30	>2260	>1600

Fonte: INEA (2016) e CETESB (2018c).

É importante observar que o INEA utiliza essas cinco categorias de qualificação do ar, porém a EPA e a CETESB utilizam uma categoria a mais, após a “péssima” que seria a “crítica”. Segundo Braga et al. (2001), as categorias podem ser assim explicadas:

- ◆ Boa (0 - 50): quando as concentrações de todos os poluentes estão abaixo de 50% de seus padrões de qualidade;
- ◆ Regular (51 - 100): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes atinge o seu padrão de qualidade;
- ◆ Inadequada (101 - 199): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre o seu padrão de qualidade e os níveis de atenção;
- ◆ Má (200 - 299): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre os seus níveis de atenção e de alerta;
- ◆ Péssima (300 - 399): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre os seus níveis de alerta e de emergência;
- ◆ Crítica (maior que 400): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está acima do seu nível de emergência.

Ressalta-se que, no caso do INEA, a categoria “péssima” seria a última e a sua faixa do IQA e corresponde a >299.

Para efeito de divulgação, a qualidade do ar de uma dada estação é definida pelo poluente que apresentar a maior concentração relativa, logo a pior classificação da qualidade do ar entre os poluentes monitorados por uma estação é quem determina o seu status. (OLIVEIRA, 2008). A qualificação do ar está associada com efeitos sobre a saúde humana, sendo que, conforme for classificada a qualidade do ar na estação, efeitos específicos à saúde humana são associados a essa classificação, como pode ser visto no **Quadro 04**.

Quadro 04: Efeitos sobre a saúde humana relacionado ao Índice de qualidade do ar.

Qualidade	Índice	Significado
Boa	0 - 50	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51 - 100	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	101 - 199	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 - 299	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 doenças respiratórias e cardíacas).
Péssima	>299	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: Adaptado de INEA (2016) e CETESB (2018c).

Destaca-se, por fim, que a sociedade possui o direito de obter a informação sobre a poluição atmosférica – a Lei N.º 10.650/2003 dispõe sobre o dever do Estado de disponibilizar dados referentes à qualidade do ambiente. De acordo com Instituto de Saúde de Sustentabilidade (2015):

Os órgãos ambientais devem se comprometer a divulgar os dados de qualidade do ar, sua implicação em saúde e sua gravidade dentro dos atuais e melhores conhecimentos, em mídia acessível e televisiva de modo que os interessados ou afetados pela poluição tenham conhecimento sobre o ambiente em que vivem, tenham a oportunidade de participação ativa e a possibilidade de se proteger e requerer seu direito à saúde em um ambiente ecologicamente

equilibrado, bem como também adotar atitudes individuais fundamentais em colaboração ao problema e à sua comunidade.

No entanto, o que se tem observado é que a informação qualitativa relacionada à qualidade do ar não atinge de forma eficaz a população. Dessa maneira, o objetivo principal do IQA, que é ajudar o cidadão entender o que a qualidade do ar local significa para sua saúde, não está sendo efetivamente cumprido. A transparência nos dados fornecidos, a divulgação de forma fácil e compreensível e a ausência de uma disseminação apropriada e eficaz dessas informações para a população são as dificuldades básicas a serem enfrentadas.

3.5. Monitoramento da Qualidade do Ar

Monitoramento ambiental é o processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, visando identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo (variações temporais). Além disso, as variáveis sociais, econômicas e institucionais devem ser incluídas em qualquer tipo de monitoramento ambiental, por exercerem influências sobre o meio ambiente. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

De acordo com Cavalcanti (2010), o monitoramento da qualidade do ar pode ser realizado para se atingir diversos objetivos, tais como:

- a) conhecer a qualidade do ar de uma dada região;
- b) viabilizar a elaboração de diagnóstico e/ou prognóstico da qualidade do ar, subsidiando ações no que diz respeito ao controle das emissões;
- c) identificar os aspectos meteorológicos da região e sua interação com a qualidade do ar;
- d) testar e aferir os modelos de dispersão a serem aplicados na região;
- e) acompanhar sistematicamente a qualidade do ar, comparando os resultados obtidos com os limites preconizados como padrões na legislação em vigor;
- f) avaliar a implementação dos programas de gestão da qualidade do ar em áreas degradadas e não degradadas;
- g) indicar a eficácia das estratégias de controle implantadas;
- h) fomentar projetos e pesquisas com vistas à saúde e melhoria da qualidade de vida da população.

Basicamente, a finalidade de todo sistema de monitoramento é gerar informação, a fim de garantir níveis seguros de poluentes na atmosfera. As concentrações de poluentes do ar legislados são registradas por uma estação de monitoramento da qualidade do ar em um determinado período de tempo e, através dos resultados obtidos, os Órgãos Ambientais podem determinar ações prioritárias e de controle visando a proteção da saúde da população e evitando impactos da poluição atmosférica ao meio ambiente

Os programas de monitoramento da qualidade do ar, de acordo com Rosa e Suzuki (2000), estão condicionados a uma série de fatores, dentre os quais se destacam as características desejadas para os dados gerados (quantidade, qualidade, tipo de equipamentos empregados, período de análise etc.), os recursos disponíveis (financeiros, pessoal, equipamentos), as prescrições legais (locais, regionais, estaduais, federais, internacionais); as tecnologias disponíveis, e a conjuntura socioeconômica e ambiental. Em qualquer programa de monitoramento, algum desses fatores poderá ser o fator restritivo fundamental, sendo a disponibilidade de recursos a principal restrição que normalmente determina a extensão do programa de monitoramento.

É importante ressaltar que a meteorologia tem um papel fundamental na implantação de programas de monitoramento. É necessário se obter dados meteorológicos para a avaliação da dispersão de poluentes e da área de influência de fontes de emissão por meio de modelagens matemáticas⁸. Essas ferramentas computacionais permitem o maior detalhamento espacial da região de estudo, normalmente limitado pelo alto custo da espacialização da rede de monitoramento da qualidade do ar.

Após a implantação da rede de monitoramento, vale ressaltar que alguns parâmetros meteorológicos têm seu monitoramento realizado nas estações de monitoramento da qualidade do ar, tais como vento, temperatura e umidade. Embora tais informações meteorológicas sejam úteis, na maioria dos casos, as informações meteorológicas baseadas unicamente nas medições realizadas em estações de monitoramento da qualidade do ar não são suficientes para entendimento dos processos meteorológicos

⁸ Os Modelos de Qualidade do Ar (MQAr) são ferramentas complementares ao monitoramento ambiental e uma alternativa de baixo valor econômico, para a estimativa dos impactos adversos causados pelas emissões gasosas sobre os ecossistemas a partir do cálculo dos níveis de concentração de poluentes e a sua comparação com os Padrões de Qualidade do Ar. (EEA, 2011 apud SILVA; PIMENTEL, 2017). O HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) configura um modelo matemático de transporte e dispersão atmosférica bastante utilizado na comunidade das ciências atmosféricas. Uma de suas aplicações mais comuns é uma análise da trajetória do poluente para determinar sua origem e estabelecer relações entre a fonte de emissões e o receptor.

relacionados à dispersão dos poluentes. Assim, é muitas vezes necessária a separação física das redes de meteorologia e qualidade do ar (LACAVA, 2003).

Por fim, os dados gerados nas estações de monitoramento são analisados, validados, compilados e divulgados para a população pelo órgão ambiental em boletins de qualidade do ar, através, principalmente, da Internet (ROSA; SUZUKI, 2000). Um bom exemplo dessa aplicação é feito pela CETESB, todavia, a continuidade da publicação dessas informações muitas vezes não é considerada uma prioridade para os órgãos ambientais, que acabam divulgando a informação de forma defasada e tardia. Ressalta-se que a divulgação e a transparência dessas informações são fundamentais para dar visibilidade aos problemas de poluição atmosférica, além de ser um direito garantido pela legislação brasileira, como será visto no **item 3.5.1** a seguir.

3.5.1. Legislação sobre o Monitoramento no Brasil

No Brasil, a gestão da qualidade do ar nasceu a partir da PNMA (Política Nacional do Meio Ambiente) que têm sido continuamente normatizadas por meio de Resoluções do CONAMA. Na PNMA, editada pela Lei nº 6.938/1981, o monitoramento da qualidade do ar é colocado como:

Instrumento de acompanhamento do estado da qualidade ambiental (art. 2º, VIII), de avaliação dos impactos da poluição atmosférica (art. 9º, III) e de ação indispensável à obrigatória prestação, pelo Poder Público, de informação relativa ao meio ambiente (art. 9º, XI).

O Decreto nº 99.274/1990, que regulamenta a PNMA, acrescenta a importância do monitoramento particularmente nas áreas críticas de poluição (art. 1º, V) e também como ferramenta de identificação e informação a respeito da existência de áreas degradadas ou ameaçadas de degradação (art. 1º, VI).

As Resoluções CONAMA que tratam especificamente do monitoramento da poluição do ar são: a Resolução nº 05/89, que instituiu o PRONAR (Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar); a Resolução nº 18/86, que instituiu o PROCONVE (Programa de Controle do Ar por Veículos Automotores) e a Resolução nº 03/90, que definiu os padrões de qualidade do ar. Em 2002, de forma complementar ao PROCONVE, surgiu o PROMOT (Programa de Controle da Poluição do Ar por

Motociclos e Veículos Similares), a fim de contribuir para a redução da poluição por fontes móveis.

Para conhecer e acompanhar os níveis de qualidade do ar no país, como forma de avaliação do PRONAR, definiu-se a estratégia da criação de uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar, sem um prazo específico (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2014a). Além disso, a Resolução CONAMA nº 03/90 foi o primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR, estabelecendo, além dos padrões de qualidade do ar, a responsabilidade dos estados para o monitoramento do ar nos seus respectivos territórios. Desse modo, o monitoramento da qualidade do ar em âmbito estadual é necessário para que se cumpram os marcos legais estabelecidos.

Além das Resoluções CONAMA citadas, tem-se em vista a Lei nº 10.650/2003 que dispõe sobre o acesso público aos dados e informações ambientais existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama (BRASIL, 2003). Em seu Art. 8º exige que os órgãos ambientais competentes integrantes do Sisnama disponibilizem, anualmente, os relatórios de qualidade do ar. Esse mesmo direito foi reforçado com a Lei nº 12.527/2011 que demanda, dos órgãos públicos, a disponibilização das informações de interesse coletivo por eles produzidas, sendo obrigatória sua divulgação em sítios oficiais da internet (art. 8º, § 2º) (BRASIL, 2011). Assim, as informações ambientais devem ser divulgadas e noticiadas à sociedade de forma clara e acessível.

3.5.2. Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil

O Brasil possui 27 (vinte e sete) unidades federativas, 26 (vinte e seis) estados e o Distrito Federal, subdivididas em cinco regiões. Com relação à rede de monitoramento nacional, parte das unidades federativas não implementaram o monitoramento da qualidade do ar em seus territórios ou o realizam de forma incompleta, com prejuízo, minimamente, do monitoramento da qualidade do ar no país, do combate à poluição do ar, da saúde dos brasileiros e da divulgação da informação à sociedade (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2014a).

Os dados referentes à qualidade do ar no país são obtidos através de 252 (duzentos e cinquenta e duas) estações de monitoramento. A Região Sudeste é a mais populosa do país e apresenta o maior número de estações de monitoramento da qualidade do

ar, representando 78% dos municípios monitorados no país e 76% das estações do país. As regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste do país apresentam enorme carência no acompanhamento da qualidade do ar nos seus domínios. (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2014a).

A seguir, na **Tabela 05**, observa-se a presença de monitoramento de qualidade do ar em apenas 40% das unidades federativas (11/27), abrangendo 10 (dez) estados e o Distrito Federal. Além disso, nota-se que na região Norte do país não há monitoramento.

Tabela 05: Monitoramento da qualidade do ar nas diferentes regiões do Brasil.

	Sem monitoramento da qualidade do ar	Com monitoramento da qualidade do ar
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	Goiás, Mato Grosso e Distrito Federal
Nordeste	Alagoas, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte	Bahia, Sergipe
Norte	Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins	
Sudeste		Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo
Sul	Santa Catarina	Paraná, Rio Grande do Sul

Fonte: INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE (2014a).

A respeito das informações contidas na **Tabela 05**, vale ressaltar que houve um estudo realizado na mesma época da pesquisa do Instituto Saúde e Sustentabilidade (Fonte da **Tabela 05**) que considerou que os estados de Goiás e Mato Grosso não apresentam monitoramento da qualidade do ar. Este estudo é intitulado "Primeiro Diagnóstico da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar do Brasil" e foi elaborado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente, sendo publicado alguns dias antes da divulgação da pesquisa do Instituto Saúde e Sustentabilidade (2014a). O fato desses dois estados brasileiros não serem incluídos pode ter relação com a metodologia utilizada na pesquisa do Instituto de Energia e Meio Ambiente.

No monitoramento da qualidade do ar existem algumas fragilidades que resultam em dificuldade, e mesmo impossibilidade, de consolidação de séries históricas de dados, e, consequentemente de compreensão do comportamento espaço-temporal dos poluentes. O diagnóstico das redes estaduais de monitoramento realizado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (2014) aponta algumas delas:

- Nem sempre o monitoramento de todos os parâmetros regulados no país se dá em todas as redes, que são bastante heterogêneas em sua composição.
- O caráter de descontinuidade das atividades também é preocupante. Nesse quesito, pode-se observar interrupções tanto na operação de redes como um todo, quanto na de estações específicas.
- Um indicador da eficiência na gestão de redes monitoras é a representatividade das medidas feitas ao longo de sua operação. O conjunto de informações levantadas não permite dizer que a maioria delas gera informações suficientes para um adequado diagnóstico sobre a concentração dos poluentes presentes no ar.

Além de inviabilizar a comparação com padrões de qualidade do ar, essas fragilidades também impedem o estabelecimento de correlações confiáveis de causa e efeito, por exemplo, entre a presença de contaminantes e impactos à saúde humana em uma determinada área ou evento específico. (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

O fato de não haver um monitoramento padronizado que englobe todos os poluentes atmosféricos legislados, associado ao número de estações restrito para o monitoramento de qualidade do ar, faz com que a situação da rede de monitoramento brasileira seja precária. Dentre as causas disso estão dificuldades gerenciais e o baixo número de técnicos envolvidos, assim como a falta de recursos para a aquisição de equipamentos e para a manutenção das redes.

Dois fatores principais contribuem para explicar o alto custo para os equipamentos – a inexistência quase total de produtos nacionais e a carga tributária elevada sobre eles (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014). O índice de nacionalização de componentes de equipamentos de monitoramento de qualidade do ar ainda é muito

baixo e contempla, basicamente, amostradores semiautomáticos de material particulado.

Esses são indicadores de que o monitoramento da qualidade do ar pode não estar entre as prioridades de gestão ambiental em um país cada vez mais urbanizado, sendo pouco representativo, principalmente quando comparado com a realidade de países desenvolvidos. Por conta disso, deve-se estimular maior investimento na área da qualidade do ar e que os avanços nos conhecimentos sobre os poluentes atmosféricos sejam implementados na rede de monitoramento nacional. Além disso, deve haver uma articulação maior entre os órgãos ambientais estaduais e o Governo Federal, na perspectiva de atribuir ao monitoramento da qualidade do ar maior relevância na agenda ambiental brasileira.

3.5.3. Rede de Monitoramento na cidade no Rio de Janeiro

O município do Rio de Janeiro possui uma população de aproximadamente 6,3 milhões de habitantes, sendo o segundo município mais populoso do Brasil. (IBGE, 2010). O primeiro estudo visando ao diagnóstico de qualidade do ar por uma rede de monitoramento para a cidade do Rio de Janeiro foi promovido em 1996, pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC (SMAC, 2012). A Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, através do Laboratório de Estudos em Poluição do Ar (LEPA) do departamento de Meteorologia – IGEO/CCMN, desenvolveu o projeto da rede municipal, considerando informações existentes na ocasião acerca de fontes fixas de emissão, sistema viário, contribuições de municípios vizinhos e resultados de campanhas experimentais realizadas por meio de tubos passivos.

O sistema atual de monitoramento da poluição do ar na cidade do Rio de Janeiro é executado pelo INEA e pela SECONSERMA (antiga SMAC), atuando em áreas consideradas prioritárias por apresentarem episódios críticos em termos de poluição do ar. Este sistema conta com 8 (oito) estações automáticas da SECONSERMA (**Figura 01**) e 13 (treze) estações fixas automáticas de monitoramento da qualidade do ar, pertencentes ao INEA e 2 (duas) estações automáticas privadas. Além disso, existem no município 23 (vinte e três) estações semiautomáticas⁹ do INEA (INEA, 2018a), conforme **Figura 02**.

⁹ A rede automática gera continuamente dados horários em tempo real. Na rede semiautomática as estações realizam medições durante 24 horas a cada 6 dias (INEA, 2013).

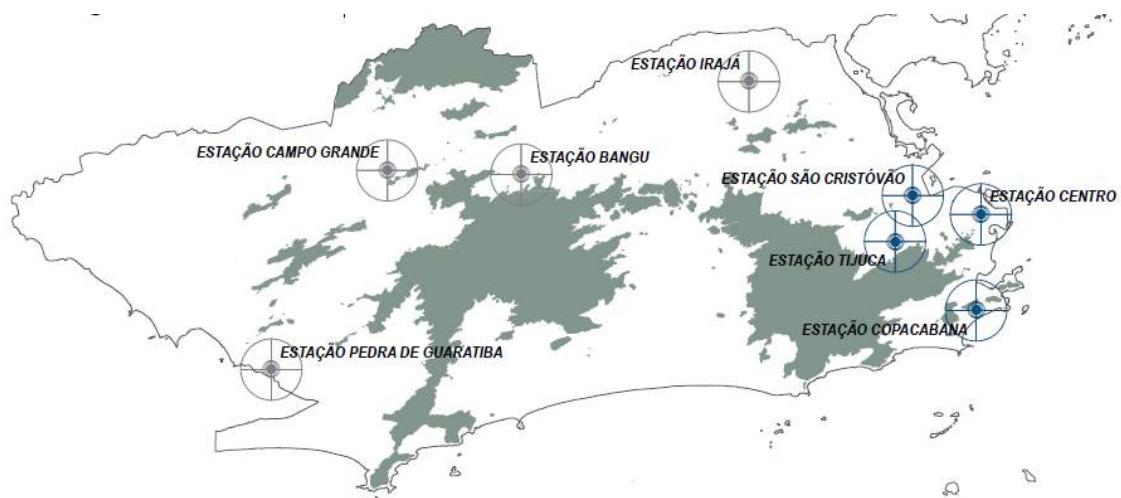


Figura 01: Localização das estações fixas da rede de monitoramento da qualidade do ar do Programa MonitorAr-Rio (SECONSERMA).

Fonte: SMAC (2012).

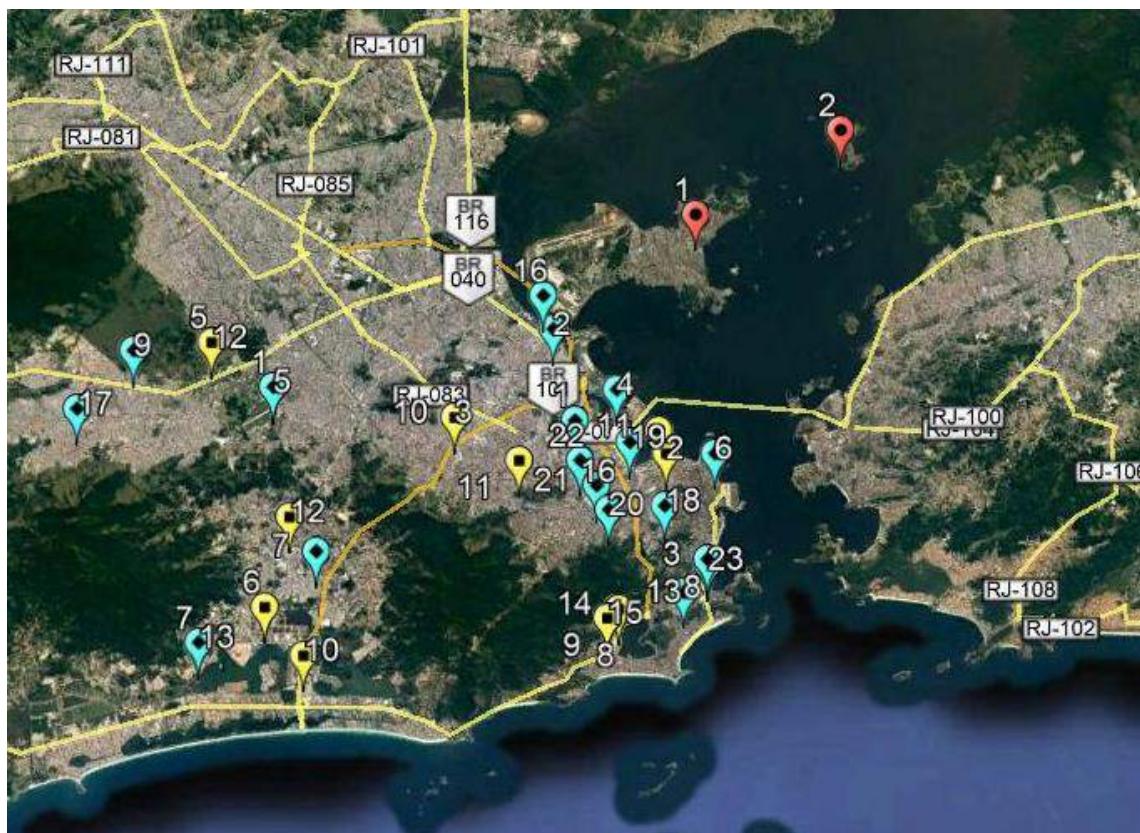


Figura 02: Localização das estações da rede de monitoramento da qualidade do ar do INEA.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do site do INEA (INEA, 2018a).

Legenda Figura 02:

Estações Automáticas do INEA			
1 - Campo dos Afonsos	5 - Gericinó	9 – Leblon	13 - Urca
2 - Centro	6 - Jacarepaguá	10 – Lourenço Jorge	
3 - Engenhão	7 - Lab. Inea	11 – São Conrado	
4 - Gamboa	8 - Lagoa	12 - Taquara	
Estações Privadas Automáticas do INEA			
1 – Ilha do Governador		2 – Ilha de Paquetá	
Estações Semiautomáticas do INEA			
1 - Benfica	8 - Copacabana	15 - Leblon	22 - UERJ
2 - Bonsucesso	9 – Creche de Bangu	16 – Piscinão de	23 - Urca
3 - Botafogo	10 - Engenhão	17 - Realengo	
4 - Cajú	11 - Gamboa	18 – Santa Tereza	
5 – Campo dos Afonsos	12 - Gericinó	19 – São Cristóvão	
6 - Castelo	13 – Lab. Inea	20 – Sumaré	
7 – Cidade de Deus	14 - Lagoa	21 - Tijuca	

Nestes casos em que há estações públicas e privadas, parte da rede é operada e mantida pelo próprio órgão e a outra é assumida pelas empresas que exercem atividades ou têm empreendimentos potencialmente poluidores licenciados no Estado. Em geral, estas empresas fazem-no por conta de condicionantes das licenças ambientais ou por termos de ajustamento de conduta (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

Nestes sistemas mistos cabe às empresas a aquisição dos equipamentos e peças de reposição, a operação e a manutenção das redes, e o envio dos dados, via rede telemétrica¹⁰, para os órgãos ambientais. A estes cabe definir os parâmetros a serem monitorados e locais onde as empresas devem instalar os equipamentos, e a elaboração e divulgação de boletins diários e relatórios periódicos de qualidade do ar. Também é responsabilidade dos órgãos ambientais realizar auditorias sistemáticas para avaliar as redes privadas. O Rio de Janeiro, porém, está caminhando para um modelo de terceirização da operação e manutenção da sua rede. (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014)

¹⁰ A origem da palavra telemetria vem de termos gregos como tele, que significa longe ou remoto, e metron, que relaciona-se a medida, e de forma sucinta pode ser definida como uma técnica de obtenção de dados a distância, com a transferência de dados coletados para o monitoramento, medição e controle (VISSOTTO JUNIOR, 2004). Teixeira, Oliveira e Heleno (2014) informam que com o avanço tecnológico, a telemetria passou a ser empregada como forma de medição à distância em diversas áreas, sendo que é instalada em locais de difícil acesso, possibilitando o monitoramento constante destes sistemas em outro local, possuindo diferentes necessidades de distância e banda de transmissão.

Na região sudeste o Rio de Janeiro é o único Estado que dispõe de gerência privada de parte do monitoramento. A grande vantagem disso é a economia de recursos financeiros e humanos no que tange aos equipamentos de medição e operação/manutenção dos mesmos, pois estes investimentos ficariam a cargo do empreendedor. Porém, essa metodologia é destinada normalmente às fontes fixas de poluição, uma vez que o monitoramento ocorre na área de influência dos empreendimentos. Em cidades com grande frota veicular é preciso que haja estações em locais estratégicos para avaliação da poluição de fontes móveis, de modo que os dados do monitoramento sejam representativos. Além disso, há uma questão ética, isenta de conflitos de interesse, que se refere aos diferentes objetivos de uma gestão pública, ambientais e sociais, e o da gestão privada, ambientais normativos e econômicos. (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2014a)

3.5.4. Métodos de Monitoramento

O uso de equipamentos de monitoramento e métodos apropriados permite medir a concentração de poluentes e determinar se as metas estabelecidas pela legislação estão sendo cumpridas. Existe uma grande quantidade de métodos para o monitoramento de qualidade do ar. Os três principais métodos são: amostradores do tipo passivo, amostradores do tipo ativo e analisadores automáticos. Há, ainda, outros métodos que utilizam sensores remotos e sistemas bioindicadores. A escolha por um destes se dá em função dos objetivos pretendidos e principalmente pelos recursos disponíveis (PORFÍRIO, 2008).

Quanto mais se aproxima a medição dos valores em tempo real, mais caros serão os equipamentos necessários (UNEP WHO, 1994 apud Porfírio, 2008), devido a maior sensibilidade requerida, a quantidade de dados que serão armazenados e processados e as diferentes metodologias utilizadas para quantificar esses dados. A seguir, serão dispostas algumas características desses tipos de equipamentos.

- **Amostradores passivos**

Os métodos passivos normalmente apresentam baixo custo, não produzem ruídos, são portáteis e geralmente não precisam de energia elétrica para o funcionamento. Como limitações, tem-se a necessidade da presença de um técnico e as medições são realizadas em baixas frequências, normalmente em uma semana ou em um mês. (SILVA; PIMENTEL, 2017). Por sua simplicidade e baixo custo, pode-se instalar um

número significativo de amostradores passivos e se obter uma importante informação sobre a distribuição espacial e geográfica do poluente. Devido ao tempo de coleta ser normalmente longo, esta técnica não é apropriada para informar picos de concentrações horárias ou diárias e sim concentrações médias dos poluentes. (UNEP WHO, 1994 apud PORFÍRIO, 2008).

Em uma rede de amostragem, os amostradores passivos podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto com outros tipos de amostradores, como analisadores automáticos. Existem amostradores passivos desenvolvidos ou em desenvolvimento para a maioria dos poluentes urbanos gasosos prioritários, entre eles: NO₂, SO₂, NH₃ (amônia), COVs e O₃ (LACAVA, 2003). Silva e Pimentel (2017) destacam que os métodos passivos não têm valor legal, uma vez que não são regulamentados pela legislação brasileira. Apesar disto, estes monitores são aplicados para se definir a localização de estações de monitoramento ou em pesquisas.

O processo de funcionamento dos tubos amostradores é realizado por meio da difusão molecular do gás durante um período de tempo previamente definido, a partir da região de concentração mais alta, na extremidade aberta, para a região de “A” em um gás “B” descrito pela Lei de Fick, em que o fluxo do gás é proporcional ao gradiente da concentração (LACAVA, 2003):

Equação 2: Lei de Fick

$$J = D_{AB} \frac{dC}{DZ}$$

J = fluxo do gás A no gás B através de uma determinada área, na direção Z (µg/m²s)

C = concentração do gás A no gás B (µg/m³)

Z = comprimento do tubo (m)

D_{AB} = coeficiente de difusão molecular do gás A no gás B (m²/s)

Estes dispositivos coletam um contaminante específico por meio de sua absorção em um substrato químico selecionado. Após sua exposição por um período de tempo apropriado, que varia desde algumas horas até um mês, a amostra regressa ao laboratório, onde se realiza uma análise quantitativa do poluente (PORFÍRIO, 2008). Os amostradores passivos não necessitam do uso de bombas ou outro tipo de equipamento de succão que force o movimento de um volume de ar através deles. Esses dispositivos são compostos por um tubo, ou, num formato mais chato, como um

disco ou *bottom* com uma extremidade aberta protegida por uma membrana ou algo equivalente, e outra fechada funcionando como meio absorvedor do poluente gasoso a ser monitorado, conforme ilustrado na **Figura 03**.

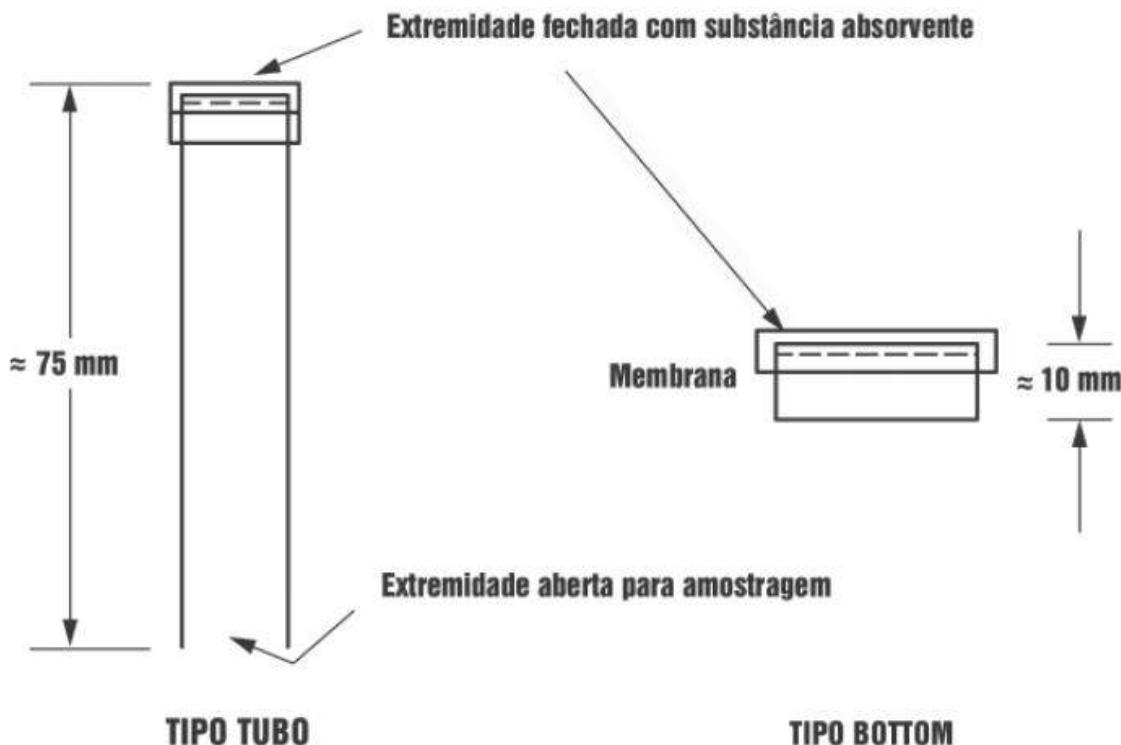


Figura 03: Tipos de amostradores passivos.

Fonte: UNEP-WHO (1994) apud. PORFÍRIO (2008).

Entre os amostradores passivos devem-se diferenciar os que especificamente são utilizados em pontos fixos de coleta, para monitorar a qualidade do ar, especialmente para estudos de ampla cobertura espacial; e os de uso pessoal, onde uma pessoa pode portá-lo por um período de tempo. Este último é utilizado principalmente para estudos epidemiológicos; onde se pode, por exemplo, determinar a exposição pessoal durante uma jornada de trabalho de 8 (oito) horas a um determinado contaminante (PORFÍRIO, 2008).

- **Amostradores ativos**

Os equipamentos utilizados em amostradores ativos compreendem um sistema de bombeamento que force uma corrente de ar, com fluxo conhecido e controlado, a passar por um sistema de coleta que pode conter um meio físico ou químico, para que esta seja coletada ou para separar da corrente de ar os contaminantes que se

desejam medir. As coletas podem ser realizadas succionando o ar e aprisionando-o em bolsas de plástico, em depósitos de vidro ou de metal, ou por meio de absorção, adsorção, filtração, difusão, reação ou pela combinação de qualquer destes processos. As amostras coletadas deverão ser em seguida analisadas em laboratório para determinar a concentração do contaminante de interesse (PORFÍRIO, 2008).

O volume de ar que se utiliza para a amostra é superior ao dos sistemas passivos, por esta razão a sensibilidade do método é maior, podendo-se obter médias horárias ou diárias de concentração do poluente. Estes sistemas são mais complexos e têm custos de instalação, manutenção e operação mais elevados em relação ao sistema passivo (UNEP WHO, 1994 apud PORFÍRIO, 2008). O uso de amostradores ativos foi amplamente difundido, e as séries históricas de dados obtidos por estes métodos permitiram a caracterização espacial e as tendências da poluição em muitos países (LACAVA, 2003).

Os amostradores ativos mais utilizados são para medir SO₂ e MP, embora existam muitos métodos utilizados também para medir NO₂, O₃ e Pb (LACAVA, 2003). Podem ser considerados amostradores ativos de MP os amostradores de grande volume (high-vol), médio volume (medium-vol) e pequeno volume (low-vol), os quais variam basicamente em termos de volume de ar amostrado, e não em tamanho da partícula (LISBOA e KAWANO, 2007). Os amostradores ativos mais utilizados atualmente são os borbulhadores acidimétricos, os métodos de filtração para PST e os métodos gravimétricos de altos volumes (High Vol) (PORFÍRIO, 2008).

- **Analisaadores automáticos**

Analisaadores automáticos exigem uma significativa estrutura operacional, sendo normalmente utilizados quando há necessidade de monitoramento por períodos longos (acima de cinco anos) e/ou quando os dados necessários de qualidade do ar exigem medidas de alta resolução temporal (LACAVA, 2003), normalmente médias de 30 (trinta) ou 60 (sessenta) minutos, que possuem alto grau de precisão. Estes analisaadores funcionam continuamente produzindo grande quantidade de dados. Necessitam de computadores exclusivamente dedicados para posterior processamento e análise. (LISBOA e KAWANO, 2007).

Esses sistemas automáticos utilizam alguma propriedade física ou química do agente contaminante que pode ser detectado e quantificado em forma contínua, geralmente

por métodos óptico-eletrônicos (UNEP WHO, 1994 apud PORFÍRIO, 2008). A amostra de ar entra em uma câmara de reação onde a propriedade ótica do gás pode ser medida diretamente, ou uma reação química ocorre produzindo quimiluminescência ou luz fluorescente. Um detector de luz produz um sinal elétrico que é proporcional à concentração do poluente que está sendo medida (LACAVA, 2003).

Estes equipamentos tendem a ser mais suscetíveis a problemas técnicos, se comparados aos amostradores passivos e ativos, quando não estão envolvidos em programas de manutenção adequados e com pessoal técnico qualificado. Além disso, há a necessidade de métodos mais sofisticados de asseguramento do controle de qualidade.

A rigor, os analisadores automáticos são amostradores ativos, pois “puxam” o ar para realizar a análise da concentração de poluentes, por meio de um sistema de bombeamento próprio. Entretanto, na literatura, os monitores automáticos não são referidos como amostradores ativos. Quando um texto científico cita “amostrador ativo” está, na realidade, se referindo a um analisador semiautomático.

A diferença entre um analisador automático e o semiautomático é que, no caso dos automáticos, as análises são realizadas dentro do próprio sistema do equipamento e os resultados são gerados imediatamente. Esses dados são armazenados num processador (data-logger) e há um sistema de comunicação por meio do qual esses dados são transmitidos para uma central. Já no caso dos analisadores (ou monitores) semiautomáticos, estes possuem a necessidade de um manuseio, como para a troca de filtros. O resultado não é imediato, pois necessitam de análises laboratoriais. Há uma defasagem entre o tempo de medida e o tempo da divulgação dos resultados.

- **Sensores remotos**

Os sensores remotos, apesar de ainda bastante caros e complexos, têm se tornado uma alternativa cada vez mais utilizada, principalmente pelos recursos de medição de vários poluentes com um mesmo equipamento, embora não seja usual a existência de redes de monitoramento baseadas exclusivamente em sensores remotos. Desenvolvidos mais recentemente, este tipo de monitor fornece informações de concentração de poluentes em pontos do espaço mais distantes do equipamento, por meio de técnicas de espectroscopia. Os dados são obtidos pela integração, ao longo de um caminho óptico, de uma fonte de luz e de receptor (normalmente a uma

distância maior do que 100 metros), conforme pode ser visualizado na **Figura 04** (LACAVA, 2003).

O equipamento pode trabalhar na faixa ultravioleta do espectro, como o equipamento DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy), ou próximo ao infravermelho, como o FTIR (Fourier Transform Infrared). Há ainda equipamentos mais sofisticados baseados em laser, que são usados principalmente em experimentos, ou seja, durante períodos mais curtos com objetivos específicos de monitoramento. Esse tipo de equipamento pode ser particularmente útil para avaliação das concentrações de poluentes nas proximidades de fontes emissoras e para obtenção de medidas de concentração vertical na atmosfera (LACAVA, 2003). Do ponto de vista econômico, apresentam dificuldades com a validação de seus dados, níveis de confiança e calibração. Requerendo um grande esforço especializado e cuidadoso controle de qualidade para produzir dados confiáveis (UNEP WHO, 1994 apud PORFÍRIO, 2008).

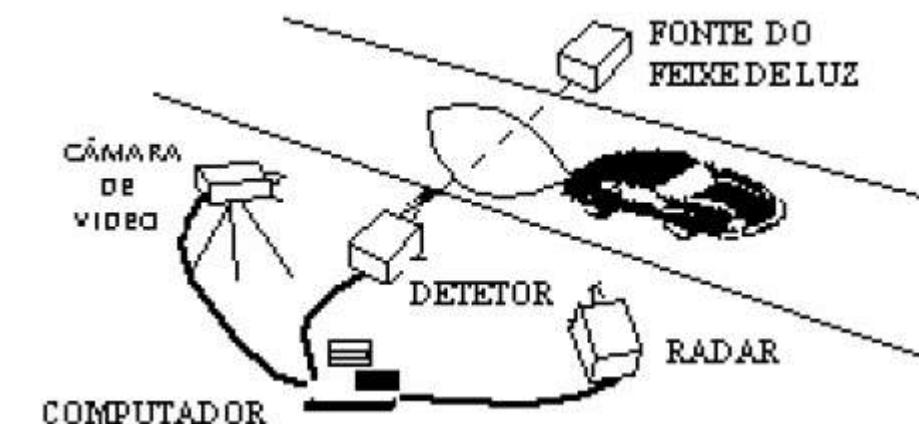


Figura 04: Sensores remotos.

Fonte: LISBOA e KAWANO (2007)

- **Bioindicadores**

Com relação ao biomonitoramento, embora seja uma técnica de baixo custo e simples para detecção da poluição do ar, ainda não se constitui como método padrão para programas de monitoramento. Entretanto, há um interesse crescente na avaliação da qualidade do ar utilizando o biomonitoramento, que é realizado por meio da análise do impacto da poluição em seres vivos, principalmente nas plantas. Tal avaliação pode ser feita baseada em vários métodos e níveis de sofisticação distintos, tais como (LACAVA, 2003):

- Usar a superfície da planta como um receptor dos poluentes atmosféricos;
- Avaliar os efeitos dos poluentes no metabolismo ou informação genética da planta;
- Avaliar o efeito dos poluentes na aparência visual da planta;
- Analisar a distribuição geográfica de determinadas plantas como indicador da qualidade do ar. Pode ser útil, por exemplo, para monitoramento em áreas onde não há dados disponíveis.

O tecido da planta normalmente é coletado e posteriormente analisado em laboratório. Apesar do desenvolvimento de guias sobre as metodologias utilizadas em bioindicadores, ainda existem problemas nos resultados no que se refere a padronização dessas técnicas. Alguns dos problemas são inerentes aos procedimentos e outros se devem a limitações aos tipos de plantas que podem ser empregadas em diferentes regiões (UNEP WHO, 1994 apud PORFÍRIO, 2008). Outras limitações podem ser, segundo Lacava (2003), a dificuldade de comparação de informações em regiões sob condições climáticas distintas e a dificuldade de mensurar os efeitos de fatores de *stress* biótico, como seca, calor, etc.

Lisboa e Kawano (2007) afirmam ser necessário um complemento ao emprego dos seres vivos, como o monitoramento da qualidade do ar. Só assim pode-se confirmar a ação poluente de um gás ou metal pesado e indicar um bioindicador específico para cada um destes poluentes. Um exemplo de aplicação dos bioindicadores ocorreu na cidade de São Paulo e em três municípios da região do Grande ABC, onde bromélias e líquens de uma espécie tolerante à poluição foram utilizados de forma sistemática para detectar a presença de metais pesados no ar. Pássaros também têm sido empregados como bioindicadores como, por exemplo, na contaminação do ar em minas de carvão (LISBOA e KAWANO, 2007).

Sendo assim, pode-se concluir que, para investigar a presença de uma substância contaminante na atmosfera, existem variadas técnicas de monitoramento do ar, cada uma com suas vantagens e desvantagens em função de seus custos de instalação e manutenção, de sua operacionalidade, quantidade de recursos humanos e grau de capacitação necessário para o mesmo (UNEP WHO, 1994). As principais vantagens e desvantagens no uso de cada um dos tipos de equipamentos são apresentadas na **Tabela 06**.

Tabela 06: Métodos para amostragem e monitoramento atmosférico

	Vantagens	Desvantagens
Amostradores Passivos	Custo muito baixo; Operação simples; Não dependem de energia elétrica; Podem ser utilizado em grande número; Úteis para mapeamento espacial da poluição.	Não podem ser usados para alguns contaminantes; Fornecem médias semanais e mensais; Requerem análises de laboratório; Resultados medidos não imediatos.
Amostradores ativos	Baixo custo; Fáceis de operar; Confiáveis em operação e funcionamento; Utilizados para montar base de dados/histórico.	Fornecem somente médias diárias e não horárias; Trabalho intensivo; Requerem análises de laboratório.
Monitores automáticos	Englobam grande variedade de poluentes; Auto funcionamento; Dados horários; Informação on-line.	Equipamentos complexos; Requerem técnicos qualificados. Altos custos periódicos de operação e manutenção.
Sensores remotos	Proporcionam padrões de resolução de dados; Medidas integradas horizontal e verticalmente na atmosfera; Úteis para medições de fontes específicas; Medições de vários poluentes; Dados integrados espacialmente.	Muito complexos e de alto custo; Difíceis de operar, calibrar e validar; Interferência das condições atmosféricas; Não são sempre comparáveis com os analisadores convencionais.
Bioindicadores	Baratos; Úteis para identificar a presença de alguns contaminantes.	Problemas com a padronização de suas metodologias e outros inerentes aos procedimentos; Alguns requerem análises de laboratório.

Fonte: Adaptado de PORFÍRIO (2008), LISBOA e KAWANO (2007) e LACAVA (2003).

3.5.4.1. Métodos de Monitoramento fixados na CONAMA nº 03/90

O monitoramento dos poluentes atmosféricos, de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA nº03/90, envolvem as seguintes metodologias específicas:

- 1) Partículas Totais em Suspensão (PTS): Amostrador de Grandes Volumes;
- 2) Partículas Inaláveis (MP₁₀): Separação Inercial/Filtração;
- 3) Fumaça: Refletância da Luz;
- 4) Dióxido de Enxofre (SO₂): Pararosanílina;
- 5) Dióxido de Nitrogênio (NO₂): Quemiluminescência;
- 6) Ozônio (O₃): Quemiluminescência;
- 7) Monóxido de Carbono (CO): Infravermelho não dispersivo.

1) Partículas Totais em Suspensão (PTS): Amostrador de Grandes Volumes

A metodologia utilizada no Brasil é a NBR 9547 – Material Particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume.

Os amostradores de grande volume são considerados amostradores semiautomáticos, sendo o mais conhecido o Hi Vol (**Figura 05**). Neste amostrador, o ar passa através de um filtro de fibra de vidro em um fluxo de cerca de 2.000 m³/dia. Os filtros são então pesados por meio de microbalanças (método gravimétrico), determinando o ganho de massa devido ao material particulado em 24 (vinte e quatro) horas de amostragem. É importante salientar que o método gravimétrico (manual) de análise exige grande tempo de trabalho em laboratório, o que torna o uso de amostradores ativos impróprio para casos em que diariamente são necessários dados, sendo então preferível o uso de equipamentos automáticos.

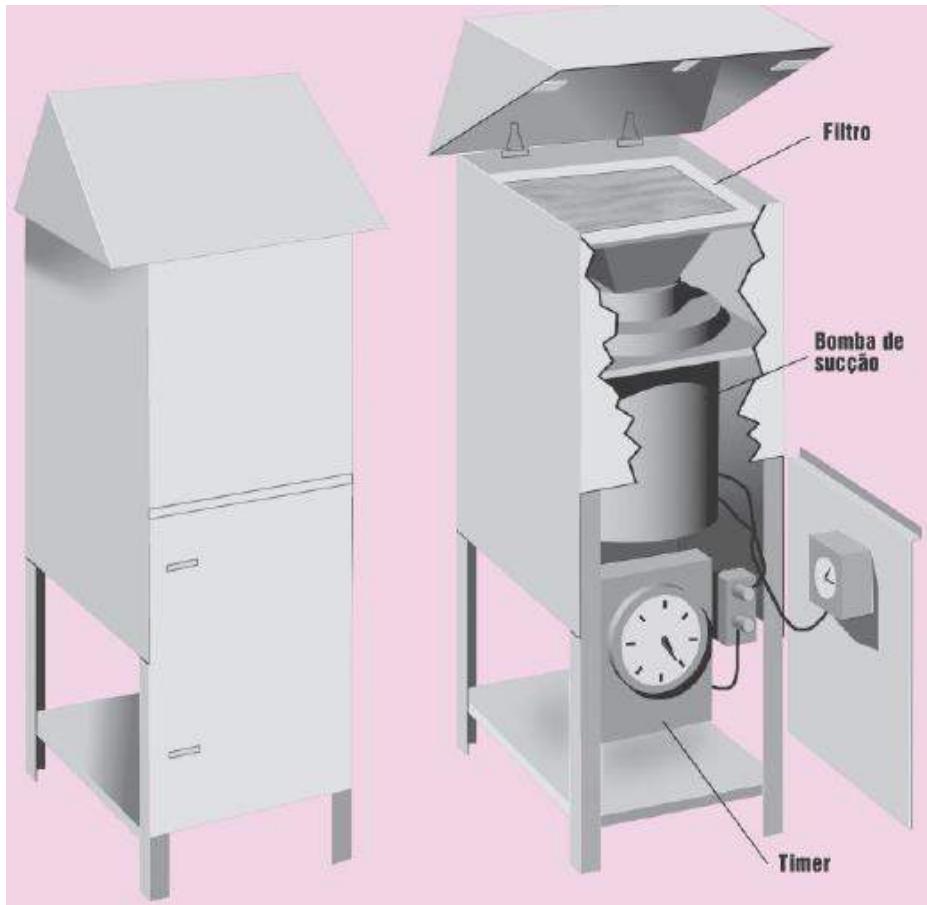


Figura 05: Amostrador ativo (ou semiautomático) de grande volume – Hi Vol.

Fonte: LACAVA (2003).

2) Partículas Inaláveis (MP₁₀): Separação Inercial/Filtração

No Brasil adota-se a norma NBR 13412: Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas (LISBOA e KAWANO, 2007).

Sendo assim, para medição de PI, assim como para PTS, também utilizam-se Amostradores de Grande Volume, mas com “cabeças” amostradoras especiais para amostragem de material particulado de diâmetros menores, como o MP₁₀ (Hi-Vol MP₁₀) - **Figura 06**.



Figura 06: Hi-Vol MP10 utilizado para coleta de MP10.

Fonte: Cortesia de MAIA (2014).

A metodologia consiste na separação, por inércia, do material particulado de tamanho superior a $10\mu\text{m}$, através de chicanas. As partículas menores, que passam por estas chicanas ficam retidas em papel filtro. O separador inercial de partículas pode ser visto na **Figura 07**.



Figura 07: Detalhe das chicanas utilizadas para separação, por inércia, do MP10.

Fonte: LISBOA e KAWANO (2007).

3) Fumaça: Refletância da Luz

O método adotado no Brasil, para avaliação de emissão de fumaça, é tratado na norma NBR 10736 – Material Particulado em suspensão na atmosfera – Determinação da concentração de fumaça pelo método da refletância da luz.

Para medições da fumaça utiliza-se um instrumento conhecido como refletômetro, formado por um sensor contendo uma lâmpada, que emite luz com intensidade invariável, e um medidor (**Figura 08**). A luz emitida pela lâmpada atinge a superfície cuja refletância queremos medir, sendo refletida e recebida por uma célula fotovoltaica especial. Esta célula gera uma tensão, cujo sinal é enviado ao sistema medidor, que o processa, linearizando-o e amplificando-o, e mostra o resultado já convertido em porcentagem de refletância num display digital. Este sinal elétrico, gerado pela luz refletida, será diretamente proporcional à refletância da superfície medida. (DIAS, 2016)



Figura 08: Refletômetro.

Fonte: DIAS (2016)

4) Dióxido de Enxofre (SO₂): Pararosanilina

Para medir a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) no ar existem, entre outros, dois métodos a saber: método da pararosanilina (NBR9546) e o método do peróxido de hidrogênio (NBR 12979).

Em ambos os métodos, para a coleta dos poluentes é utilizado um sistema de borbulhadores onde um determinado volume do ar ambiente, mediante o uso de uma bomba de vácuo, é succionado e borbulhado em solução de reagentes específicos para cada poluente por um tempo específico, normalmente de 24 (vinte e quatro) horas. Posteriormente, a amostra é então analisada em laboratório, onde é determinada a concentração do poluente. A **Figura 09** mostra o esquema de funcionamento deste sistema (LISBOA e KAWANO, 2007).



Figura 09: Configuração mínima para a amostragem de SO₂.

Fonte: LACAVA (2003).

5) Dióxido de Nitrogênio (NO₂): Quemiluminescência

Este método é baseado na energia quimioluminescente emitida na reação do NO com o O₃ em uma câmara de vácuo, gerando moléculas de NO₂: A energia luminosa gerada é convertida em sinal elétrico, que é então quantificado como concentração do poluente (LACAVA, 2003). A desvantagem na utilização da quimioluminescência está no custo dos equipamentos utilizados.

6) Monóxido de Carbono (CO): Infravermelho não dispersivo

A determinação da concentração de monóxido de carbono é realizada, no Brasil, por espectrofotometria de infravermelho não-dispersivo. Esta metodologia é regulamentada pela NBR13157: Atmosfera – Determinação da concentração de monóxido de carbono por espectrofotometria de infravermelho não-dispersivo.

Embora existam vários analisadores automáticos para monitoramento de CO na atmosfera, o princípio mais utilizado é baseado na absorção de radiação infravermelha em comprimentos de onda na faixa de 4,5 a 4,9 µm (LACAVA, 2003). Essa tecnologia utiliza um emissor infravermelho de banda larga, que cobre todos os comprimentos de onda para medição de um determinado conjunto de gases. Filtros ópticos passa-banda permitem a passagem de comprimentos de onda que podem ser absorvidos por esses gases. Cada filtro passa-banda é conectado a um detector infravermelho. O detector produz um sinal que é proporcional à energia infravermelha absorvida pelo gás de interesse. Este sinal é processado eletronicamente e gera informações como concentração de gás, representadas nas unidades adequadas (LUMA SENSE TECHNOLOGIES, 2018).

Como não só o CO, mas também muitas outras moléculas heteroatómicas vão absorver radiação infravermelha, foram desenvolvidas várias soluções para suprimir os efeitos cruzados da presença de outras moléculas, na sensibilidade, instabilidade e deriva, de modo a obter sistemas de monitorização em contínuo com propriedades aceitáveis (LRA, 2010).

7) Ozônio (O₃): Quemiluminescencia

A monitoração do ozônio é realizada com analisadores fotométricos de Ultravioleta, valendo-se da propriedade do ozônio em absorver o comprimento de onda de 254nm. Os padrões estabelecem médias expressas em termos de concentrações médias em uma ou oito horas, o que requer um equipamento com resposta rápida e monitoração contínua (DOURADO, 2005).

Por fim, é importante ressaltar que a Resolução CONAMA nº 03/90 em seu Art. 3º parágrafo § 2º estabelece que: *“Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.”*

A US EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) elabora uma Lista de Métodos Equivalentes de Referência (https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/amtic_list_dec_2017_update_1-20-2018_0.pdf) para a medição de concentrações de poluentes do ar específicos. Todos os equipamentos utilizados para fins de monitoramento atmosférico devem ser certificados pela US EPA. No município do Rio de Janeiro, todos os equipamentos de monitoramento da qualidade do ar, empregados pela SECONSERMA e pelo INEA, são certificados pela US EPA. A seguir, na **Tabela 07**, seguem os métodos utilizados na rede automática e semiautomática do município, tendo em vista os parâmetros da qualidade do ar estudados no presente trabalho.

Tabela 7: Métodos de detecção dos parâmetros de qualidade do ar para estações automáticas e semiautomáticas de monitoramento do município do Rio de Janeiro

Rede	Parâmetro	Método
Automática	Partículas inaláveis - MP ₁₀	Absorção de raios beta
	Dióxido de enxofre – SO ₂	Fluorescência de pulso (ultravioleta)
	Óxidos de nitrogênio – NO ₂	Quimiluminescência
	Monóxido de carbono - CO	Infravermelho não dispersivo
	Ozônio – O ₃	Fotometria de ultravioleta
Semiautomática	Partículas inaláveis - MP ₁₀	Amostrador de grandes volumes

Fonte: Adaptado de INEA (2016)

3.5.5. Aplicações dos Resultados do Monitoramento

Os resultados obtidos a partir do monitoramento da qualidade do ar representam uma ferramenta fundamental para gestão da qualidade do ar, apresentando diversas aplicabilidades, principalmente em estudos científicos relacionados aos efeitos da poluição do ar na saúde humana. Estudos relacionados aos efeitos prejudiciais da poluição do ar em estruturas e materiais, na fauna e na flora também têm bastante relevância. Além disso, os dados gerados pelo monitoramento da qualidade do ar podem ser utilizados para o gerenciamento de situações de emergência e o desenvolvimento de programas visando o controle e a redução de emissões

atmosféricas. Dessa forma, serão tratados, a seguir, alguns exemplos relacionados às aplicabilidades do monitoramento da qualidade do ar.

A “Operação Inverno” implementada pela CETESB e o “Programa Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos – VIGIAR”, do Ministério da Saúde, constituem bons exemplos de aplicações do monitoramento atmosférico no âmbito de ações de prevenção, controle e mitigação dos efeitos da poluição do ar. A “Operação Inverno” começou em 1976 e ocorre durante o inverno, período em que as condições climáticas tornam-se desfavoráveis à dispersão dos poluentes, visando proteger a saúde da população contra os agravos causados por episódios agudos de poluição do ar. Dentre suas ações de campanhas de conscientização, destacam-se as inspeções de veículos com opacímetros¹¹ e orientações aos motoristas para a correta manutenção de seus veículos. Também foi intensificada a fiscalização de fumaça preta em todo o Estado de São Paulo.

Com relação ao programa VIGIAR, suas principais ações são identificar e priorizar os municípios de risco de exposição humana a poluentes atmosféricos e identificar os efeitos agudos e crônicos para a caracterização da situação de saúde, desenvolvendo de ações de vigilância em saúde da população exposta e subsidiando a elaboração de políticas públicas relacionadas ao tema. Para a atuação dessa vigilância, são utilizados indicadores tais como a concentração de poluentes ambientais, a densidade de veículos e taxas de internação por conta de doenças respiratórias, que fornecem informações ao Instrumento de Identificação de Municípios de Risco (IIMR)¹² e a estratégia de Unidade Sentinela¹³ como principais ferramentas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Considerando a ação de poluentes do ar em estruturas e materiais, o dano causado pela poluição do ar nesses casos é uma preocupação séria e pode ser visto em termos de descoloração, perda de material, falha estrutural e sujeira. Os poluentes

¹¹ Instrumento óptico que mede a quantidade de fumaça emitida por um veículo movido a diesel. Quanto mais fumaça, maior é o valor da opacidade medida. É bem mais rigoroso que a Escala de Ringelmann. (CETESB, 2018d).

¹² O IIMR tem como objetivo nortear na construção de parâmetros para a hierarquização de municípios com maior probabilidade de impacto da poluição atmosférica na saúde humana. Visa contribuir para o desenvolvimento de ações de vigilância e atenção integral à saúde da população exposta por meio da produção de informações após análise dos dados ambientais e de saúde inseridos (MINISTÉRIO DA. SAÚDE, 2018).

¹³ As “Unidades Sentinela” são unidades físicas e grupos de trabalho criados para realizar avaliação epidemiológica, ou seja, exercer uma vigilância epidemiológica intensificada. Consistem em uma resposta em escala amostral de uma dada realidade, permitindo a coleta de informações com sensibilidade para monitorar um certo universo de fenômenos relacionados à poluição do ar (MINISTÉRIO DA. SAÚDE, 2014)

atmosféricos deterioram os materiais de cinco maneiras: abrasão, deposição e remoção, ataque químico direto e indireto e corrosão (RAO; RAJASEKHAR; RAO, 2014). Tidblad et al. (2012) monitoraram as concentrações de SO_2 , NO_2 , O_3 e HNO_3 e a suas correlações com as tendências de corrosão em estruturas no período de 1987–2009. Outros estudos sobre esse tema foram realizados ao longo dos anos, como os de: Winkler (1970), Baer e Banks (1985), Webb et al. (1992), Oesch e Faller (1997), Tzanis et al. (2011), Kusmierenk e Chrzeszczanska (2015), dentre outros.

No caso dos impactos na fauna e a flora, alguns estudos também foram elaborados tendo como base no monitoramento de concentrações de poluentes atmosféricos. A respeito da flora tem-se, por exemplo: Middleton, Kendrick e Schwalm (1950), Treshow e Anderson (1989), Emberson, Ashmore e Murray (2003). Em referência à fauna, apresenta-se os seguintes estudos: Lillie (1972), Newman (1979), Gurgueira et al. (2002).

Com relação a estudos científicos relacionados aos efeitos da poluição do ar na saúde humana, que representam a principal aplicabilidade dos dados de monitoramento da qualidade do ar, podem-se citar muitos exemplos, nacionais e internacionais. Estes inúmeros estudos comprovam que a saúde da população é diretamente influenciada pela qualidade do ar que respira, e se torna cada vez mais vulnerável à medida que os compostos poluentes considerados nocivos à saúde ultrapassam os limites máximos toleráveis admitidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), dependendo do tempo de exposição da população àqueles compostos. Alguns exemplos desses estudos estão dispostos a seguir:

- ◆ O Instituto Saúde e Sustentabilidade (2013, 2014b) avaliou dados de poluição do ar dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, de 2006 a 2012. As médias anuais de $\text{MP}_{2,5}$ de ambos os estados se situaram sempre acima do padrão da OMS em todos os anos analisados. Em relação à mortalidade atribuível à poluição, em São Paulo, para todos os anos do estudo, obteve-se 99.084 mortes e, no Rio de Janeiro, contabilizou-se 36.194 mortes. Os gastos públicos e privados de internações por doenças cardiovasculares, pulmonares e câncer de pulmão, em 2011, totalizam R\$ 246 milhões em São Paulo.
- ◆ Bell e colaboradores (2006), citados por BRASIL (2016), mostraram que se houvesse redução de 10% de poluentes entre 2000 e 2020, na cidade de São

Paulo, acarretaria redução de 114 mil mortes, 138 mil visitas de crianças e jovens a consultórios, 103 mil visitas a prontos-socorros por doenças respiratórias, 817 mil ataques de asma, 50 mil casos de bronquite aguda e crônica e evitaria sete milhões de dias restritivos de atividades e 2,5 milhões dias de absenteísmo em trabalho.

- ♦ MASCARENHAS et al. (2008) avaliaram o número de atendimentos de emergência por doenças respiratórias na cidade do Rio Branco – Brasil no período em que ocorre a queima de biomassa florestal, emitindo altas concentrações de MP_{2,5} para o ambiente. Essas concentrações excederam durante 23 dias as qualidades do ar recomendadas, superando os parâmetros da OMS em até nove vezes. Houve um aumento dos atendimentos por asma principalmente em crianças menores de 10 anos.
- ♦ Em Atlanta, em 1996, durante as Olímpiadas ocorreu a redução de 22% do trânsito e causou um impacto significativo na emissão de poluentes atmosféricos, havendo uma queda do pico diário dos níveis de ozônio de 28%, levando a uma diminuição dos casos de asma em crianças de cerca de 40% (FRIEDMAN et al., 2001).
- ♦ Castro et al. (2009) analisaram a associação entre exposição diária à poluição do ar e a função respiratória de 118 escolares da rede pública do Rio de Janeiro, residentes até 2 km do local do estudo. Dados sobre características das crianças foram obtidos por questionário. Exames diários foram realizados para medir a função respiratória. Dados diários dos níveis de MP₁₀, SO₂, O₃, NO₂ e CO, temperatura e umidade foram fornecidos por um monitor móvel. Observou-se que, mesmo dentro de níveis aceitáveis na maior parte do período, a poluição do ar esteve associada à diminuição da função respiratória.

Sendo assim, as questões relativas à qualidade do ar têm se tornado cada vez mais importantes, uma vez que vários problemas de saúde decorrem da poluição do ar, dentre eles: asmas, renites, ardor nos olhos, cansaço, tosse seca, doenças cardiovasculares e pulmonares, insuficiência cardíaca, etc (MONTE et al., 2016). Além dos autores citados, outros autores como Dockery et al. (1993), Pope et al. (1995), Conceição et al. (2001), Brunekreef e Holgate (2002), Maynard (2004), Farhat et al. (2005), Curtis et al. (2006), Lepeule et al. (2012), Carey et al. (2013) entre outros,

também demonstraram a relação entre os poluentes clássicos e os problemas de saúde.

Estima-se que até 2050, se nenhuma medida de combate à poluição for tomada, a principal *causa mortis*, com exceção de doenças crônicas não evitáveis, estará relacionada a complicações cardiorrespiratórias devidas à má qualidade do ar pelos poluentes material particulado (MP) e ozônio (O₃), superando as mortes por malária, poluição *indoor*, consumo de água insalubre e falta de saneamento básico (OECD, 2012 apud INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2014)

Neste sentido, estudos correlacionando os poluentes atmosféricos com impactos sobre a saúde são extremamente importantes, pois servem como instrumentos de informação baseada em evidências à sociedade civil, fomentando o conhecimento da população sobre a problemática da poluição do ar e seu engajamento nessa causa. Adicionalmente, esses estudos podem auxiliar na atualização de políticas públicas que visem controlar a emissão desses poluentes e seus consequentes prejuízos à saúde humana, levando a consequente diminuição dos gastos públicos em saúde.

3.6. Percepção Pública da Qualidade do Ar

Trigueiro (2003) conceitua a percepção ambiental como a tomada de consciência do ambiente pelo homem, ou seja, perceber o ambiente que se está localizado, aprendendo a proteger e cuidar dele da melhor forma possível. Conhecer como os indivíduos percebem o ambiente em que vivem, suas fontes de satisfação e insatisfação, tendo a educação como processo chave das percepções e atitudes pode contribuir para uma melhoria ambiental generalizada (FREITAS; RIBEIRO, 2007). Segundo Fernandes et al. (2004), a educação e percepção ambiental despertam uma maior responsabilidade e respeito dos indivíduos em relação ao ambiente em que vivem.

O uso de questionários como principal metodologia dos estudos de percepção pública é muito comum. Pendleton, Martin & Webster (2001) utilizaram um questionário para investigar as opiniões de 400 residentes de Los Angeles em relação à qualidade da água e do ar. Além disso, em pesquisa no Nordeste da Inglaterra, os pesquisadores realizaram uma pesquisa em cinco bairros para estudar a relação entre poluição do ar e saúde pública, devido à alta população desses bairros. Nesses casos, o uso de questionários facilitou a coleta e a análise de dados sobre as informações pessoais

dos participantes e suas opiniões (Howel et al., 2003). A seguir estão dispostos outros estudos relacionados à percepção ambiental e a aplicação de questionários como metodologia de pesquisa.

- ♦ Com o propósito de se avaliar o nível de conhecimento dos problemas ambientais na Faculdade UNIVIX, da Região da Grande Vitória, aplicou-se um questionário a 2.500 alunos e 160 professores. Como resultados tem-se que: 41,2% dos alunos e 13,5 % dos professores não sabiam da existência da rede de monitoramento de poluição do ar da região e a maioria também não sabia dos resultados obtidos por essa rede. A maioria dos respondentes acreditava que os níveis de poluição observados podem estar afetando a saúde da população (FERNANDES et al, 2004).
- ♦ Questionários foram coletados de 744 moradores do Vale de São Joaquim para examinar as opiniões do público sobre a qualidade do ar. Os resultados sugerem que os participantes expostos a concentrações elevadas de MP_{2,5} perceberam que a poluição do ar é de pior qualidade. A qualidade do ar no vale foi percebida principalmente como moderada ou insalubre para grupos sensíveis. Os participantes viram carros e caminhões, poeira levada pelo vento e fábricas como os principais contribuintes para a poluição do ar na área (CISNEROS et al., 2017).
- ♦ Um questionário foi enviado a 55 áreas urbanas na Suécia com questões sobre a exposição à poluição do ar e as reações de incômodo na população em geral. Neste estudo, os habitantes das cidades afirmaram que a qualidade do ar estava ruim em concentrações bem abaixo das diretrizes atuais para a poluição do ar externo. Isso sugere que os estudos de questionário têm um lugar no monitoramento da qualidade do ar (FORSBERG; STJERNBERG; WALL, 1997).

Diversos estudos também exploraram a associação entre as percepções dos entrevistados e suas características individuais, como descendência, gênero, idade etc. Também se observou diferenças na percepção ambiental de indivíduos com níveis de escolaridades e socioeconômicos diferentes, como nos estudos de Brown et al. (2016), Egondi et al. (2013) e Liao et al. (2015). O conhecimento das percepções das pessoas reflete as dimensões sociais e as circunstâncias em que elas vivem.

Como se pode notar, a pesquisa de percepção ambiental é um tema muito atual e de grande importância, que possibilita determinar as necessidades de uma população e propor melhorias com maior entendimento dos problemas e, consequentemente, com mais eficiência na solução dos mesmos (PALMA, 2005). Se esta informação for aplicada corretamente, ela pode melhorar e desenvolver políticas e programas mais apropriados para diminuir as concentrações de poluentes no ar e os impactos negativos associados, como pôde ser visto nos estudos de Elliott et al. (1999) e Yan (2016).

Pode-se concluir que o estudo da percepção da qualidade do ar pode desempenhar um papel relevante na elaboração de políticas públicas e complementar de forma mais eficiente as ações de monitoramento atmosférico. Dar visibilidade aos problemas de poluição atmosférica permite que os diversos atores da sociedade, e não apenas os tomadores de decisão, se mobilizem pela melhoria da qualidade do ar ou pela prevenção de seus efeitos (MCLAREN; WILLIAMS, 2015 apud BRASIL, 2016). Dessa forma, devem-se ampliar as estratégias de comunicação e interação entre tomadores de decisão e a população sobre os efeitos da poluição sobre a saúde (BRASIL, 2016).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município do Rio de Janeiro se destaca no conjunto dos que constituem a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) por ser a região que contém a maior concentração urbana industrial (CUNHA, 2011). Limita-se ao Norte pelos municípios de Itaguaí, Nova Iguaçu, Nilópolis, São João de Meriti e Duque de Caxias. Ao Sul é limitado pelo Oceano Atlântico; a Leste pela Baía de Guanabara; e a Oeste pela Baía de Sepetiba (RUSSO, 2010).

Sua área territorial é de 1.255 km², representando cerca de 3% da área total do Estado, onde residem 6.320.446 habitantes, o que corresponde a 40% do total do Estado do Rio de Janeiro (ERJ). A área mais populosa do município e com maior densidade demográfica é a Zona Norte, com 87 bairros e 42% da população do município, como pode ser visto na **Tabela 08**.

Tabela 08: População residente, área total e densidade demográfica do município do Rio de Janeiro

	População	Área (km ²)	Densidade Demográfica (hab/km ²)
ERJ	15.989.929	43.780	365
Rio de Janeiro	6.320.446	1.225	5.161
Centro e Zona Sul	1.303.785	133	9.794
Zona Norte	2.645.526	260	10.185
Zona Oeste	2.371.135	832	2.851

Fonte: SEBRAE/RJ (2015).

A Zona Oeste apresenta a segunda maior população e a menor densidade demográfica, já que sua área territorial é extensa. Nela estão os três bairros mais populosos da cidade: Campo Grande (328.370 habitantes), Bangu (244.728 habitantes) e Santa Cruz (217.333 habitantes). A densidade demográfica do Centro e Zona Sul é de 9.794 habitantes/km², bem próxima da Zona Norte (SEBRAE/RJ, 2015).

A cidade do Rio de Janeiro apresenta uma intensa radiação solar durante todo o ano, sendo muito maior no verão, posicionando-se numa região de interação entre os sistemas polares e intertropicais. Seu sítio urbano é bastante complexo, caracterizado por um relevo montanhoso, representado pelos maciços litorâneos (Tijuca, Pedra Branca e Gericinó), algumas serras, morros isolados e ilhas; e as zonas das amplas baixadas (Guanabara, Jacarepaguá e Sepetiba). Este relevo cria divisores microclimáticos naturais que influenciam a ventilação e, assim, os mecanismos de transporte e dispersão dos poluentes atmosféricos (RUSSO, 2010).

Maia et al. (1990) acrescentam que, por se localizar próximo ao mar e à Baía de Guanabara, o município está sujeito ao processo de recirculação permanente entre a brisa marinha, que ocorre durante o dia, e a brisa terrestre, que ocorre à noite, influenciando no entendimento da dinâmica dos poluentes na atmosfera.

5. METODOLOGIA

5.1. Levantamento e Tratamento dos dados de monitoramento da qualidade do ar

Nessa etapa foram coletados dados do monitoramento da qualidade do ar produzidos pelos órgãos ambientais – INEA e SECONSERMA, responsáveis pela gestão da qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro, a nível estadual e municipal, respectivamente.

Para realizar o levantamento, o presente estudo considerou as informações publicadas nos websites dos próprios órgãos ambientais. A coleta de dados se deu em setembro de 2016, quando o INEA disponibilizou em seu portal de internet os dados de monitoramento da qualidade do ar, que poderiam ser baixados no formato de planilhas Excel. Os dados de monitoramento do ano de 2016 foram agrupados em planilhas e tratados, atentando-se para os Padrões de Qualidade do Ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03/90.

Um primeiro procedimento importante no tratamento dos dados foi a verificação da representatividade dos mesmos. De acordo com INEA (2018b), o tratamento de dados de séries temporais necessita a adoção de critérios de representatividade. A desconsideração desses critérios pode comprometer a interpretação dos resultados obtidos ou até mesmo a classificação da qualidade do ar de uma região. A representatividade dos dados é calculada para as médias horárias, diárias, mensais e anuais, onde cada uma delas é avaliada com base em critérios definidos. Os critérios de representatividade de dados utilizados no presente estudo foram os mesmos empregados pelo INEA, e podem ser visualizados na **Tabela 09**:

Tabela 09: Critério de validação dos dados da rede de estações automáticas.

Representatividade de dados	
Média Horária	75% das medidas válidas em 1 hora
Média Diária	75% das médias horárias válidas em 24 horas
Média Anual	75% das médias diárias/horárias válidas em 365 dias

Fonte: Adaptado de INEA (2018b).

Na condição dos poluentes apresentarem mais de um tempo de amostragem determinado pela legislação, como no caso do MP₁₀, SO₂ e do NO₂, tanto os critérios de representatividade de curto prazo (média horária e média diária) como os de longo prazo (média anual) devem ser respeitados.

Tomando o SO₂ como exemplo, este poluente possui um tempo de amostragem de 24 (vinte e quatro) horas e, também, uma média aritmética anual (MMA), segundo a CONAMA nº 03/90. Logo, é necessário checar, primeiramente, se no intervalo de 24 (vinte e quatro) horas estavam registrados no mínimo 18 (dezoito) valores de medidas de concentrações, o que equivale a 75% da quantidade de horas em um dia. Caso existam 18 (dezoito) ou mais registros de dados horários, isso significa que a amostragem dessas 24 (vinte e quatro) horas é válida. Após essa verificação, é preciso averiguar se no intervalo de 365 (trezentos e sessenta e cinco) dias, há 274 (duzentos e setenta e quatro) dias válidos. Ao final, atendidos esses critérios, pode-se considerar os dados registrados válidos para análise.

Com relação aos dados coletados do INEA, as planilhas Excel baixadas do portal de internet apresentavam dados horários de todos os poluentes monitorados. Nesta etapa, atentou-se para os tempos de monitoramento determinados pela CONAMA nº 03/90, visto que para o O₃, o NO₂ e o CO, a média das concentrações de poluentes considerada é horária, ou seja, ao longo de um dia de monitoramento devem ser gerados 24 (vinte e quatro) valores de concentrações. Por outro lado, para o SO₂ e o MP₁₀ a média é de 24 (vinte e quatro) horas, significando que apenas um valor é gerado por dia de monitoramento.

A partir disso, por conta dos valores obtidos do site do INEA serem horários e os tempos de monitoramento legislados no caso do MP₁₀ e SO₂ serem de 24 (vinte e quatro) horas, realizou-se um tratamento adicional para os dados relativos a esses dois poluentes, considerando a média aritmética dos valores horários para cada intervalo de 24 (vinte e quatro) horas. Desse modo, obteve-se um único valor correspondente a cada dia do ano de 2016 nas estações do INEA que monitoravam esses poluentes (MP₁₀ e SO₂).

Já no caso da SECONSERMA, as concentrações dos poluentes monitorados são divulgadas diariamente por meio de um boletim diário do MonitorAr-Rio, conforme o exemplo do **Quadro 05**. O Boletim de Qualidade do Ar é elaborado com dados das últimas 24 (vinte e quatro) horas, das 16:00 horas do dia anterior às 15:00 horas do dia

atual e são compilados os dados das maiores concentrações obtidas nesse período. Todas as concentrações dos poluentes monitorados desde janeiro de 2016 a dezembro de 2016 foram coletadas e reunidas em uma planilha Excel, exceto os dados referentes às Unidades Móveis.

Quadro 05: Boletim de Qualidade do Ar do dia 24/08/2018 15:00h.

Estação	Concentração Máxima Poluentes Monitorados					Índice de Qualidade do Ar (IQA)	Classificação
	Dióxido de Enxofre (SO ₂) [µg/m ³](3)	Monóxido de Carbono (CO) [ppm](2)	Material Particulado (MP ₁₀) [µg/m ³](3)	Ozônio (O ₃) [µg/m ³](1)	Dióxido de Nitrogênio (NO ₂) [µg/m ³](1)		
Centro	NM	0,6	38,8	46,1	NM	39	Boa
Copacabana	4,7	0,2	61,8	41,5	NM	56	Regular
São Cristóvão	17,3	0,5	37,1	68,4	NM	43	Boa
Tijuca	6,9	0,6	40,0	60,4	93,5	47	Boa
Irajá	20,1	0,6	68,8	123,9	117,8	78	Regular
Bangu	9,0	0,9	79,8	143,1	117,8	89	Regular
Campo Grande	10,7	0,8	59,6	108,7	95,0	68	Regular
Pedra de Guaratiba	NM	NM	68,1	128,5	NM	81	Regular
Unidade Móvel Santa Cruz	ND	0,2	80,0	86,6	NM	65	Regular

Fonte: SECONSERMA, 2018

(1) Média máxima de 1h

ND – Não disponível

(2) Média máxima de 8h

NM – Não Monitorado pela estação

(3) Média de 24h

(4) IQA calculado para as últimas 24h

A coluna “Classificação” do **Quadro 05** diz respeito a classificação do IQA (“Boa”, “Regular”, “Inadequada”, “Má” ou “Péssima”) relativa ao maior IQA calculado a partir das concentrações de poluentes monitorados na estação. No **Quadro 05**, por exemplo, pode-se perceber que na Estação Centro, a qualidade do ar foi considerada “Boa” a partir do cálculo do IQA considerando a concentração de MP₁₀, em negrito e sublinhada. O IQA calculado para o MP₁₀ foi o mais elevado quando comparado ao IQA calculado para os demais poluentes monitorados na estação do Centro. Entretanto, os valores de IQA calculados com base nas concentrações desses poluentes não são disponibilizados nos Boletins de Qualidade do Ar. No caso são apenas disponibilizadas as concentrações diárias máximas dos poluentes monitorados e a “pior” classificação de IQA obtida em um determinado dia na estação de monitoramento.

Sendo assim, depois de realizada a coleta de todos os dados, tanto da SECONSERMA como do INEA, foi realizada a conversão desses dados, que estavam em unidades de concentração (ppm e $\mu\text{g}/\text{m}^3$), no índice IQA (adimensional). Para tanto, se utilizou a **equação 1: Cálculo do IQA**, presente no **item 3.4.3. Índice de Qualidade do Ar**.

Conhecendo-se o valor do “Índice” calculado para cada concentração de poluente monitorado, foi possível verificar em qual faixa de valores ela se encontra do **Quadro 04 (item 3.4.3. Índice da Qualidade do Ar)** e, consequentemente, determinar qual é a sua classificação de IQA: “BOA”, “REGULAR”, “INADEQUADA”, “MÁ” ou “PÉSSIMA”. Após estabelecer o IQA dos dados de monitoramento validados, calculou-se a percentagem da frequência em que cada qualificação apareceu ao longo do ano de 2016 nas estações de monitoramento da qualidade do ar selecionadas para o presente trabalho.

5.2. Avaliação dos dados de monitoramento da qualidade do ar com base na diretriz da OMS.

Como pôde ser observado no item **3.4.1. Revisão dos Padrões de Qualidade do ar no Brasil**, a Organização Mundial da Saúde possui algumas diretrizes com relação às concentrações de poluentes do ar que refletem o conhecimento acumulado dos diversos estudos científicos mais recentes. Com a finalidade de alcançar essas diretrizes mais rígidas (valores recomendados), a OMS também recomenda a adoção de valores intermediários temporários (IT1, IT2 e IT3), encorajando melhorias graduais dos níveis de qualidade do ar e reduções dos impactos na saúde da população. O progresso em direção aos valores recomendados deve, no entanto, ser o objetivo final da gestão da qualidade do ar, além da redução dos riscos à saúde em todas as áreas.

O objetivo desta etapa foi avaliar a conformidade das concentrações de poluentes atmosféricos levantadas, validadas e tratadas, do ano de 2016, com relação ao primeiro valor intermediário estabelecido pela OMS, o IT1. Para tanto, foram utilizados os dados obtidos no item anterior (**item 5.1 Levantamento e Tratamento dos dados de monitoramento da qualidade do ar**) e determinou-se que a qualidade do ar para concentrações de poluentes acima do IT1 seria considerada “Imprópria” e, caso os valores de concentração estivessem abaixo do IT1, a qualidade do ar seria considerada “Própria”, conforme a **Tabela 10**:

Tabela 10: Classificação da Qualidade do Ar a partir da IT1

Poluente	Tempo de Amostragem	IT1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valor recomendado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Própria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Imprópria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP ₁₀	24 horas	150	50	0 - 150	>150
	MAA*	70	20	0 - 70	>70
MP _{2,5}	24 horas	75	25	0 - 75	>75
	MAA*	35	10	0 - 35	>35
SO ₂	10 min	–	500	–	–
	24 horas	125	20	0 - 125	>125
NO ₂	1 hora	–	200	0 - 200	>200
	MAA*	–	40	–	–
O ₃	8 horas	160	100	0 - 160	>160

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de WHO (2005).

*MAA: Média Aritmética Anual

Algumas particularidades a se destacar desta etapa são que:

- ♦ O MP_{2,5} não foi analisado neste estudo visto que a maioria das estações de monitoramento da qualidade do ar no município ainda não realizam o monitoramento deste poluente.
- ♦ No caso do NO₂, como este poluente não apresenta um IT1, usou-se o “Valor Recomendado” como limite das faixas de qualidade do ar “Própria” e “Imprópria” adotadas. Um motivo provável para não haver metas intermediárias divulgadas pela OMS pode ser porque esta considera o NO₂ um parâmetro relevante em termos de impacto, entendendo que já se devia partir de um valor final recomendado.
- ♦ A OMS não apresenta diretrizes para o CO por considerar que, com a evolução tecnológica, os avanços nos processos de combustão e controle garantiriam baixas emissões desse parâmetro. Considera também que outros poluentes associados são, consagradamente, mais impactantes. Portanto, as concentrações registradas desse poluente não foram analisadas nas categorias de qualidade do ar criadas de “Própria” ou “Imprópria”.

- ♦ O ozônio, segundo as diretrizes da OMS, possui um tempo de monitoramento de 8 (oito) horas. Sendo assim, para os valores horários gerados pelo INEA, foi aplicada uma média móvel de 8 (oito) horas¹⁴, atentando-se para o critério de representatividade de 75% dos valores, ou seja, para que um período de amostragem de 8 (oito) horas fosse considerado válido, este deveria ter pelo menos 6 (seis) valores horários registrados, não necessariamente consecutivos. Após a aplicação dessa média móvel de 8 (oito) horas, foram contabilizadas as concentrações de O₃ das estações do INEA que estavam nas categorias de qualidade do ar “Própria” e “Imprópria” adotadas.
- ♦ Como os dados provenientes da SECONSERMA são divulgados em Boletins Diários relativos às maiores concentrações obtidas nas últimas 24 (vinte e quatro) horas (vide **Quadro 05**) não foi possível analisar as concentrações de ozônio adotando o tempo de amostragem de 8 (oito) horas de acordo com a diretriz da OMS. Entretanto, como as concentrações divulgadas nos Boletins Diários tratam apenas das concentrações máximas registradas diariamente pela SECONSERMA, significa que as demais concentrações registradas durante o dia estavam, certamente, abaixo dessas concentrações divulgadas. Sendo assim, não houve prejuízo a obtenção do resultado final do estudo.

5.3. Avaliação da Percepção Pública sobre a qualidade do ar e seus efeitos adversos

Esta pesquisa buscou avaliar a percepção dos indivíduos que residem ou trabalham em locais próximos de estações de monitoramento na cidade do Rio de Janeiro sobre a qualidade do ar, seus efeitos à saúde e ao meio ambiente e, também, o conhecimento da população sobre sua gestão. Para tanto, foi estruturado um questionário com perguntas objetivas relacionadas ao tema, conforme será apresentado no item **5.3.1. Elaboração do Questionário**. Em seguida, ocorreu a elaboração dos prospectos educativos, entregues no momento da aplicação do

¹⁴ No caso da aplicação em uma base de dados com registros de concentrações horárias, a média móvel de 8 (oito) horas calculada para o O₃ foi estabelecida a partir de defasagens consecutivas de uma hora. Por exemplo, em um período de amostragem de 24 (vinte e quatro) horas, calcula-se a média aritmética dos primeiros oito valores registrados, obtendo-se um único valor correspondente à primeira média móvel. Após isso, calcula-se a média aritmética do segundo até o nono valor registrado, obtendo-se a segunda média móvel. Em seguida calcula-se a média aritmética do terceiro ao décimo valor registrado, obtendo-se a terceira média móvel e assim sucessivamente (nota do Orientador).

questionário, que será demonstrada no item **5.3.2. Elaboração dos Prospectos Educativos.**

A pesquisa de campo se caracterizou pela aplicação dos questionários nos arredores das estações de monitoramento da qualidade do ar selecionadas segundo alguns critérios como será melhor explicado no item **5.3.3. Aplicação dos Questionários**. Com base nos dados oriundos da aplicação dos questionários, realizaram-se procedimentos quantitativos e qualitativos, como poderá ser visto no item **5.3.4.**

Análise dos dados obtidos com a Aplicação dos Questionários.

5.3.1. Elaboração do Questionário

No processo de elaboração do questionário, foram pesquisadas referências de estudos sobre a avaliação da percepção pública. Websites que reúnem trabalhos acadêmicos foram consultados tais como: Polimonografias, Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES/MEC, Academia.edu, dentre outros, utilizando-se como palavras identificadoras do tema: “avaliação”, “questionário”, “percepção pública”, “monitoramento do ar”, “qualidade do ar”, “monitoramento ambiental”, “monitoramento da qualidade do ar”.

Tendo como exemplo essas referências de trabalhos acadêmicos, foram formuladas 13 (treze) questões de caráter objetivo que refletissem a percepção da população sobre a forma como a poluição do ar afeta sua vida e o meio ambiente em que está inserida, além do conhecimento da mesma sobre o tema (**vide em ANEXO I - QUESTIONÁRIO PRESENCIAL**).

Essas questões foram testadas em versão online criada no Google Forms (vide **ANEXO II - QUESTIONÁRIO ONLINE**), sendo enviadas aos alunos que cursavam a disciplina de Poluição do Ar (IGT603) dos cursos de Meteorologia (IGEO/CCMN) e da Engenharia Ambiental (POLI/CT) da UFRJ, no final do ano de 2017. Os comentários desses alunos foram considerados na concepção final do formato e do conteúdo do questionário. Como uma forma de amplificação do presente estudo, almeja-se que esta versão online do questionário seja aplicada futuramente ao público de docentes e discentes da UFRJ. Adicionalmente, este questionário online servirá como base para o projeto de Extensão RUA “Gestão da Qualidade do Ar - Um Canal de Multi-interações

com os Municípios do Estado do Rio de Janeiro” a ser aplicado a 92 (noventa e dois) municípios do estado do Rio de Janeiro.

O questionário foi idealizado para ser completado em um tempo de 5 - 10 minutos, e as perguntas possuíam o seguinte enfoque:

- ♦ **Parte I – Identificação:** Trata de questões que são preenchidas pelo próprio entrevistador com a finalidade única de organização dos questionários para posterior análise dos dados.
- ♦ **Parte II – Perfil do Entrevistado:** Tem como objetivo ter ciência do nível de escolaridade do entrevistado, sendo o preenchimento do nome ou apelido do entrevistado opcional.
- ♦ **Parte III – Qualidade do Ar no bairro:** Visa questionar se o entrevistado sabe sobre os efeitos negativos da poluição do ar à saúde e se percebe a presença desse tipo de poluição no bairro onde está sendo aplicado o questionário.
- ♦ **Parte IV – Percepção da qualidade do Ar:** Pretende realizar uma avaliação da qualidade do ar percebida no bairro, de acordo com as respostas do entrevistado. Também busca avaliar a prioridade que o mesmo coloca aos principais indicadores de problemas causados pela poluição do ar (presença de odores, turbidez do ar, mau estado da vegetação e problemas respiratórios).
- ♦ **Parte V – Informações sobre a qualidade do Ar:** Analisar o conhecimento dos cidadãos sobre o papel do poder público na gestão da qualidade do ar e avaliar o nível de informação e interesse que os entrevistados possuem sobre essa gestão.

5.3.2. Elaboração dos Prospectos Educativos

Para cada estação de monitoramento da qualidade do ar, em que houve a aplicação do questionário, foi elaborado um prospecto educativo com informações específicas relacionadas à estação (vide **ANEXO III – PROSPECTOS EDUCATIVOS**). Nesses prospectos, foram dispostos textos resumidos tratando dos efeitos causados à saúde por cada poluente monitorado na estação em questão, uma breve explicação sobre o que é o IQA e gráficos do tipo “pizza” mostrando os resultados obtidos a partir da análise dos dados de monitoramento na estação, conforme abordado no **item 5.1. Levantamento e Tratamento dos dados de monitoramento da qualidade do ar**.

A seguir a **Figura 10** mostra um exemplo desse prospecto educativo e uma descrição de seus elementos:



5.3.3. Aplicação dos Questionários

A aplicação dos questionários ocorreu nos arredores de estações de monitoramento da qualidade do ar no município do Rio de Janeiro, operadas pela SECONSERMA e pelo INEA, com o requisito de que fossem estações automáticas, fixas e pertencessem aos órgãos públicos. A rede automática de monitoramento da qualidade do ar operada pela SECONSERMA é composta por 8 (oito) estações fixas e automáticas, sendo que em todas elas ocorreu a aplicação dos questionários, exceto na estação de Pedra de Guaratiba, devido ao difícil acesso à região, baixo agrupamento populacional e registros históricos de concentrações que se enquadram na condição de qualidade do ar “Boa”.

Por outro lado, com relação à rede de monitoramento do INEA, foram escolhidas 6 (seis) estações automáticas. Isso ocorreu porque algumas estações do INEA, apesar de cumprirem com o requisito do projeto, não apresentavam uma representatividade de dados de monitoramento da qualidade do ar para o período desejado de análise, como as estações da Lagoa, Gericinó, Maracanã, Leblon, Jacarepaguá e Urca. Em suma, no total foram selecionadas 13 (treze) estações de monitoramento distribuídas na cidade do Rio de Janeiro.

Para executar a aplicação dos questionários foram chamados 30 (trinta) alunos da UFRJ, de diferentes cursos da graduação. Destes 30 (trinta) alunos, 4 (quatro) ficaram à disposição em caso de necessidade de substituição de algum aluno faltante, sendo denominados neste projeto como “alunos-suplentes”. Houve um treinamento no dia 31 de janeiro de 2018 para todos os 30 (trinta) alunos, uma semana antes da data de aplicação dos questionários, que ocorreu no dia 07 de fevereiro de 2018.

A utilização da base de dados de 2016 não comprometeu a pesquisa de campo com a aplicação dos questionários em 2018, tendo em vista que os dados de 2016 constituem a última base anual validada pelo INEA. Uma análise comparativa foi feita entre os valores registrados em 2016 (validados) e 2017 (não-validados), não sendo evidenciadas variações significativas entre os parâmetros monitorados.

Visando uma visualização espacial dos pontos escolhidos, a **Figura 11**, a seguir, mostra as estações de monitoramento da qualidade do ar do SECONSERMA selecionadas. A **Figura 12** trata das estações de monitoramento da qualidade do ar do INEA onde foram realizadas as entrevistas.

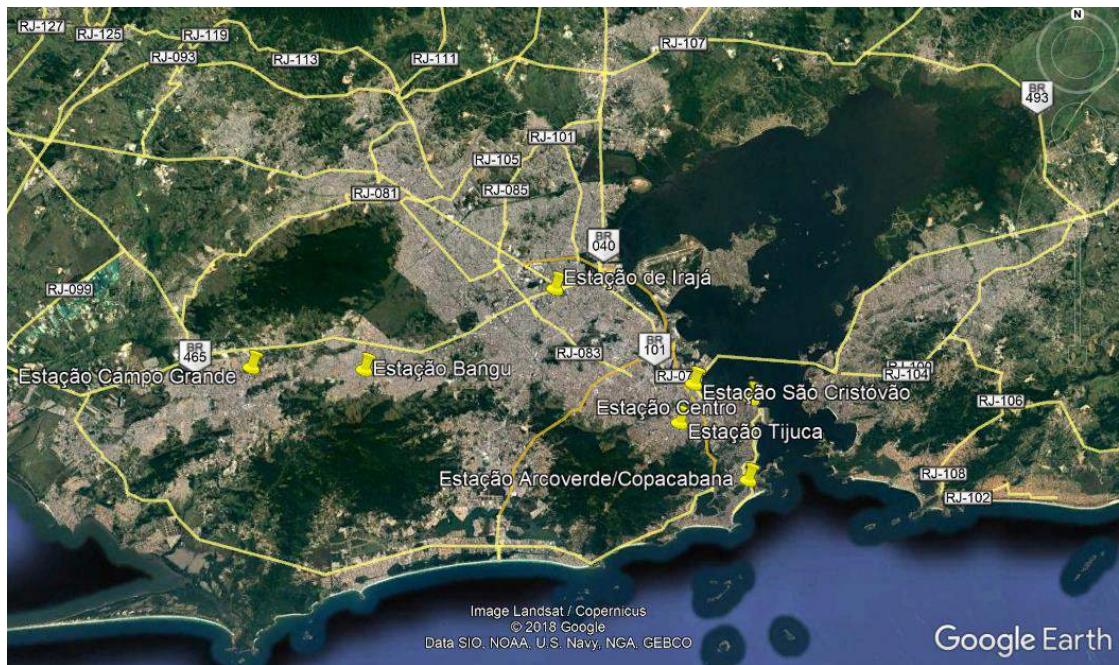


Figura 11: Estações de monitoramento da SECONSERMA para aplicação dos questionários.

Fonte: Google Earth.

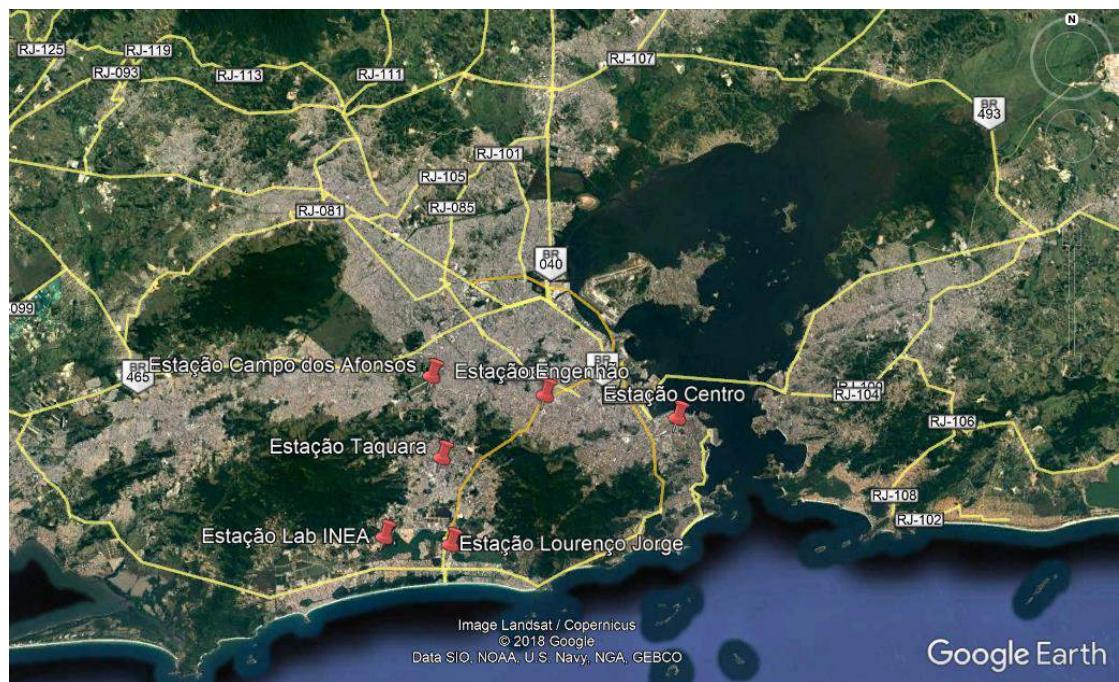


Figura 12: Estações de monitoramento do INEA para aplicação dos questionários.

Fonte: Google Earth.

Visto que não ocorreram faltas no dia da aplicação dos questionários, os alunos-suplentes aplicaram o questionário em 4 (quatro) pontos estratégicos, de alta circulação de veículos e elevados índices de poluição atmosférica, mas que não faziam parte da rede de monitoramento da qualidade do ar selecionada, como pode ser visto na **Figura 13**.

Destaca-se que um dos alunos-suplentes aplicou os seus questionários na região de Niterói, em virtude de facilidade de deslocamento e por ser considerada uma região com características de qualidade do ar semelhantes às encontradas na cidade do Rio de Janeiro. Porém, como o foco do presente estudo foi avaliar a percepção pública no município do Rio de Janeiro, os dados obtidos por este aluno não foram considerados ou contabilizados na análise dos resultados obtidos.

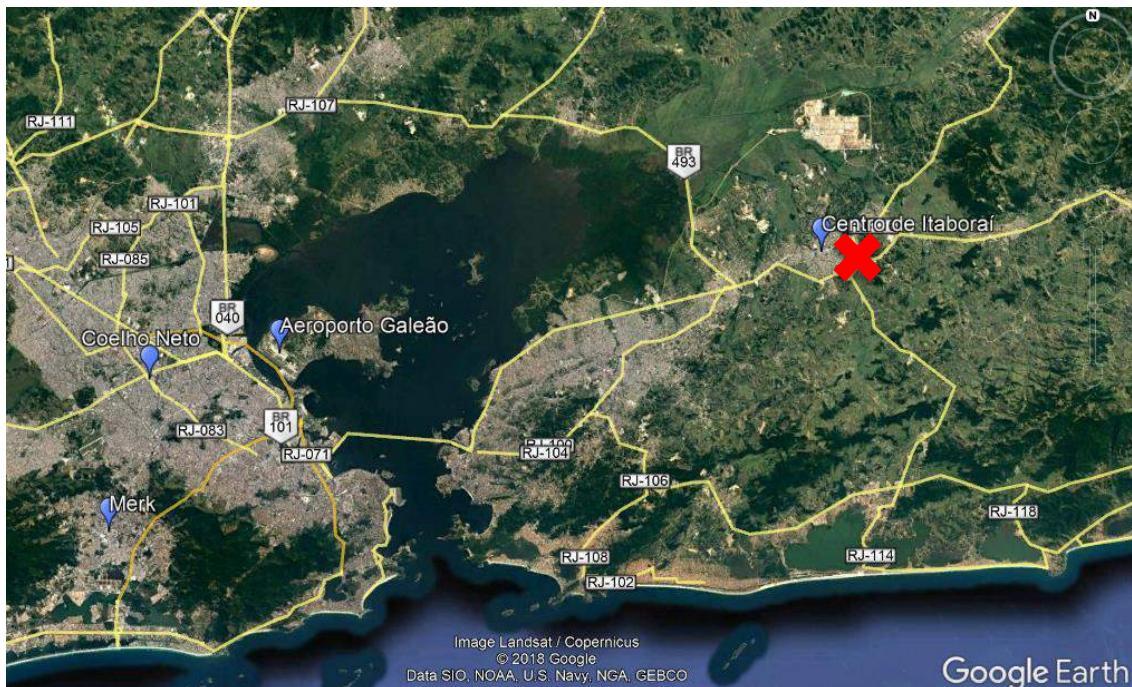


Figura 13: Pontos de aplicação dos questionários dos alunos - suplentes.

Fonte: Google Earth.

As estações de monitoramento de qualidade do ar consideradas na pesquisa e os pontos de amostragem cobertos pelos alunos estão indicados, com maiores detalhes, na listagem abaixo:

INEA

<p>1. Estação: Taquara</p> <p>Endereço: Est. dos Bandeirantes, nº 1099.</p> <p>Localidade: Estacionamento da Empresa Merck.</p> <p>Bairro: Taquara.</p>	
<p>2. Estação: Centro</p> <p>Endereço: Av. Presidente Vargas, s/nº R Benedito Hipólito.</p> <p>Localidade: Escola Municipal Tia Ciata</p> <p>Bairro: Centro</p>	

Figura 14: Estação de monitoramento - Taquara

Fonte: Google Earth.

Figura 15: Estação de monitoramento - Centro (INEA)

Fonte: INEA (2018c).

INEA	
<p>3. Estação: Laboratório. INEA</p> <p>Endereço: Laboratório do INEA - Av. Salvador Allende, nº 5500.</p> <p>Localidade: Laboratório do INEA.</p> <p>Bairro: Recreio dos Bandeirantes.</p>	
<p>4. Estação: Lourenço Jorge</p> <p>Endereço: Av. Ayrton Senna, nº 2000.</p> <p>Localidade: Hospital Municipal Lourenço Jorge.</p> <p>Bairro: Barra da Tijuca</p>	

Figura 16: Estação de monitoramento - Laboratório INEA

Fonte: INEA (2018c).



Figura 17: Estação de monitoramento - Lourenço Jorge.

Fonte: Google Earth.

INEA	
<p>5. Estação: Campos dos Afonsos</p> <p>Endereço: Avenida Marechal Fontenelle, nº. 755.</p> <p>Localidade: Vila Militar.</p> <p>Bairro: Deodoro.</p>	
<p>6. Estação: Engenhão</p> <p>Endereço: Rua José dos Reis, s/n</p> <p>Localidade: Estádio Olímpico João Havelange.</p> <p>Bairro: Engenho de Dentro</p>	

Figura 18: Estação de monitoramento - Campo dos Afonsos.

Fonte: INEA (2018c).

Figura 19: Estação de monitoramento - Engenhão.

Fonte: INEA (2018c).

SECONSERMA	
<p>1. Estação: Copacabana</p> <p>Endereço: Praça Cardeal Arcoverde, s/n.</p> <p>Bairro: Copacabana.</p>	
<p>2. Estação: Centro</p> <p>Endereço: Largo da Carioca, s/n.</p> <p>Bairro: Centro.</p>	

Figura 20: Estação de monitoramento - Copacabana.

Fonte: Cortesia SECONSERMA.

Figura 21: Estação de monitoramento - Centro (SECONSERMA).

Fonte: Cortesia SECONSERMA.

SECONSERMA	
<p>3. Estação: São Cristóvão</p> <p>Endereço: Campo de São Cristóvão, s/n.</p> <p>Bairro: São Cristóvão.</p>	
<p>4. Estação: Tijuca</p> <p>Endereço: Praça Saens Pena, s/n.</p> <p>Bairro: Tijuca.</p>	

Figura 22: Estação de monitoramento - São Cristóvão.

Fonte: Cortesia SECONSERMA.

Figura 23: Estação de monitoramento – Tijuca.

Fonte: Cortesia SECONSERMA.

SECONSERMA	
<p>5. Estação: Irajá</p> <p>Endereço: Praça N. S. da Apresentação (em frente ao Cemitério de Irajá).</p> <p>Bairro: Irajá.</p>	
<p>6. Estação: Bangu</p> <p>Endereço: Rua Mongólia, s/n (Espaço de Desenvolvimento Infantil Prof.^a Tânia Maria Larrubia Gomes).</p> <p>Bairro: Bangu.</p>	

Figura 24: Estação de monitoramento - Irajá.

Fonte: Cortesia SECONSERMA.

Figura 25: Estação de monitoramento - Bangu.

Fonte: Cortesia SECONSERMA.

SECONSERMA	
<p>7. Estação: Campo Grande</p> <p>Endereço: Praça Maina, nº1 (Escola Municipal Che Guevara)</p> <p>Bairro: Campo Grande</p>	

Figura 26: Estação de monitoramento - Campo Grande.

Fonte: Cortesia SECONSERMA.

PONTOS DOS ALUNOS-SUPLENTES
<p>1. Merck</p> <p>Endereço: Estr. dos Bandeirantes, 1099.</p> <p>Bairro: Taquara, Rio de Janeiro - RJ, 22710-900.</p>
<p>2. Aeroporto Galeão</p> <p>Endereço: Av. Vinte de Janeiro, s/nº.</p> <p>Bairro: Ilha do Governador, Rio de Janeiro – RJ, 21941-900.</p>
<p>3. Coelho Neto</p> <p>Endereço: Av. Pastor Martin Luther King Junior, 207.</p> <p>Bairro: Coelho Neto, Rio de Janeiro - RJ, 20765-630.</p>

Para cada uma das 13 (treze) estações de monitoramento da qualidade do ar foram designados 2 (dois) alunos e, para cada um deles, foram entregues 25 (vinte e cinco) questionários e 25 (vinte e cinco) prospectos educativos. Esses prospectos eram relativos à estação de monitoramento em que os alunos foram alocados para realizar as entrevistas. Para os alunos-suplentes foram entregues somente os questionários, já que os pontos em que estes atuariam não se tratavam de estações de monitoramento.

Sendo assim, em cada estação de monitoramento foi contabilizada uma amostragem de 50 (cinquenta) questionários aplicados, com exceção dos 3 (três) pontos em que atuaram os alunos-suplentes, os quais tiveram uma amostragem de 25 (vinte e cinco) questionários, visto que somente um aluno realizou as entrevistas nesses pontos. Dessa forma, foram totalizados 725 (setecentos e vinte e cinco) questionários aplicados, dos quais 650 (seiscentos e cinquenta) foram aplicados nos arredores das estações de monitoramento e 75 (setenta e cinco) foram aplicados nos pontos determinados para os alunos-suplentes.

A aplicação de 725 (setecentos e vinte e cinco) questionários - 1 questionário por pessoa entrevistada - foi considerada uma amostra representativa, ao mesmo tempo em que atendia a uma jornada razoável de trabalho pelos alunos entrevistadores. Os alunos se dirigiram aos seus respectivos pontos de aplicação às 9:00 horas e concluíram o trabalho de campo ao final da tarde. A seguir foi elaborado o mosaico, apresentado no **Quadro 06**, com fotos tiradas no dia da aplicação dos questionários presenciais pelos próprios alunos, no entorno dos pontos selecionados.

Quadro 06: Compilação de fotos da aplicação dos questionários no dia 07 de fevereiro de 2018.



Fonte: Elaboração própria.

5.3.4. Análise dos Dados Obtidos com a aplicação dos questionários

Os dados de campo coletados a partir dos questionários foram compilados em planilhas Excel e serão apresentados em forma gráfica no **item 6. Resultados** deste trabalho. As técnicas utilizadas para análise dos dados foram estudos estatísticos e análises qualitativas do conteúdo das respostas dos questionários. A partir dessa avaliação, foi possível analisar o nível de conscientização ambiental destes cidadãos a respeito da qualidade do ar a que estão sujeitos em seu cotidiano, sua percepção sobre os riscos à saúde derivados da exposição à poluição do ar e seu conhecimento dos órgãos ambientais.

6. RESULTADOS

Este item apresenta os resultados obtidos a partir do levantamento e tratamento dos dados de monitoramento da qualidade do ar referentes ao ano de 2016 e, também, da aplicação dos questionários nos arredores das estações de monitoramento da qualidade do ar selecionadas.

Para tanto, foram elaborados gráficos para cada estação de monitoramento, tanto da SECONSERMA como do INEA, com os dados das concentrações de poluentes registrados nas mesmas. Esses dados foram analisados duplamente: com relação às faixas do IQA e segundo as diretrizes da OMS, conforme elucidado nos **itens 5.1 e 5.2** da Metodologia. Com isso, foi possível traçar um cenário da qualidade do ar registrado por cada estação de monitoramento em seu respectivo bairro, conforme estará disposto nos **itens 6.1 e 6.2**.

Os resultados da aplicação do questionário também foram dispostos de forma gráfica, englobando a amostragem total de entrevistados para cada questão realizada. Para algumas questões, além dos gráficos globais, também foram elaborados gráficos mais detalhados que mostravam a recorte de respostas para cada localidade aonde foram aplicados os questionários, como poderá ser visto no **item 6.3**.

6.1. Resultados dos dados de monitoramento do INEA.

Com relação às estações de monitoramento do INEA selecionadas, quando aplicadas as faixas de qualidade do ar “Própria” e “Imprópria” com base nas diretrizes da OMS, todas as estações apresentaram exclusivamente a qualidade do ar “Própria” durante o período de amostragem, não havendo períodos representativos em que a qualidade do ar se encontrava “Imprópria”. Vale lembrar que o CO não foi analisado nas categorias criadas de “Própria” ou “Imprópria”, pois a OMS não apresenta diretrizes para este poluente.

Os valores de IQA obtidos a partir do monitoramento dos poluentes legislados pela CONAMA nº 03/90, para cada estação de monitoramento, estão dispostos a seguir.

6.1.1. Estação da Taquara

Observou-se que somente 12% das concentrações de NO₂ registradas no ano de 2016 apresentaram a classificação da qualidade do ar “Regular”, estando ainda dentro do padrão CONAMA. As concentrações dos demais poluentes foram classificadas como “Boa” no período de amostragem, de acordo com a **Figura 27**.



Figura 27: Dados de Monitoramento da Estação Taquara (INEA).

Fonte: Elaboração própria.

6.1.2.Estaçao do Centro

De acordo com a **Figura 28**, a estação do centro registrou, majoritariamente, concentrações de poluentes dentro da faixa do IQA “Boa”. O poluente O₃ e o NO₂ apresentaram, respectivamente, 1% e 3% das concentrações monitoradas na faixa “Regular” do IQA. Todos os poluentes monitorados se encontram dentro do padrão CONAMA.

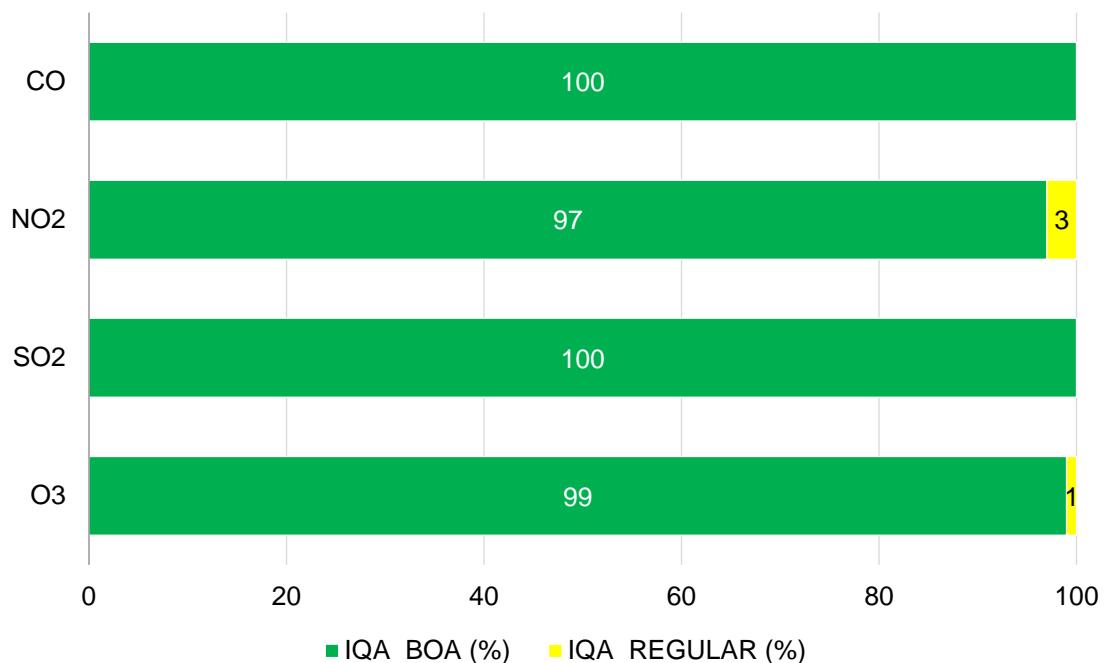


Figura 28: Dados de Monitoramento da Estação Centro (INEA).

Fonte: Elaboração própria.

6.1.3.Estaçao do Lab. INEA

A maior parte dos dados de monitoramento se encontrou na faixa de classificação “Boa” do IQA, tendo em vista todos os poluentes legislados. O MP₁₀ foi o poluente atmosférico que apresentou uma percentagem um pouco mais elevada de concentrações na faixa “Regular” (9%) (**Figura 29**).



Figura 29: Dados de Monitoramento da Estação Lab. INEA.

Fonte: Elaboração própria.

6.1.4. Estação de Lourenço Jorge

Essa estação também monitora SO₂, porém, no período de amostragem (ano de 2016), não houve representatividade de dados para este poluente. Para os poluentes NO₂ e CO, as concentrações registradas estavam dentro do padrão CONAMA (**Figura 30**).

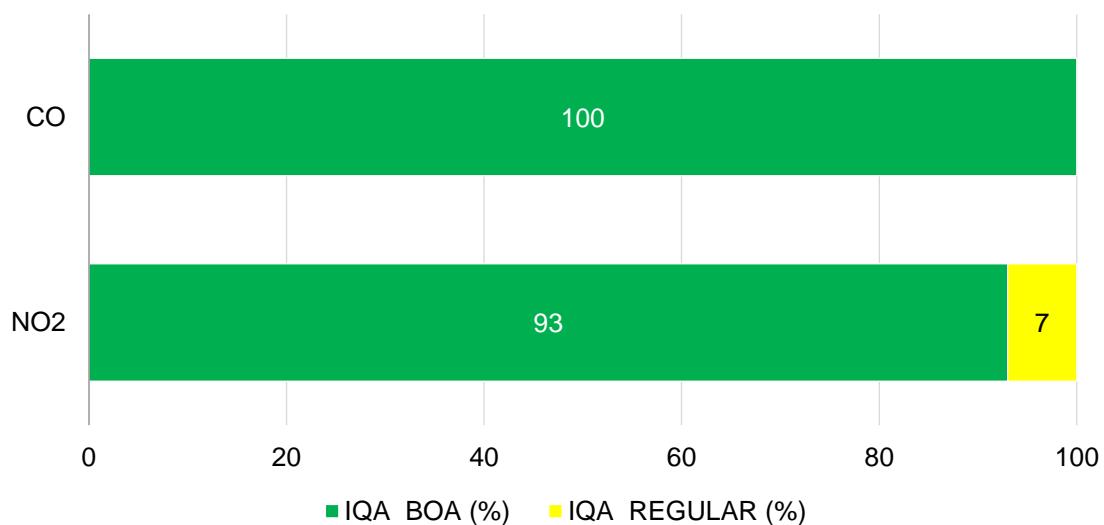


Figura 30: Dados de Monitoramento da Estação Lourenço Jorge (INEA).

Fonte: Elaboração própria.

6.1.5.Estação de Campo dos Afonsos

Em Campo dos Afonsos observou-se que o O₃ teve 96% de suas concentrações na faixa de IQA “Boa” e somente 4% na faixa “Regular”. Os demais poluentes legislados não foram monitorados no período de amostragem adotado (**Figura 31**).



Figura 31: Dados de Monitoramento da Estação Campo dos Afonsos (INEA).

Fonte: Elaboração própria.

6.1.6.Estação do Engenhão

Na estação do Engenhão os IQA's calculados ficaram, em sua maioria, na faixa “Boa”. Apesar do O₃ e o NO₂ apresentarem, respectivamente, 5% e 4% de seus valores de concentração na faixa “Regular”, continuando dentro do padrão CONAMA de qualidade do ar (**Figura 32**).



Figura 32: Dados de Monitoramento da Estação Engenhão (INEA).

Fonte: Elaboração própria.

6.2. Resultados dos dados de monitoramento da SECONSERMA.

Com relação às estações de monitoramento da SECONSERMA selecionadas, foram aplicadas as faixas de categoria “Própria” e “Imprópria” respeitando os critérios adotados na metodologia. Vale lembrar que o CO não foi analisado nas categorias criadas de “Própria” ou “Imprópria”, pois a OMS não apresenta diretrizes para este poluente. Para as estações que apresentaram qualidade do ar “Imprópria” durante o período de amostragem foi elaborado um texto explicativo apontando esses resultados. Também se analisou os valores de IQA obtidos a partir das concentrações dos poluentes registrados nas estações de monitoramento, que estão dispostos a seguir.

6.2.1. Estação de Copacabana

Nesta estação de monitoramento, apenas o O₃ e o MP₁₀ apresentaram concentrações na faixa “Regular” do IQA. Para os demais poluentes a qualidade do ar foi considerada “Própria” e dentro dos padrões CONAMA nº 03/90 (Figura 33).

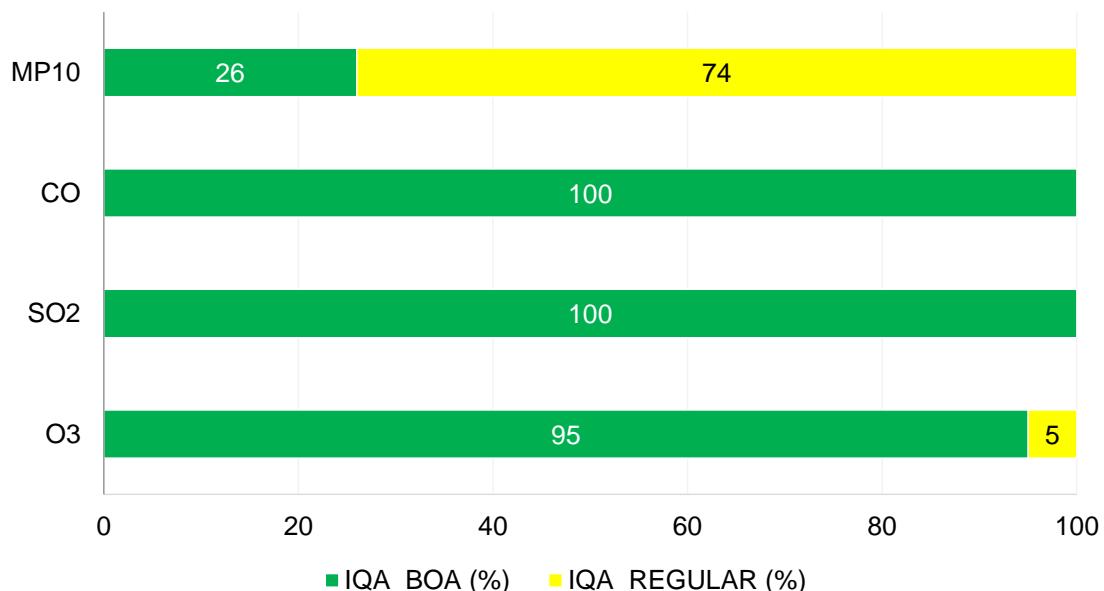


Figura 33: Dados de Monitoramento da Estação Copacabana (SECONSERMA).

Fonte: Elaboração própria.

6.2.2.Estação do Centro

Assim como em Copacabana, apenas o O₃ e o MP10 apresentaram concentrações na faixa “Regular” do IQA. Para todos os poluentes do ar monitorados nesta estação a qualidade do ar foi considerada “Própria” e dentro dos padrões CONAMA (**Figura 34**).

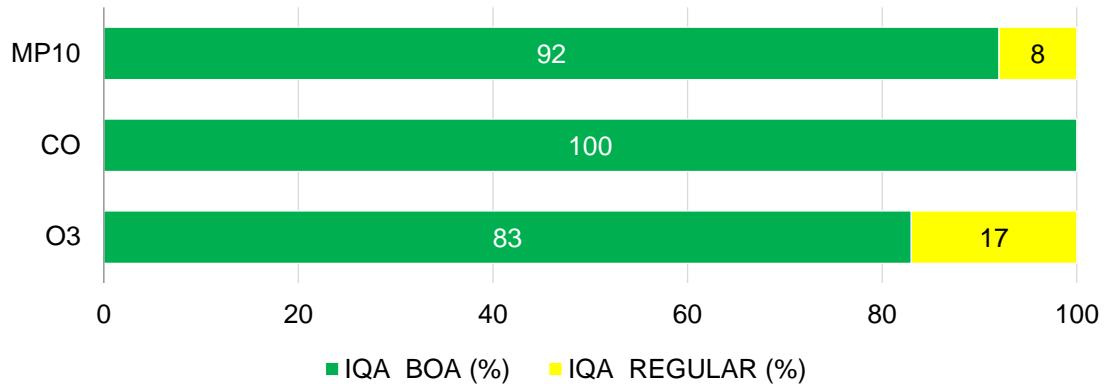


Figura 34: Dados de Monitoramento da Estação Centro (SECONSERMA).

Fonte: Elaboração própria.

6.2.3.Estação São Cristóvão

Observou-se que o O₃ e o MP10 tiveram concentrações monitoradas na faixa “Regular”. Todas as concentrações de poluentes atmosféricos consideradas indicaram que a qualidade do ar estava “Própria” e dentro dos padrões CONAMA no período estudado (**Figura 35**).

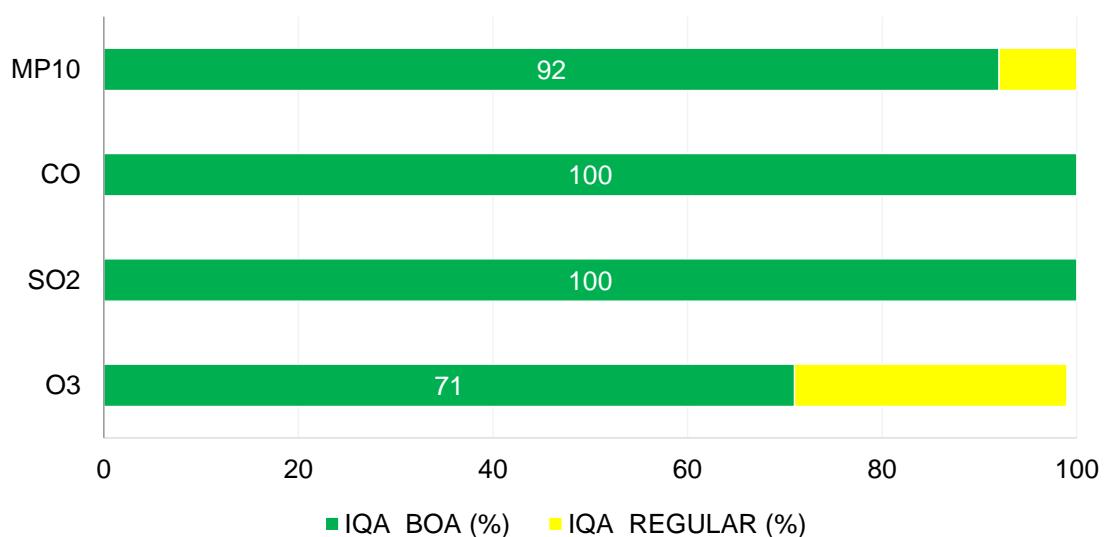


Figura 35: Dados de Monitoramento da Estação São Cristóvão (SECONSERMA).

Fonte: Elaboração própria.

6.2.4. Estação da Tijuca

Nesta estação, o ponto de destaque foi que o NO₂ apresentou 1% de suas concentrações registradas na categoria de qualidade do ar “Imprópria”. Isso foi refletido na sua classificação de IQA, em que 1% dos valores de NO₂ foi considerado “Inadequado”. O restante dos poluentes se encontra na faixa “Própria” e dentro do padrão CONAMA (Figura 36).

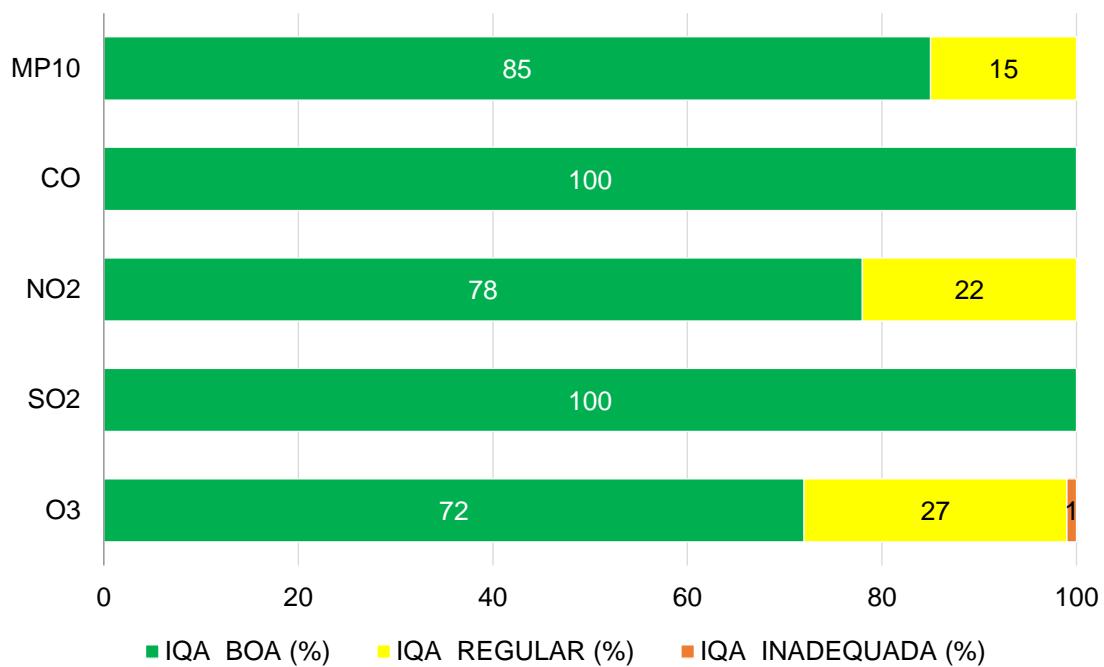


Figura 36: Dados de Monitoramento da Estação Tijuca (SECONSERMA).

Fonte: Elaboração própria.

6.2.5. Estação de Irajá

A qualidade do ar foi considerada como “Própria” para as concentrações de todos os poluentes. Entretanto, o O₃ apresentou uma classificação “Inadequada” em 4% de suas concentrações, estando acima do padrão CONAMA (**Figura 37**).

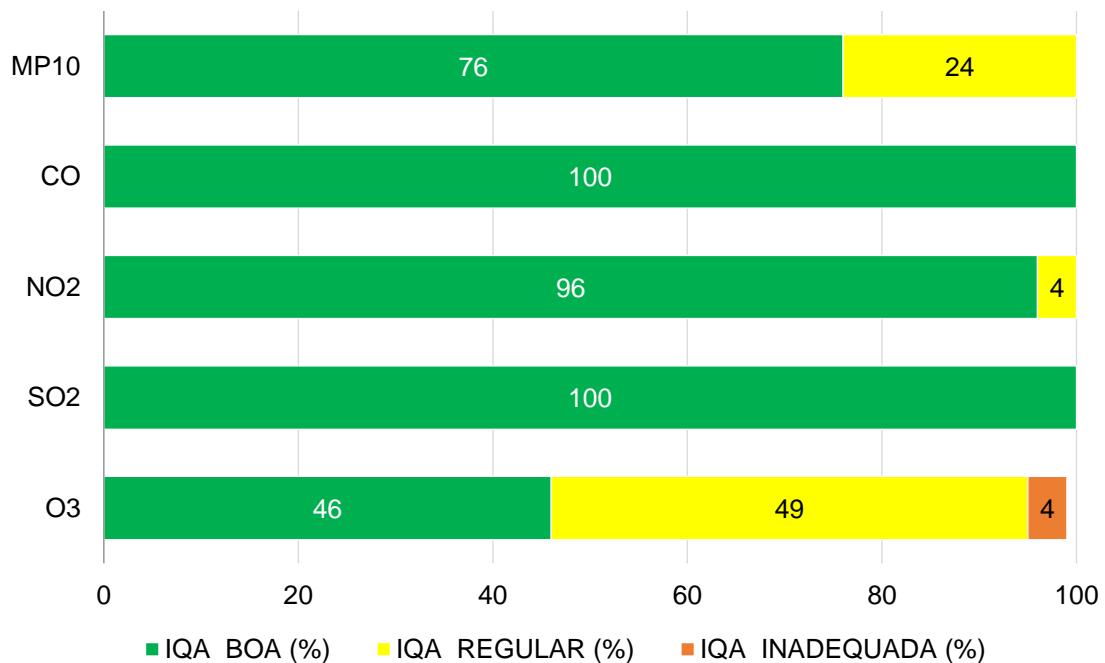


Figura 37: Dados de Monitoramento na Estação de Irajá (SECONSERMA).

Fonte: Elaboração própria.

6.2.6. Estação de Bangu

Evidencia-se que o O₃ apresentou 2% de duas concentrações registradas na faixa “Má”, o que significa, de acordo com o **Quadro 4 (Efeitos sobre a saúde humana relacionado ao Índice de qualidade do ar)**, que: “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 doenças respiratórias e cardíacas)”. Isso se refletiu na análise a partir das diretrizes da OMS, revelando que 9% das concentrações de O₃ foram consideradas “Impróprias”. Para os demais poluentes, em 100% do período estudado a condição do ar foi considerada “Própria” (**Figura 38**).

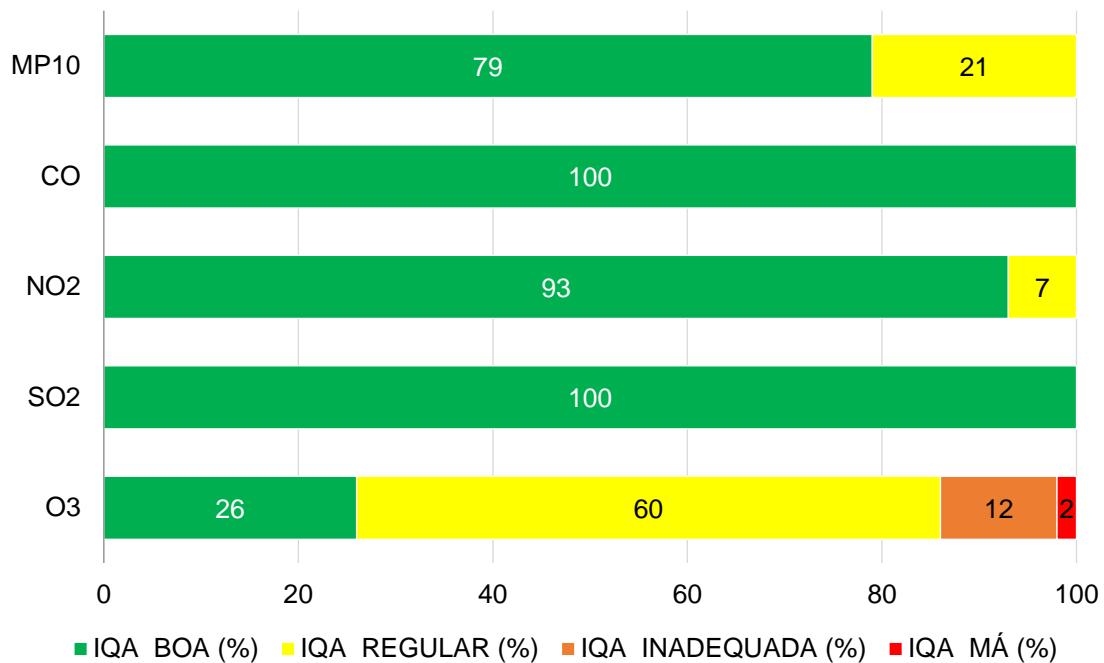


Figura 38: Dados de Monitoramento da Estação Bangu (SECONSERMA).

Fonte: Elaboração própria.

6.2.7. Estação de Campo Grande

O parâmetro do O₃ apresenta 3% de suas concentrações na faixa “Inadequada”, ou seja, acima do padrão CONAMA. Porém, para todos os poluentes monitorados, a qualidade do ar foi considerada “Própria” (**Figura 39**).

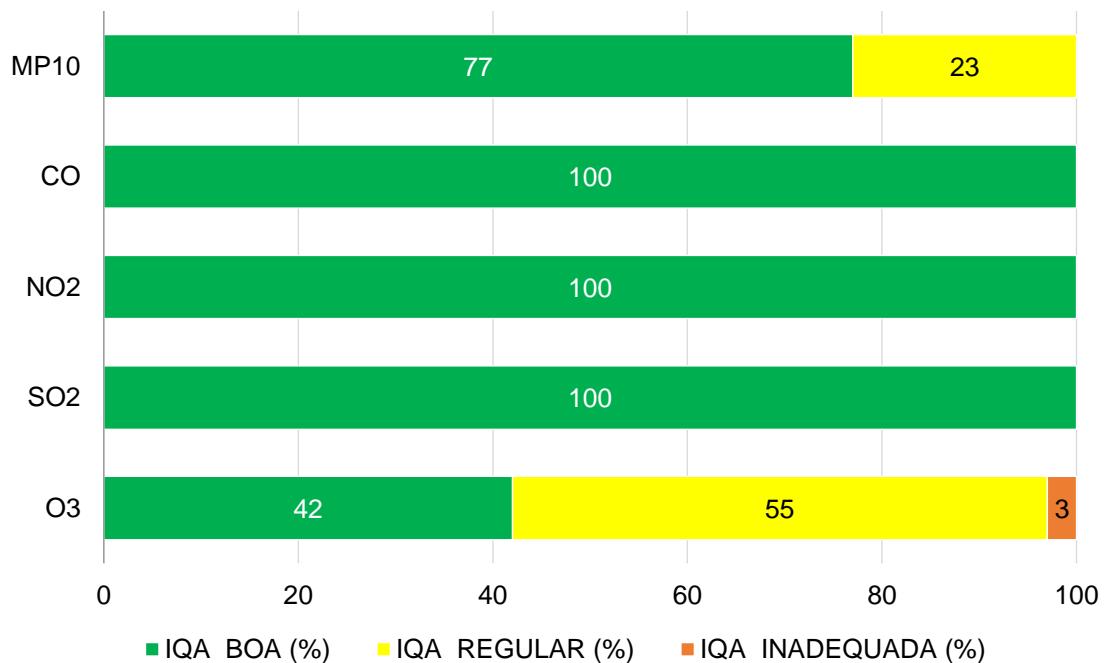


Figura 39: Dados de Monitoramento da Estação Campo Grande (SECONSERMA).

Fonte: Elaboração própria.

6.3. Resultados dos Questionários

Os resultados da aplicação do questionário foram divididos de acordo com a segmentação do próprio questionário, que se realiza em 5 (cinco) partes, como dito anteriormente:

- ♦ Parte I - Identificação
- ♦ Parte II – Perfil do Entrevistado.
- ♦ Parte III – Qualidade do Ar no bairro.
- ♦ Parte IV – Percepção da Qualidade do Ar.
- ♦ Parte V – Informações sobre a Qualidade do Ar.

Como a Parte I do questionário apresenta apenas questões de “Identificação” do questionário em si, e que não são relevantes para a análise qualitativa e quantitativa do presente estudo, portanto, essa parte não será abordada. Em cada uma das 4 (quatro) partes restantes serão apresentados gráficos em forma de pizza ou de barras obtidos através da análise estatística dos dados coletados.

6.3.1. Parte II – Perfil do Entrevistado

Questão 02: Grau de escolaridade do entrevistado.

Pela **Figura 40** observa-se que os entrevistados possuem em sua maioria (43%) ensino médio completo (EMC), sendo na estação do Centro da SECONSERMA onde ocorre a maior incidência deste fato (54%) como pode ser visto na **Figura 41**, abaixo:

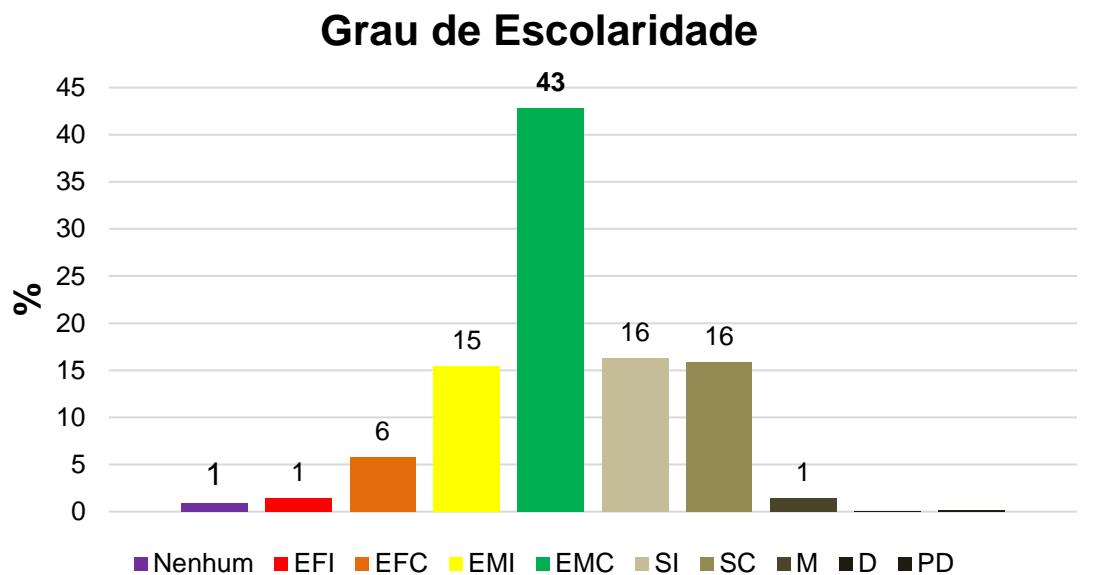


Figura 40: Grau de Escolaridade geral.

Fonte: Elaboração própria.

Sendo que:

EFI – Ensino fundamental incompleto.	SC – Superior completo.
EFC – Ensino fundamental completo	M – Mestrado.
EMI – Ensino médio incompleto.	D – Doutorado.
EMC – Ensino médio completo.	PD – Pós-Doutorado. -
SI – Superior incompleto.	

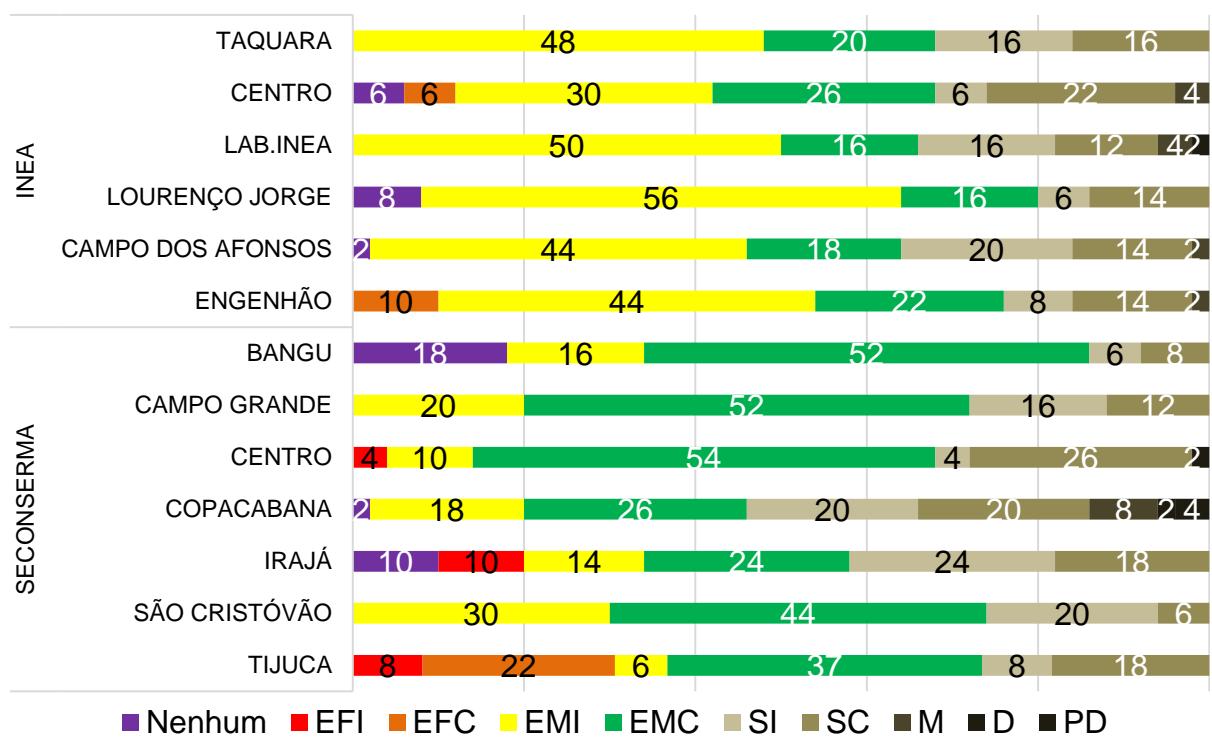


Figura 41: Grau de Escolaridade, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

Sendo que:

EFI – Ensino fundamental incompleto.	SC – Superior completo.
EFC – Ensino fundamental completo	M – Mestrado.
EMI – Ensino médio incompleto.	D – Doutorado.
EMC – Ensino médio completo.	PD – Pós-Doutorado. -
SI – Superior incompleto.	

6.3.2.Parte III – Qualidade do ar no bairro

Questão 03: Você tem conhecimento dos efeitos negativos da poluição do ar sobre a saúde humana?

A maior parte dos entrevistados, 83%, possui conhecimento dos efeitos negativos da poluição do ar sobre a saúde humana conforme mostra a **Figura 42**. Dentre as estações de monitoramento, a estação de Copacabana da SECONSERMA apresenta os maiores índices de entrevistados que afirmam possuir este conhecimento (90%), como pode ser observado na **Figura 43**. Por outro lado, a estação Irajá, também da SECONSERMA, apresenta o maior número de entrevistados que não tem conhecimento dos efeitos negativos da poluição do ar na saúde humana (48%).

Conhecimento dos efeitos negativos sobre a saúde

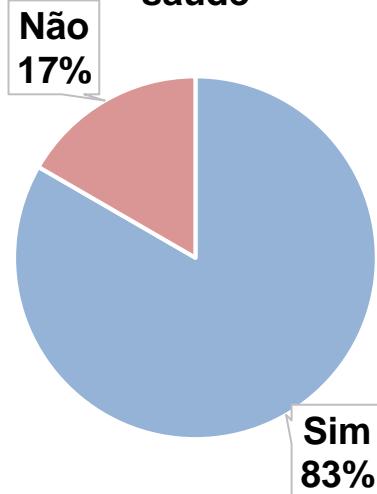


Figura 42: Conhecimento geral sobre os efeitos negativos da poluição do ar à saúde humana

Fonte: Elaboração própria.

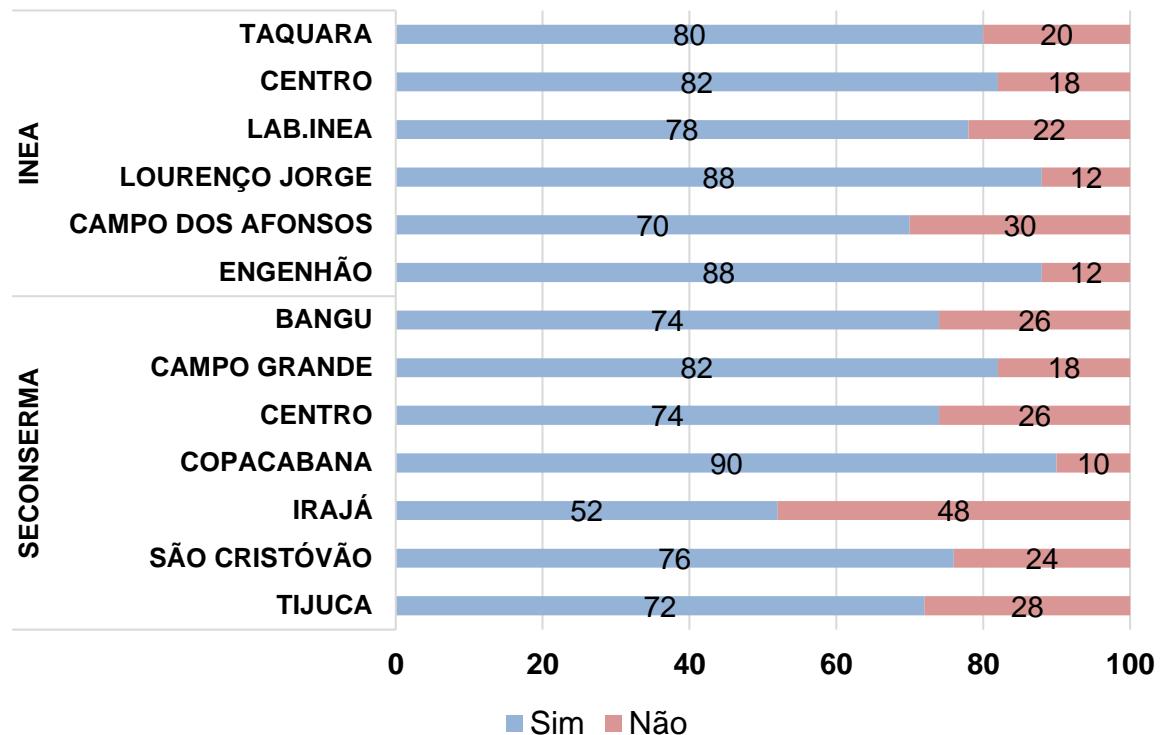


Figura 43: Conhecimento sobre os efeitos negativos da poluição do ar à saúde humana, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

Questão 04: Você percebe que existe poluição do ar no bairro?

Aponta-se na **Figura 44** que 88% dos entrevistados perceberam que existe poluição do ar no bairro em que residem ou trabalham. Os 12% dos entrevistados que responderam que “não”, ou seja, que não percebem a existência de poluição do ar no bairro, não precisou responder à **Parte IV** do questionário, relativa à percepção da qualidade do ar.

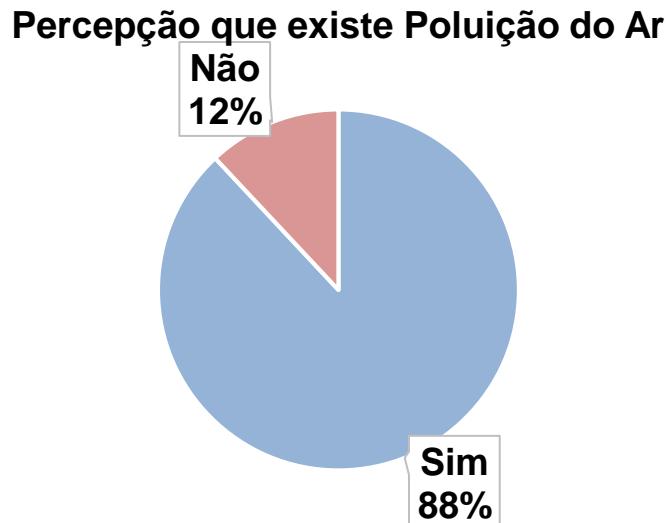


Figura 44: Percepção geral que existe Poluição do Ar.

Fonte: Elaboração própria.

Na **Figura 45** se observa que a estação de Lourenço Jorge do INEA apresentou o maior número de entrevistados que perceberam a poluição do ar (98%). Por outro lado, a estação de Irajá da SECONSERMA representa a maior percentagem de entrevistados que não percebem a poluição do ar (46%). Esse dado torna-se preocupante quando associado ao resultado da **questão 03** do questionário, na qual se observa que, na estação de Irajá, grande parte dos entrevistados também não possui conhecimento dos efeitos negativos da poluição do ar sobre a saúde humana.

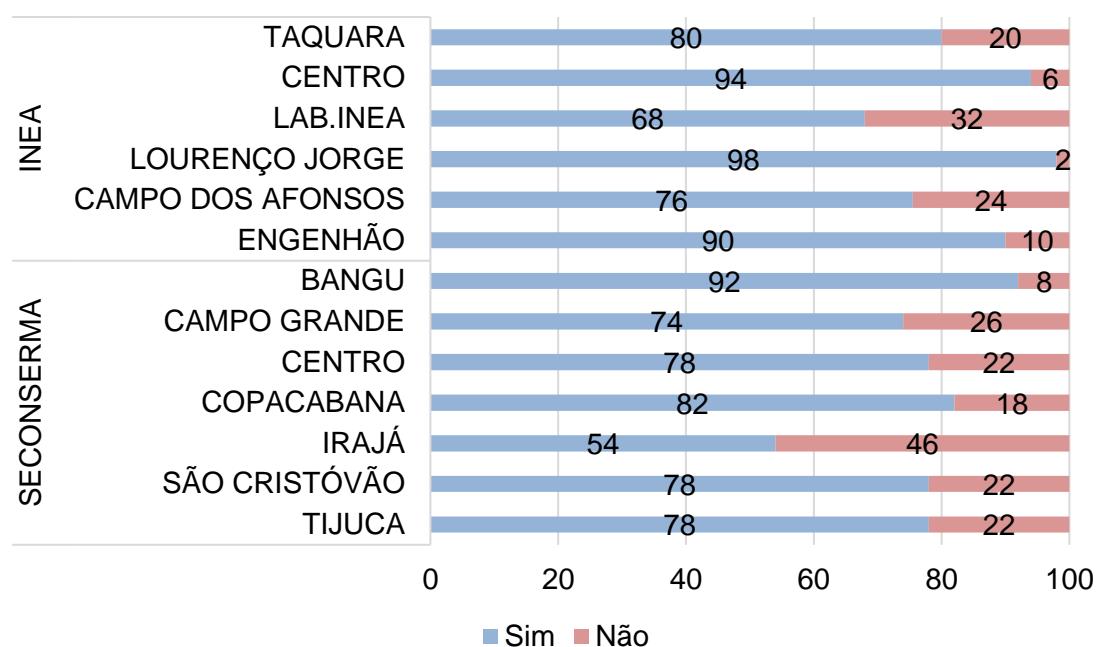


Figura 45: Percepção que existe poluição do ar, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

6.3.3.Parte IV – Percepção da Qualidade do Ar

Questão 05: Na sua opinião, como você avalia a qualidade do ar no bairro?

De acordo com a **Figura 46**, na amostragem geral, observou-se que a maior parcela dos entrevistados considerou a qualidade do ar do bairro como “Regular”. Um número representativo dos entrevistados considerou a qualidade como sendo a pior no nível de IQA: “Péssima”.

A categoria “Não se aplica” se refere aos entrevistados que responderam que “não” à **questão 04**, ou seja, àqueles que não percebem que existe poluição do ar no bairro, logo, não estariam aptos a avaliar a qualidade do ar do mesmo.

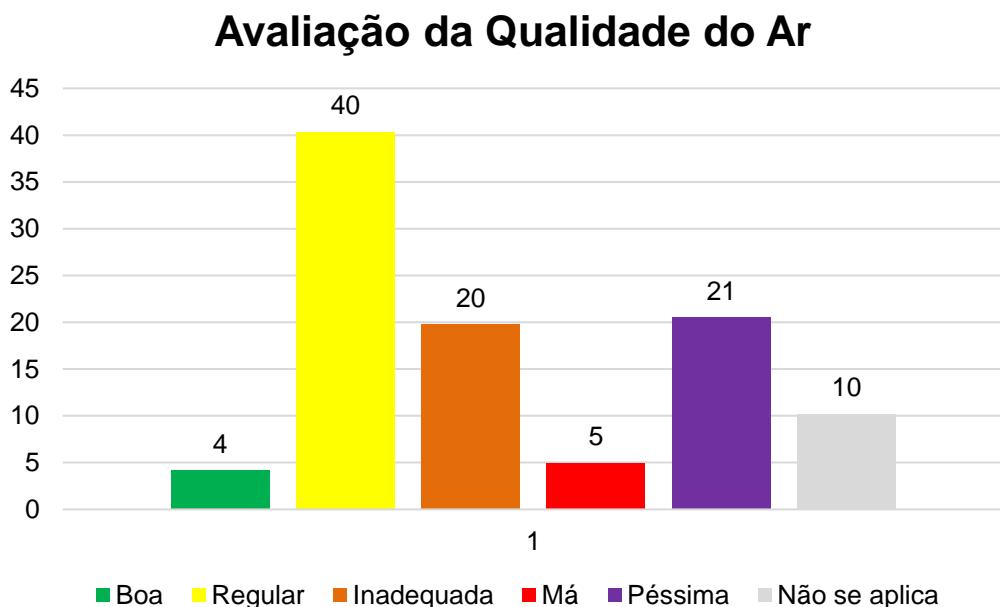


Figura 46: Avaliação geral da Qualidade do Ar.

Fonte: Elaboração própria.

Observando a **Figura 47** percebe-se que, em todas as estações de monitoramento, a maior parte dos entrevistados considerou a qualidade do ar no bairro “Regular”. A estação do Centro (INEA) destacou-se por aproximadamente metade dos entrevistados ter considerado a qualidade do ar “Péssima”.

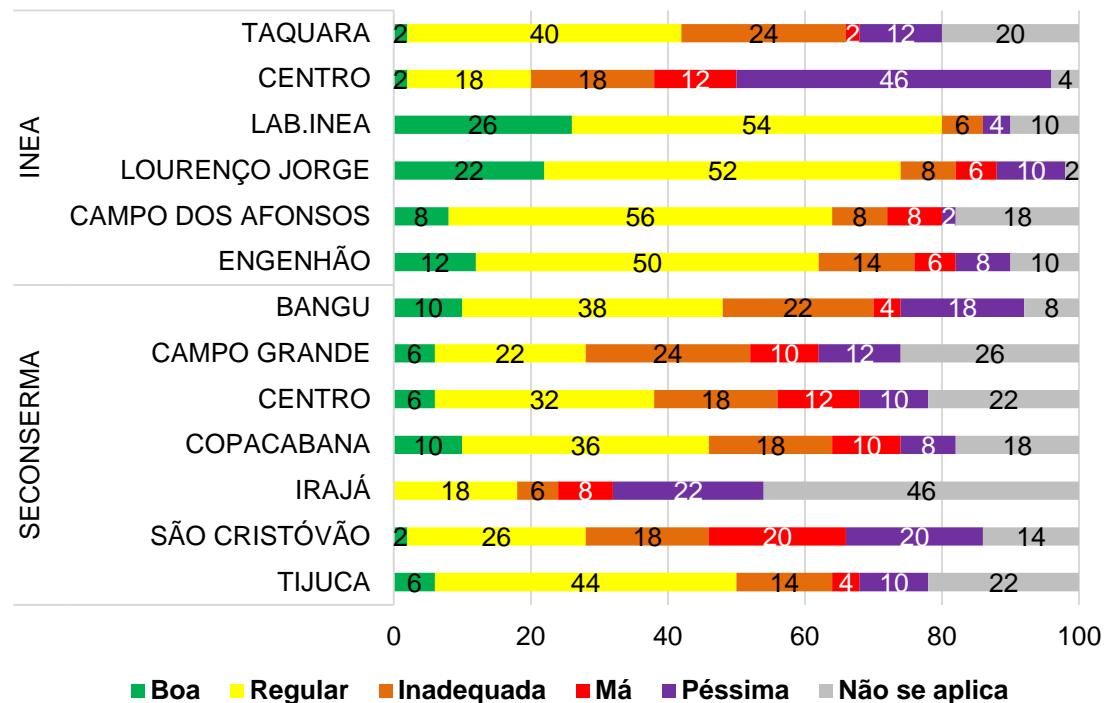


Figura 47: Avaliação da Qualidade do Ar, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

Questão 06: Como você percebe isso?

Nessa questão, o entrevistado deveria responder para cada um dos itens: “*presença de odores*”, “*acúmulo de poeira*”, “*turbidez do ar*”, “*mau estado da vegetação*” e “*problemas respiratórios*”, qual a intensidade em que ele percebe esses fatores no bairro.

A opção “1” equivale ao indicador que o entrevistado percebe menos e a opção “5” ao indicador que o entrevistado percebe mais. Pode-se concluir que o item mais percebido pelos entrevistados é o “*acúmulo de poeira*” (54%), seguido pelo item “*problemas respiratórios*” (40%), como pode ser visualizado na **Figura 48**.

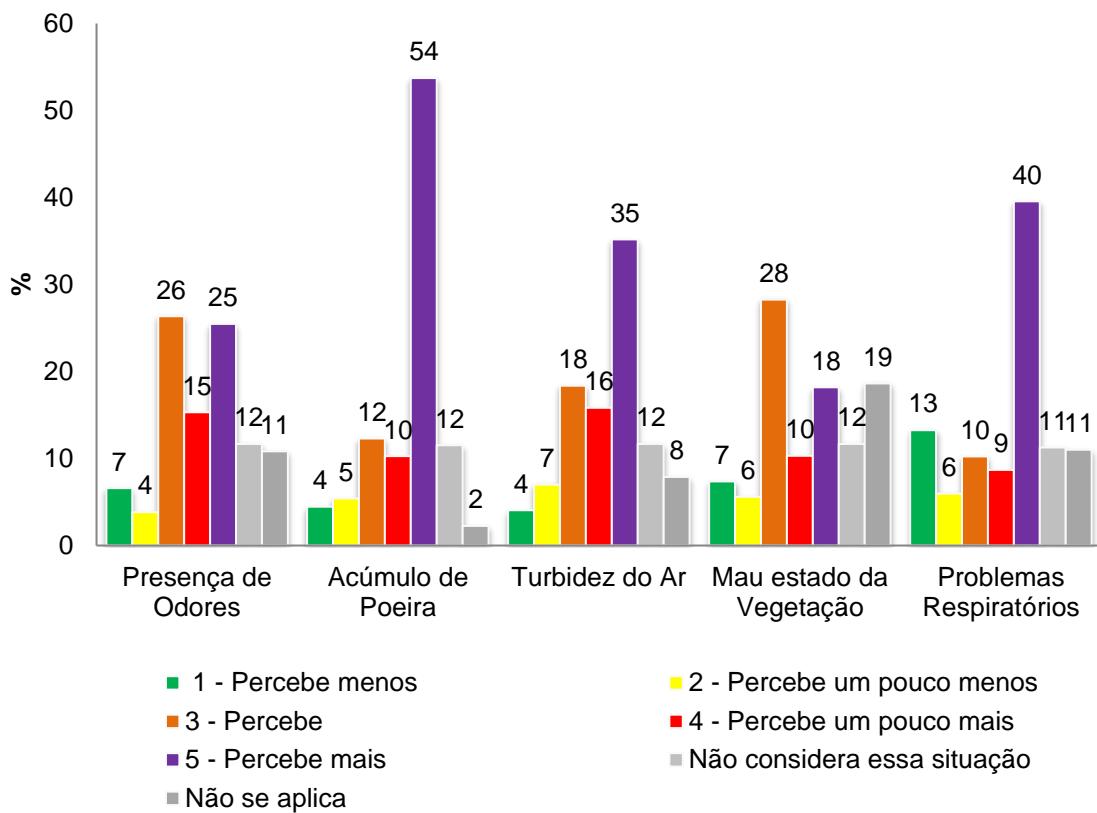


Figura 48: Percepção geral da Poluição do Ar por indicadores no meio.

Fonte: Elaboração própria.

A opção “Não considerado” se refere àqueles que, em seu dia-a-dia, não observaram os indicadores de poluição do ar listados no bairro em questão. Já a opção “Não se aplica” se refere àqueles que marcaram na **questão 4** que não percebem a poluição do ar em seu bairro e, portanto, não responderam à **parte IV** do questionário que diz respeito à percepção da qualidade do ar. A seguir será avaliado cada indicador por estação de monitoramento da qualidade do ar. Os dados relativos às opções “Não se aplica” e “Não considerado” foram omitidos dessas Figuras por questões estéticas da imagem.

A presença de odores (cheiro) foi mais percebida na estação do Centro (SECONSERMA), na qual 44% dos respondentes assinalaram o nível máximo de percepção “5” no questionário. O odor foi menos percebido na estação de Bangu (SECONSERMA), onde 34% dos respondentes afirmaram que percebem menos esse indicador de poluição do ar, conforme a **Figura 49**.

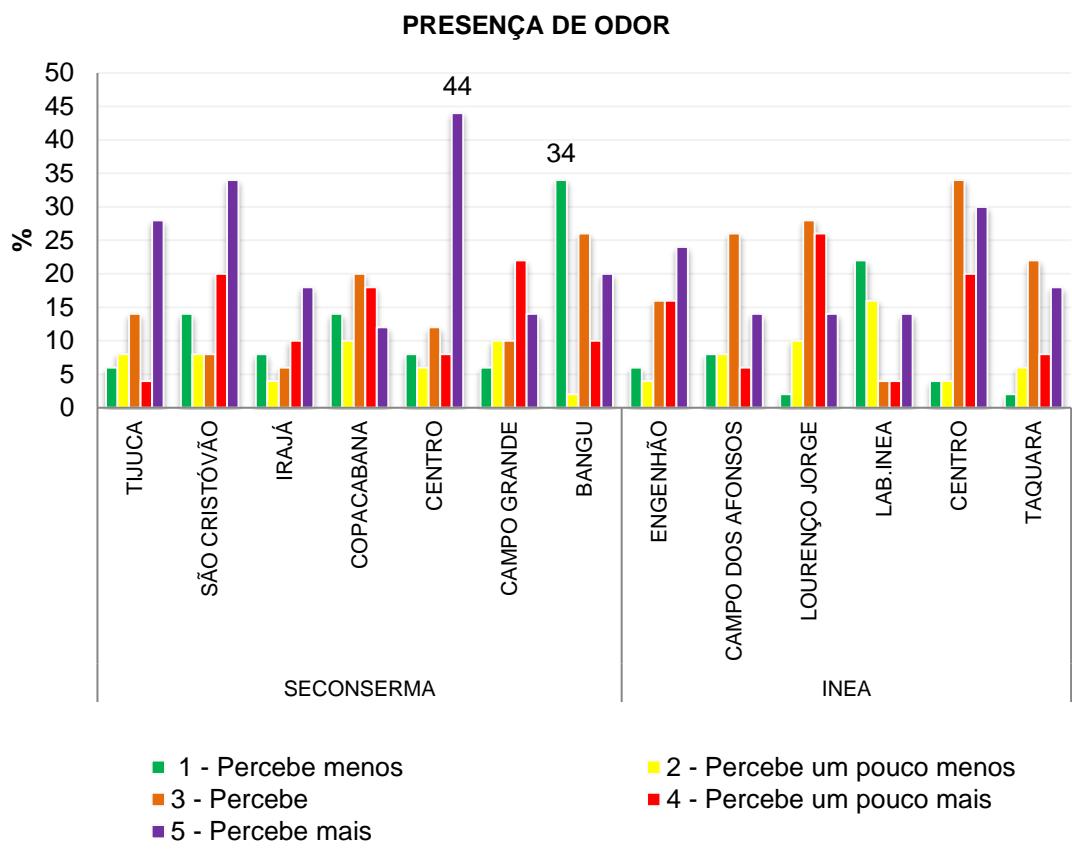


Figura 49: Percepção da presença de odores, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

Com relação a presença de acúmulo de poeira, pó, partículas etc sobre superfícies diversas, a **Figura 50** mostra que a maior parcela dos respondentes “percebem mais” esse indicador na estação do Centro (INEA), na qual 58% respondeu “5” para este indicador. Já os que percebem menos o acúmulo de poeira e marcaram “1”, foram entrevistados na estação Lourenço Jorge (16%).

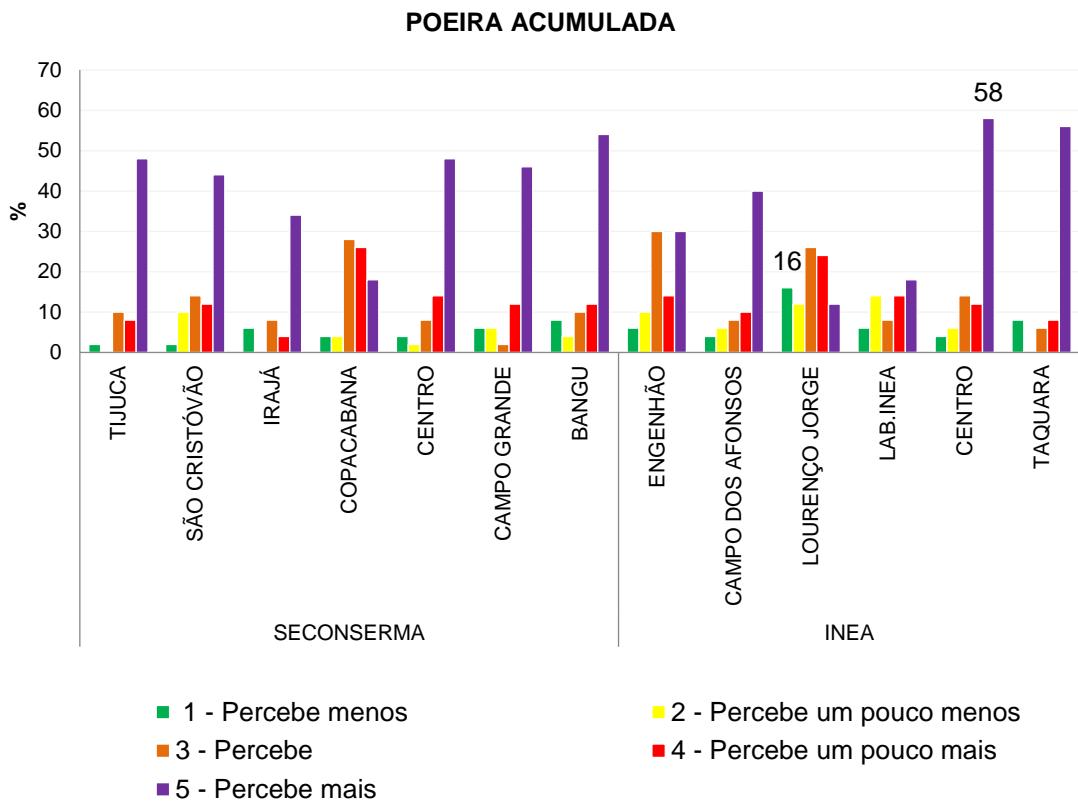


Figura 50: Percepção da presença de acúmulo de poeira, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

O indicador da “sujeira, escurecimento, esfumaçamento, opacidade e/ou turbidez do ar”, de acordo com a **Figura 51**, foi “percebido mais” na estação Centro (INEA) – 50% e “percebido menos” na estação de Bangu – 20%.

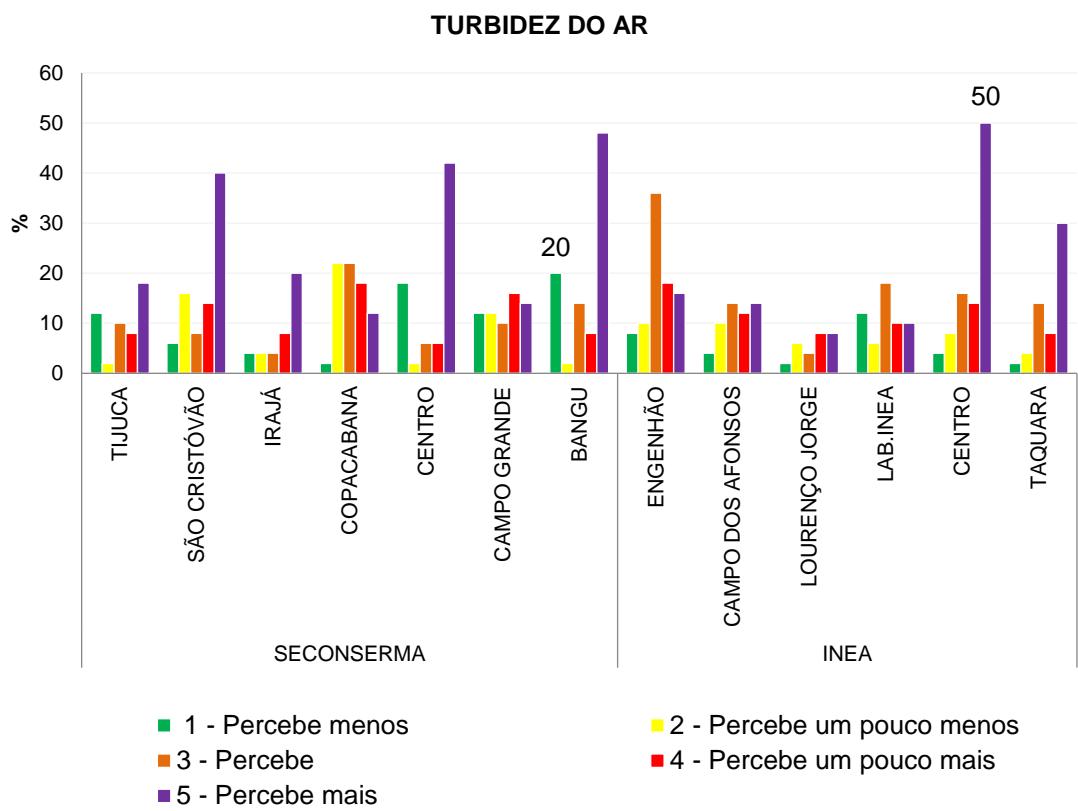


Figura 51: Percepção da presença da turbidez do ar, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

A respeito do mau estado da vegetação, como a alteração na cor das folhas das plantas, 48% dos entrevistados assinalaram a opção “percebe mais” para esse indicador na Estação do Centro (INEA). Na estação de Bangu (SECONSERMA) 30% dos entrevistados assinalaram a opção “percebe menos” para esse indicador, em concordância com a **Figura 52**.

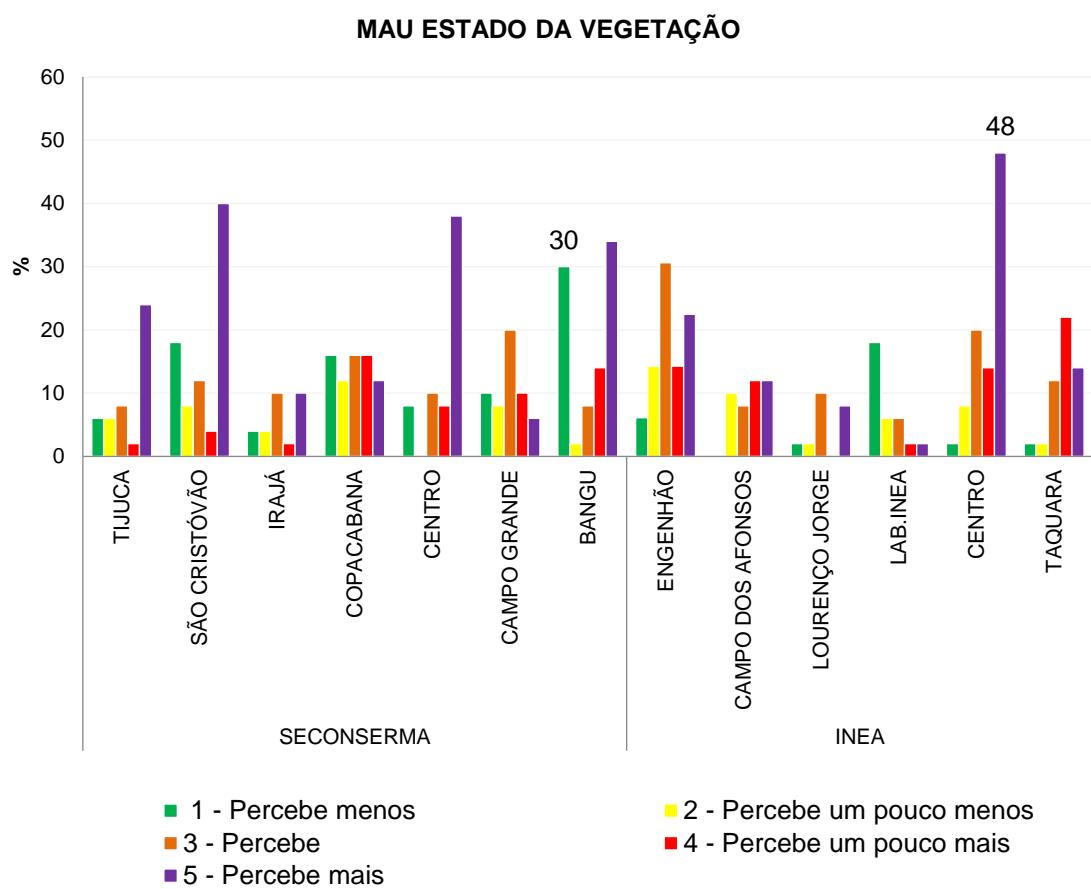


Figura 52: Percepção do mau estado da vegetação, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

Na **Figura 53** nota-se que, tanto na estação do Lab. INEA como na estação de Lourenço Jorge (INEA), 22% dos entrevistados assinalaram a opção “percebe menos” o agravamento de problemas respiratórios como asma, bronquite, narinas irritadas, sensação de ressecamento da mucosa ou até sangramento do nariz. Por outro lado, na estação do Centro (INEA) observou-se que 66% dos entrevistados “percebem mais” essa condição.

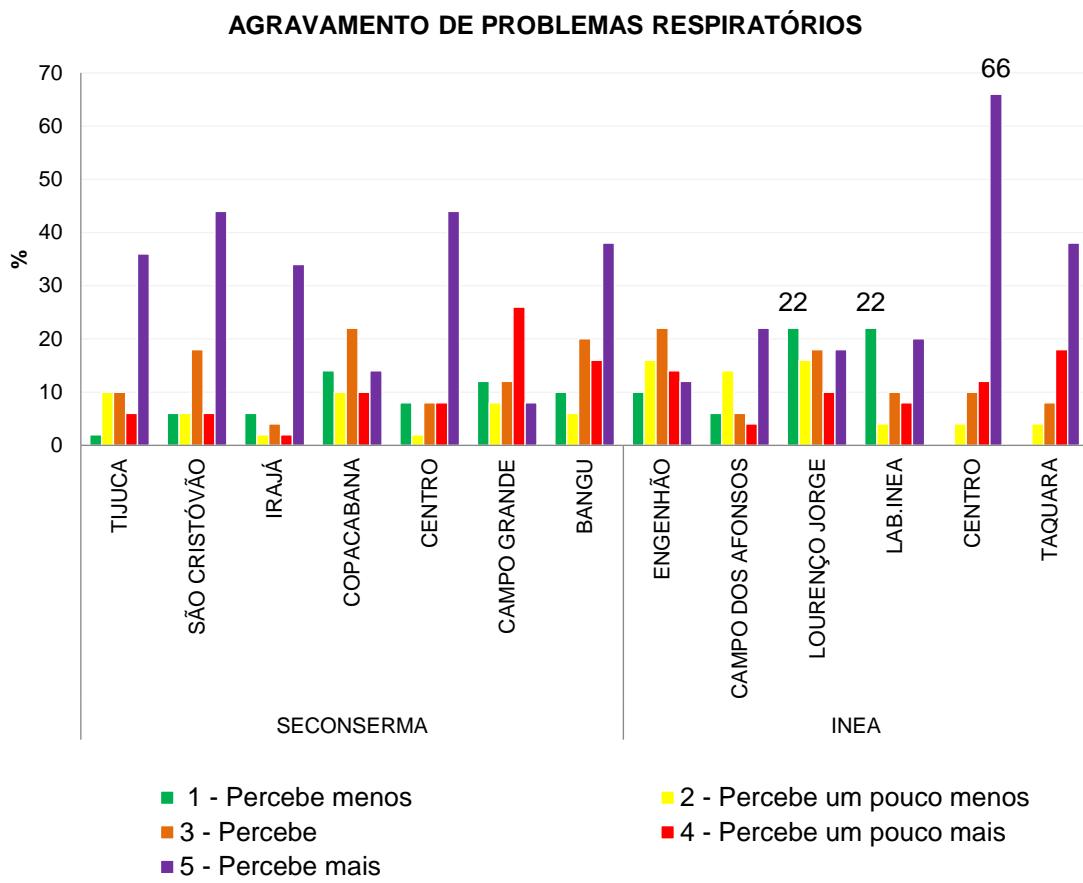


Figura 53: Percepção do agravamento de problemas respiratórios, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

A partir dessas Figuras, pode-se concluir que no bairro do Centro (considerando tanto a estação do INEA como a da SECONSERMA) a população percebeu mais todos os indicadores de poluição do ar: “presença de odor”, “poeira acumulada”, “turbidez do ar”, “mau estado da vegetação” e “agravamento de problemas respiratórios”. Já em Bangu, a percepção sobre a maioria dos indicadores da presença de poluição atmosférica se mostrou menor.

6.3.4. Parte V – Informações sobre a Qualidade do Ar

Questão 07: Se você perceber que a qualidade do ar não está boa, você saberia a qual órgão público recorrer?

Analizando a **Figura 54** percebeu - se que a maioria dos entrevistados não sabia a que órgão público recorrer no caso em que a qualidade do ar não estivesse apropriada, visto que 87% da população de amostragem assinalou a opção “não” nesta questão. Esse cenário é mais marcante nas estações de Bangu e Campo Grande da SECONSERMA e na do Centro do INEA, nas quais 96%, 94% e 94% dos entrevistados, respectivamente, diz não saber a qual órgão público recorrer, conforme a **Figura 55**.

Sabe a qual órgão público recorrer?

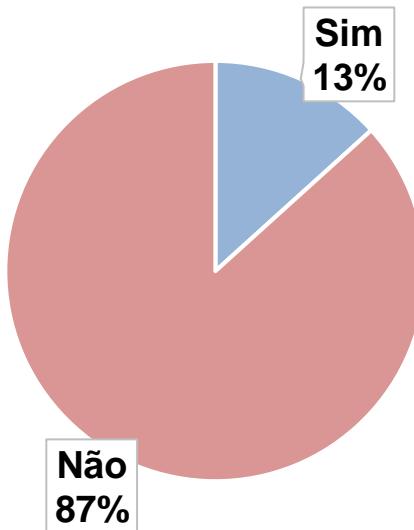


Figura 54: Em geral, se o entrevistado sabe a qual órgão público recorrer em casos de poluição do ar.

Fonte: Elaboração própria.

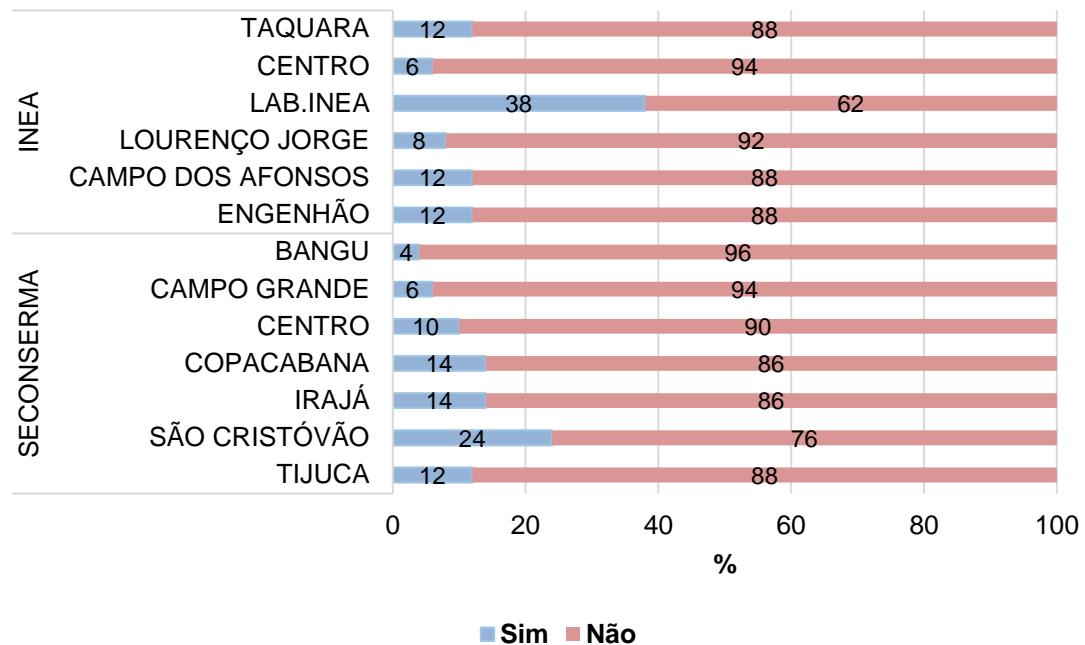


Figura 55: Se o entrevistado sabe a qual órgão público recorrer em casos de poluição do ar, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

Questão 08: A quem você recorreria imediatamente?

Considerando somente os entrevistados que responderam “Sim”, que saberiam a quem recorrer, na **questão 07**, observa-se que existe um desconhecimento da população sobre a existência ou as funções desempenhadas pelo órgão público SECONSERMA. A maioria assinalou que recorreria ao órgão público INEA (26%), ou a ambos (72%). Entretanto, os alunos que foram a campo aplicar o questionário expressaram a sensação de que os entrevistados que assinalaram “ambos” não possuíam conhecimento das funções da SECONSERMA, apenas assinalaram porque a resposta era mais abrangente. Esses dados estão apresentados na **Figura 56**.

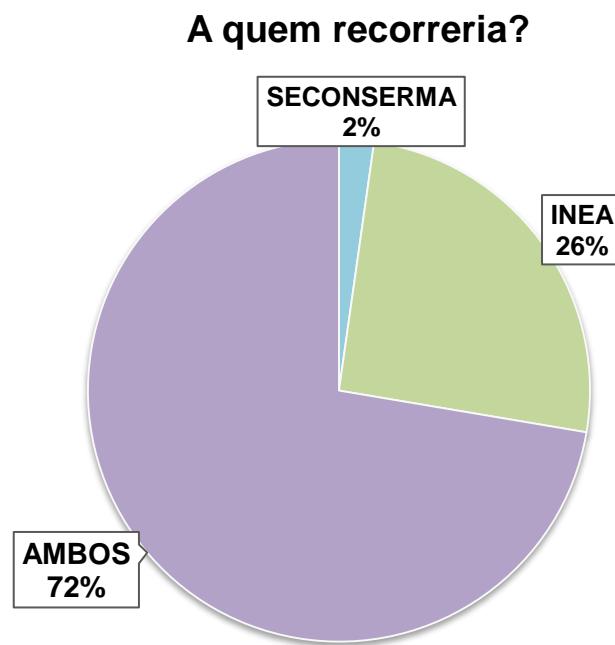


Figura 56: Em geral, a quem o entrevistado recorreria em casos de poluição do ar.

Fonte: Elaboração própria.

Questão 09: Você sabia que a nível municipal o órgão ambiental responsável pela gestão da qualidade do ar é o Instituto Estadual do Ambiente/INEA?

Quando questionados sobre qual o órgão ambiental responsável pela gestão da qualidade do ar, a nível estadual, 76% dos entrevistados responderam que não sabiam que se tratava do Instituto Estadual do Ambiente/INEA, de acordo com a **Figura 57.**

Nível Estadual: INEA

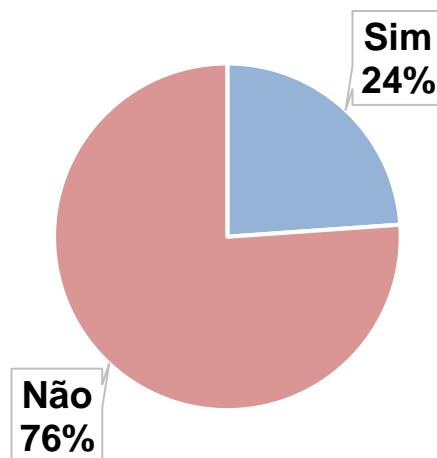


Figura 57: Conhecimento dos entrevistados, de forma geral, sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível estadual - INEA.

Fonte: Elaboração própria.

Observando-se a **Figura 58**, pode-se dizer que na localidade do Centro (INEA) verificou-se o maior número de entrevistados que desconheciam que, a nível estadual, o órgão responsável pela gestão da qualidade do ar é o INEA. Em contrapartida, nas localidades do Engenhão (INEA) e Campo Grande (SERCONSEMA), a maioria dos entrevistados respondeu saber que essa função de gestão é desempenhada pelo INEA.

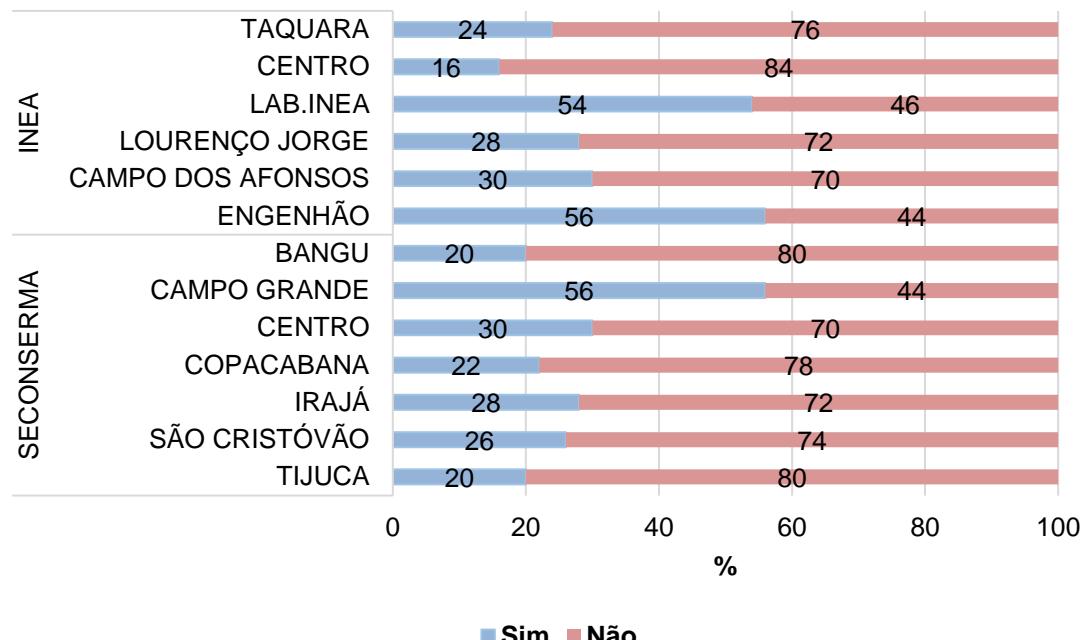


Figura 58: Conhecimento dos entrevistados sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível estadual, por estação de monitoramento - INEA.

Fonte: Elaboração própria.

Questão 10: Você sabia que a nível municipal o órgão ambiental responsável pelo controle da qualidade do ar é a Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente/SECONSERMA?

Analizando a **Figura 59**, os entrevistados assinalaram que, em sua maioria (84%), não sabiam que, a nível municipal, o órgão ambiental responsável pela gestão da qualidade do ar era a SECONSERMA.

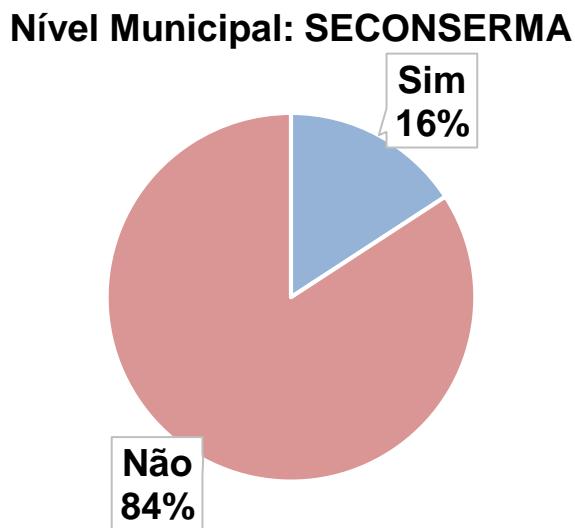


Figura 59: Conhecimento dos entrevistados, de forma geral, sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível municipal - SECONSERMA.

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que o desconhecimento geral sobre o órgão público SECONSERMA é superior ao desconhecimento a respeito do INEA. Nos arredores das estações de monitoramento de Taquara (INEA), Copacabana (SECONSERMA) e São Cristóvão (SECONSERMA) notou-se maior frequência de pessoas que responderam que não sabiam que, a nível municipal, a SECONSERMA era a responsável pela gestão da qualidade do ar (**Figura 60**).

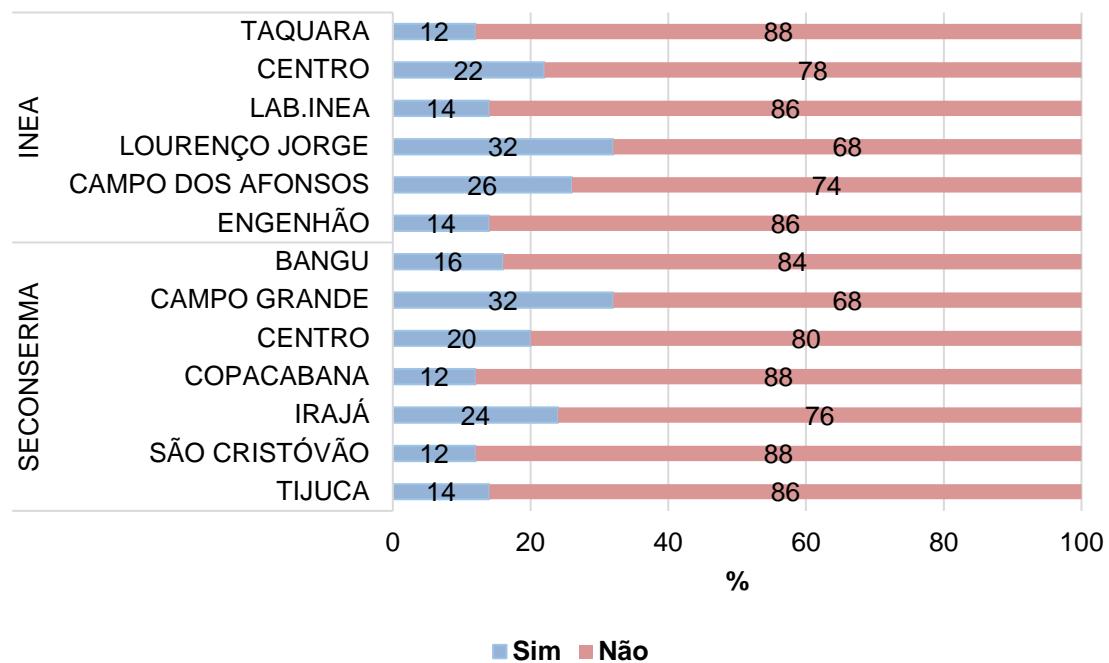


Figura 60: Conhecimento dos entrevistados sobre o órgão ambiental responsável pela gestão a nível municipal, por estação de monitoramento - SECONSERMA.

Fonte: Elaboração própria.

Questão 11: E agora, você passou a ter disposição de cooperar com os órgãos ambientais, denunciando problemas de poluição do ar no Rio de Janeiro?

Após tomarem ciência de quais são os órgãos ambientais responsáveis, 81% dos entrevistados responderam que passaram a ter disposição de cooperar com os órgãos ambientais, denunciando problemas de poluição no Rio de Janeiro (**Figura 61**).

Disposição de Cooperar com os Órgãos Ambientais

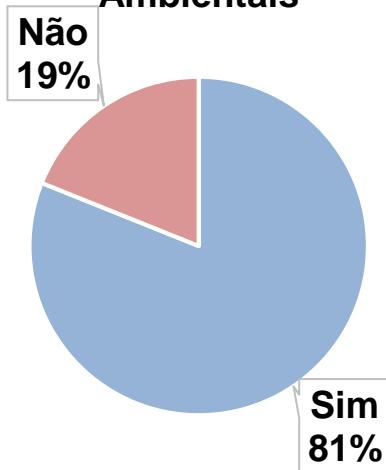


Figura 61: Disposição dos entrevistados, de forma geral, de cooperar com os Órgãos Ambientais, sabendo quais são eles.

Fonte: Elaboração própria.

Questão 12: Você gostaria de receber informações sobre a qualidade do ar no Rio de Janeiro/Brasil/Mundo?

A maior parte dos entrevistados respondeu que deseja receber informações sobre a Qualidade do Ar. 59% (Figura 62).

Informações sobre a Qualidade do Ar

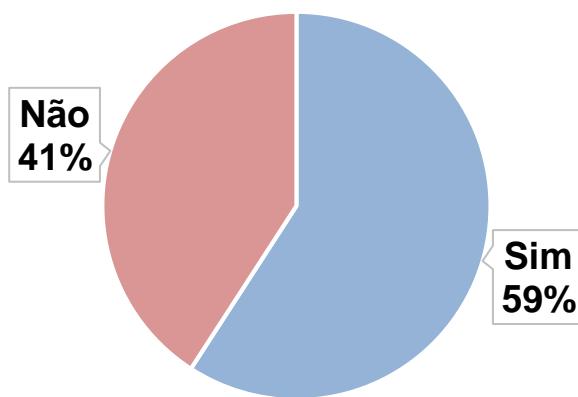


Figura 62: Se o entrevistado gostaria de receber informações sobre a Qualidade do Ar

Fonte: Elaboração própria.

A estação de monitoramento do Centro (INEA) apresentou o maior percentual de entrevistados que deseja receber informações sobre a qualidade do ar, 88%. Por outro lado, a estação de Bangu (SECONSERMA) foi o local onde a quantidade de entrevistados que deseja receber informações foi menor, 28% (**Figura 63**).

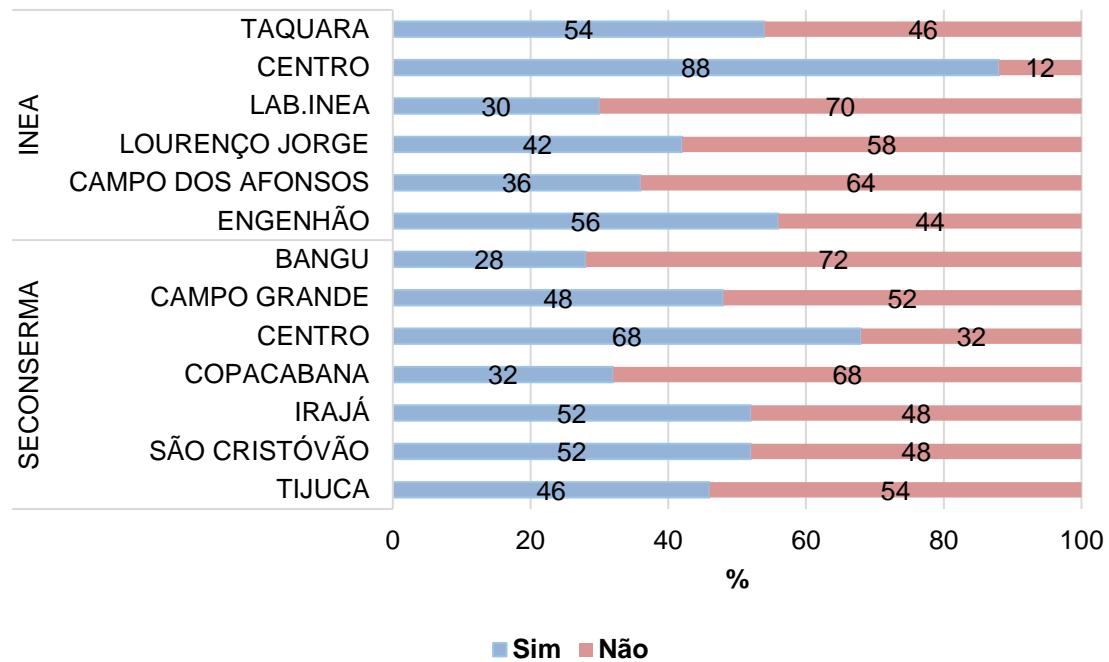


Figura 63: Se o entrevistado gostaria de receber informações sobre a Qualidade do Ar, por estação de monitoramento.

Fonte: Elaboração própria.

7. CONCLUSÕES

Quanto ao IQA calculado para as concentrações de poluentes legislados, tanto nas estações da SECONSERMA como nas estações do INEA, os dados de monitoramento foram enquadrados, majoritariamente, na classificação de qualidade do ar “Boa” ou “Regular”, mostrando que, de forma geral, a qualidade do ar no município do Rio de Janeiro durante o ano de 2016 foi apropriada e praticamente não ofereceu riscos à saúde humana. A percepção da população quando indagada sobre a qualidade do ar em seu bairro se mostrou condizente com a avaliação dos dados de monitoramento obtidos, dado que a maioria dos entrevistados considerou a qualidade do ar em seu bairro como “Regular”.

O Centro foi o bairro em que a percepção da qualidade do ar se revelou mais discrepante com relação aos dados de monitoramento. Praticamente a metade dos entrevistados classificou a qualidade do ar no bairro como “Péssima”. Entretanto, com base nos dados coletados, as concentrações de poluentes monitorados na região ficaram na faixa de IQA “Boa” ou “Regular”. Um ponto positivo foi que os entrevistados neste bairro afirmaram, em sua maioria, que desejam receber mais informações sobre a qualidade do ar, o que pode contribuir para melhorar a percepção deste público a respeito das condições atmosféricas.

Todas as estações de monitoramento da qualidade do ar pertencentes ao INEA exibiram dados de concentrações de poluentes abaixo da primeira meta intermediária da OMS (IT1), ou seja, a qualidade do ar no ano de 2016 foi considerada como “Própria” nessas estações. Além disso, nenhuma estação de monitoramento do INEA apresentou concentrações de poluentes atmosféricos que ficassem abaixo da condição “Regular” de qualidade do ar, estando dentro padrão de qualidade preconizado na CONAMA nº 03/90. Vale lembrar que, quando a qualidade do ar é classificada como “Regular”, significa que pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), poderiam apresentar sintomas como tosse seca e cansaço, porém, a população, em geral, não é afetada.

Com relação às estações da SECONSERMA, algumas apresentaram dados de monitoramento abaixo da condição “Regular” de qualidade do ar, como na condição “Inadequada” e “Má”, que ocorrem quando a concentração dos poluentes está entre o seu padrão de qualidade e os níveis de atenção. Isso foi verificado nas estações de

monitoramento de Bangu, Tijuca, Irajá e Campo Grande e aconteceu exclusivamente na análise do parâmetro de O₃.

Acredita-se que isso se deve ao fato do ozônio ser considerado um dos principais componentes da poluição urbana, podendo ter sua concentração aumentada de forma sinérgica através da reação entre outros poluentes do ar (hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio) na presença de calor e luz solar. Como o município do Rio de Janeiro é uma região bastante urbanizada e com incidência constante de radiação solar ao longo do ano, apresenta uma condição favorável à formação desse poluente atmosférico. Além disso, a presença de indústrias e de uma grande frota de veículos na região, que constituem as principais fontes de HC's e NOx, contribuem massivamente para a formação do O₃.

Para minimizar a formação de O₃, devem ser buscadas alternativas de fontes de energia que possam substituir os combustíveis fósseis. Hoje em dia observa-se um crescimento do mercado mundial voltado para o uso de biocombustíveis, tanto em indústrias como na frota veicular. Além disso, as empresas automobilísticas estão investindo cada vez mais no desenvolvimento de motores híbridos e elétricos para carros, sinalizando o fim dos motores que utilizam energia não-renovável. Consequentemente, essas ações levarão a uma redução gradativa das emissões de poluentes atmosféricos, como o ozônio, gerados a partir da queima de combustíveis fósseis.

Uma constatação relevante foi que, apesar das estações da SECONSERMA da Tijuca, Irajá e Campo Grande terem apresentado qualidade do ar “Inadequada” e em Bangu a qualidade “Má”, quando os dados de monitoramento destas estações foram analisados com relação às categorias de qualidade do ar “Própria” e “Imprópria”, a condição “Imprópria” só foi constatada nas estações da Tijuca e de Bangu e não apareceu nas estações de Irajá e Campo Grande, como esperado.

Isso pode ter ocorrido em virtude do tempo de amostragem de 8 (oito) horas para o parâmetro de O₃ adotado pela OMS. Esse tempo de amostragem foi usado para diferenciar a quantidade de concentrações de O₃ registradas nas categorias “Própria e “Imprópria”. Como na CONAMA nº 03/90 o tempo de amostragem é de 1 (uma) hora, registros de ultrapassagens ao padrão de qualidade do ar ficam mais evidentes do que quando aplicadas as médias móveis para o tempo de amostragem de 8 (oito) horas.

Assim, tendo em vista que tanto na CONAMA nº 03/90 como na IT1 da OMS o valor padrão de O₃ é 160 µg/m³, mas há essa diferença no tempo de amostragem, pode-se concluir que a aplicação da IT1 não foi interessante para o O₃ por ser menos restritiva do que a legislação brasileira atual. Nos Estados Unidos e na União Europeia, adota-se a média de tempo de amostragem de 8 (oito) horas, mas apresentam valores mais restritivos do que a IT1 da OMS para o O₃, de 150 120 µg/m³ , respectivamente.

Na parte de avaliação da percepção pública do presente projeto, notou-se que a grande maioria da população entrevistada, em todos os bairros, percebe que existe poluição do ar e tem conhecimento sobre os efeitos negativos que esta pode causar à saúde humana. O bairro de Irajá foi onde se obteve o maior número de pessoas alegando não ter conhecimento sobre os efeitos negativos da poluição do ar e não notar a essa poluição no bairro.

Esse cenário é agravado pelo fato de Irajá ter sido um dos bairros em que os resultados do monitoramento apresentaram a característica de qualidade do ar “Inadequada”. Ou seja, a população nessa área está sujeita a piores condições de qualidade do ar ao mesmo tempo em que não as percebe e nem tem ciência das suas implicações à saúde.

Isso nos leva a concluir que a maior divulgação de material sobre a qualidade do ar se faz necessária, principalmente nas regiões em que a qualidade não está apropriada, atingindo um número maior de indivíduos para que estes possam tomar as medidas cabíveis dependendo da qualidade do ar, como cuidados à saúde e saber a quem recorrer em casos de denúncias de episódios de poluição.

Outro ponto preocupante constatado através da pesquisa de campo foi que quase 90% dos entrevistados afirmou não saber a quem recorrer em casos de poluição do ar. E esta percentagem foi ainda maior em Bangu (96%), o único bairro que chegou a registrar concentrações de poluentes na faixa “Má” do IQA no período de amostragem avaliado. Em contrapartida, mais de 80% dos entrevistados se mostrou disposto a cooperar com os órgãos ambientais, denunciando problemas de poluição do ar no Rio de Janeiro. Então, pode-se dizer que o desconhecimento da existência dos órgãos ambientais e de suas funções acarreta em uma falta de participação da sociedade na gestão da qualidade do ar, apesar da mesma possuir o interesse de colaborar para a solução de problemas ambientais.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como comentários finais deste estudo, é importante ressaltar que extensão universitária esteve presente na etapa de aplicação dos questionários, possibilitando aos acadêmicos envolvidos uma prática profissional que envolvia o contato direto com a sociedade. Além disso, nesta etapa, houve a interação entre alunos de diversas áreas do conhecimento, tais como da Geografia, da Meteorologia, da Engenharia Ambiental etc, que receberam o mesmo treinamento e atuaram na aplicação dos questionários.

Acredita-se que essa atividade do projeto possibilitou aportes importantes à formação do estudante, seja pelas novas informações sobre poluição do ar, seja pelo trabalho com questões relevantes para a sociedade atual. O projeto buscou estabelecer o diálogo entre a Universidade e a sociedade, objetivando retratar os interesses e necessidades da maioria da população e propiciar o desenvolvimento social e o conhecimento sobre a poluição do ar.

Por possuir esse viés de Extensão, o projeto foi apresentado no 5º Encontro de Ensino, Extensão e Pesquisa dos alunos (as) participantes de atividades de extensão do IGEO/UFRJ, no qual foram discutidos desafios e conquistas do tripé Ensino, Pesquisa e Extensão. Também há previsão de apresentação do presente trabalho na 9ª SIAC (9ª Semana de Integração Acadêmica da UFRJ).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBEX, Marcos Abdo et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J. Bras. Pneumol.** São Paulo. out. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

ATMA, Assessoria Técnica em Meio Ambiente. **Padrões de Qualidade do Ar no Brasil (CONAMA 03/90) e no mundo – OMS; União Europeia e Estados Unidos.** Disponível em: <http://atmabh.com.br/?page_id=88>. Acesso em: 10 jul. 2018.

AZUAGA, D. Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil. Tese de mestrado em Engenharia – UFRJ, 2000. Disponível em: <<http://ppe.ufrj.br/ppe/production/thesis/dazuaga.pdf>>. Acesso em: 29/06/2018

BAER, Norbert S.; BANKS, Paul N.. Indoor air pollution: Effects on cultural and historic materials. **International Journal Of Museum Management And Curatorship**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.9-20, mar. 1985. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09647778509514946>.

BAIRD, C.; CANN, M. Química Ambiental – Quarta Edição. Porto Alegre. Bookman. 2011.

BELL, M. L. et al. The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, Sao Paulo, and Mexico City. **Environmental Research**, Waltham, v. 100, n. 3, p. 431-440, Mar. 2006.

BELO, Pedro Ivo Diogenis; TOFOLI, Rodney. **Quantificação dos níveis de partículas finas (MP_{2,5}) no município de vitória.** 2011. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011. Disponível em: <http://www.engenhariaambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/quantificacao_dos_niveis_de_particulas_finas_mp25_no_municipio_de_vitoria.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018

Bickerstaff, K. & Walker, G. 2001. Public understandings of air pollution: the 'localisation' of environmental risk. *Global Environmental Change*: 133-145

BONETTI, T.M. Desenvolvimento de metodologia analítica para a avaliação de contaminações atmosféricas por BTEX em postos de abastecimento de combustíveis. 2011. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2011.

BRAGA, Alfesio et al. **Poluição atmosférica e saúde humana**. Revista Usp, São Paulo, n. 51, p.58-71, dez. 2001.

BRAGA, B., HESPAÑOL, I., CONEJO, J.G.L., MIERZWA, J.C., BARROS, M.T.L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N. e EIGER, S., (2005), **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**, 2.ed., São Paulo: PearsonPrentice Hall, 2005.168-208p.

BRAGANÇA, Daniele. **Brasil não cumpre legislação sobre qualidade do ar**. 2017. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/reportagens/brasil-nao-cumpre-legislacao-sobre-qualidade-do-ar/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRASIL, CONSTITUIÇÃO FEDERAL. 1988.

_____. **Lei Nº. 6.938, DE 31 DE OUTUBRO DE 1981**, que define a política Nacional do Meio Ambiente.

_____. **Resolução CONAMA Nº005, DE 15 DE JUNHO DE 1989**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no – PRONAR. Publicado no D.O.U. de 30 de agosto de 1989. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acesso em: 04 jun. 2018 (a)

_____. **Resolução CONAMA Nº003, DE 28 DE JUNHO DE 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no – PRONAR. Publicado no D.O.U. de 22 de agosto de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

_____. **Revisão da Resolução CONAMA Nº 03/1990 – Padrões de Qualidade do Ar**. [s. l.], 04 jul. 2018. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/PropResol_Rev03_17aCTAJ_VLIMPA.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018.

_____. **Lei Nº 10.650 DE 16 DE ABRIL DE 2003.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.650.htm>. Acesso em: 05 agosto de. 2018.

_____. **Lei Nº 12.527, DE 18 DE NOVEMBRO DE 2011.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm>.

_____. **DECRETO Nº 44.072 DE 18 DE FEVEREIRO DE 2013.** Regulamenta os padrões de qualidade do ar no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/50991601/doerj-poder-executivo-19-02-2013-pg-1>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

_____. **Decreto Nº 59.113, DE 23 DE ABRIL DE 2013.** Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. São Paulo, SP, Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/qualidade-ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/decreto-59113de230413.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2018 (b).

_____. **Ministério da Saúde.** Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Síntese de evidências para políticas de saúde: reduzindo a emissão do poluente atmosférico – material particulado – em benefício da saúde no ambiente urbano. Brasília: Ministério da Saúde/EVIPNet Brasil, 2016. 52 p.

BRETSCHNEIDER,B.,KURFURST,J.,1987, Air Pollution Control Technology,Amsterdam Oxford-New York,Elsevier.

BROWN, Paul et al. Latino and Non-Latino Perceptions of the Air Quality in California's San Joaquin Valley. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [s.l.], v. 13, n. 12, p.1242-1252, 15 dez. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph13121242>. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1660-4601/13/12/1242.htm>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

BRUNEKREEF B.; HOLGATE, S.T. Air pollution and health. Lancet, v. 360, n. 9341, p. 1233-1242, 2002.

CANÇADO, José Eduardo Delfini et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **J Bras Pneumol.** São Paulo, p. 5-11. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v32s2/a02v32s2.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

CAREY, I. M. et al. Mortality Associations with Long-Term Exposure to Outdoor Air Pollution in a National English Cohort. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 187, n. 11, p. 1226-1233, June 2013.

CASTRO, Hermano Albuquerque de et al. Efeitos da poluição do ar na função respiratória de escolares, Rio de Janeiro, RJ. **Revista de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 43, p.26-34, 2009. Disponível em: <https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0034-89102009000100004&script=sci_arttext&tlang=es>. Acesso em: 13 ago. 2018.

CASTRO, H. A.; GOUVEIA, N.; ESCAMILA-CEJUDO, J. A.. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde.** Rev.Bras. de Epidemiologia. 6 (2)., 2003.

CAVALCANTI, Paulina Maria Porto Silva. **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva.** 2010. 248 p. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, 2010. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/paulina_maria.pdf>. Acesso em: 30 maio 2018.

CDP, Companhia de Docas do Pará -. **Monitoramento da Qualidade do Ar.** S.I: Companhia de Docas do Pará - CDP, [20--]. 11 p. Disponível em: <<https://www.cdp.com.br/documents/10180/26801/Monitoramento+Qualidade+do+Ar..pdf/e4824edf-4477-4f0e-99ae-f7d1a19efc21>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

CEDRAZ, Mariana Oliveira. **Análise estatística das concentrações atmosféricas do material particulado PM10 em três regiões distintas do estado do Rio de Janeiro.** 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/23457/1/MarianaOliveiraCedraz_DISSERT.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2018.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Estudo do Comportamento do Ozônio na Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, 2002.

_____. **RELATÓRIO DE QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO.** São Paulo: Cetesb, 2006. 167 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 04 jul. 2018.

_____. **Qualidade do Ar: Poluentes.** Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 01 jun. 2018 (a).

_____. **Padrões de Qualidade do Ar.** Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>>. Acesso em: 10 jul. 2018 (b).

_____. **Padrões, índices.** 2018. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar indice_padroes.mtc.asp>. Acesso em: 22 jul. 2018 (c).

_____. **Operação Inverno.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/operacao-inverno/>>. Acesso em: 15 ago. 2018 (d).

CISNEROS, Ricardo et al. Understanding Public Views about Air Quality and Air Pollution Sources in the San Joaquin Valley, California. *Journal Of Environmental And Public Health*, [s.l.], v. 2017, p.1-7, 2017. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/4535142>.

CLEMENTE, D. A. – Estudo de Impacto Ambiental das Fontes Industriais de Poluição do Ar no Município de Paulínia – S.P. Empregando Modelo ISCST3.2000. C.591e: Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de mestre em Engenharia Química – Campinas, 2000. 179p.

CONCAWE. Techniques for detecting and quantifying fugitive emissions – results of comparative field studies. Brussels: Environmental Science For The European Refining Industry, 2015. Disponível em: <https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/2017/01/rpt_15-6.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

CONCEICAO, G. M. S. et al. Air pollution and child mortality: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. **Environmental Health Perspectives**, [S.I.], v. 109, n. 3, p. 347-350, June 2001.

CONSEMA aprova novos padrões de qualidade do ar para São Paulo. **Bepa. Boletim Epidemiológico Paulista**, São Paulo, v. 91, n. 8, p.27-29, 2011. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/Consema%20aprova%20novos%20%20padr%C3%B5es%20de%20qualidade%20do%20ar%20para%20S%C3%A3o%20Paulo.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2018.

CÓNSUL, J. M. D.; THIELE, D.; VESES, R. C.; BAIBICH, I. M.; DALLAGO, R. M. Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio. *Química Nova*. 2004, vol.27, n.3, pp.432-440.

Conti, M.M., Menegussi, L.R., Reis, N.C., Santos, J.M., Silva, F.J., Scandian, C. Chemical and morphological characterization of dustfall (dry deposition) in Vitória - ES, Brazil.

CUNHA, José Mauro de Carvalho. **Avaliação econômica das alternativas de Monitoramento da Poluição do Ar e os Efeitos na Saúde da população do rj.** 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli309.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

CURTIS, L.; REA, W.; SMITH-WILLIS, P.; FENYVES, E.; PAN, Y. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*, v. 32, n. 6, p. 815-830, 2006.

DE CARVALHO, Mariana Bulhões Freire. **Poluição atmosférica e Mudanças climáticas**. 2009. 39 f. Relatório PIBIC - Curso de Direito, Puc-rio, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2009/relatorio/dir/mariana_carvalho.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.

DIAS, José Walderley Coêlho. **Amostrador de Pequeno Volume para Coleta de Fumaça e SO₂: MANUAL DE OPERAÇÃO**. Rio de Janeiro: Energética Qualidade do Ar, 2016. Disponível em: <http://www.energetica.ind.br/wp/env1/wp-content/uploads/2016/01/env1_manual_ops-g_rev_00.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2018.

DOCKERY, D. W. et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. **The New England Journal of Medicine**, Waltham, v. 329, n. 24, p. 1753-1759, Dec. 1993.

DOURADO, Harerton Oliveira. **Métodos de Medição e Monitoramento de Contaminantes Atmosféricos**. Vitória., 2005.

EC - EUROPEAN COMISSION. AIR QUALITY STANDARDS. 2014. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

ECYCLE. Chumbo: metal pesado também é poluente atmosférico. 2018. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63-meio-ambiente/2433-chumbo-meta-pesado-o-que-e-onde-se-aplica-pb-grupo-processos-industriais-solo-agua-ar-descarte-incorrecto-efeitos-saude-humana-neurites-encefalopatias-criancas-sangue-como-evitar-gasolina-aviacao-contato-dia-a-dia.html>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

EEA - European Environment Agency. Sinais da EEA 2013: o ar que respiramos. Copenhagen, 2013. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/pt/publications/sinais-2013-o-ar-que-respiramos>> . Acesso em: 19 jul. 2018.

Elliott, S. J., Cole, D. C., Krueger, P., Voorberg, N. and Wakefield, S. (1999), The power of perception: health risk attributed to air pollution in an urban industrial neighborhood. *Risk Analysis*, 19: 621–634. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00433.x>.

EMBERSON, L.; ASHMORE, M.; MURRAY, F. **Air pollution impacts on crops and forests: a global assessment**. Londres: Imperial College Press, 2003. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20043159545>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

EGONDI, Thaddaeus et al. Community Perceptions of Air Pollution and Related Health Risks in Nairobi Slums. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [s.l.], v. 10, n. 10, p.4851-4868, 11 out. 2013. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph10104851>.

EPA - Environmental Protection Agency, 1996, Biogenic Sources Preferred Methods – Final Report, Volume V, 1996.

_____. 1997, Introduction to The Emission Inventory Improvement Program, volume I, 1997.

_____. 2001. Volume 3 - Area Sources and Area Source Method Abstracts, 2001. Disponível em: <<https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/volume-3-area-sources-and-area-source-method-abstracts>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

_____. 2004: Mobile Source Emissions – Past, Present and Future, 2004. Disponível em: <www.epa.gov/otaq/inventory/overview/examples.htm>. Acesso em: 01 jun. 2018.

_____. 2007. **AMBIENT AIR MONITORING NETWORK ASSESSMENT GUIDANCE: Analytical Techniques for Technical Assessments of Ambient Air Monitoring Networks.** North Carolina: U.s. Environmental Protection Agency, 2007. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/datamang/network-assessment-guidance.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2018.

_____. **Basic Information about the Emission Standards Reference Guide for On-road and Nonroad Vehicles and Engines.** Disponível em: <<https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide/basic-information-about-emission-standards-reference-guide-road>>. Acesso em: 01 jun. 2018 (a).

_____. **Our Mission and What We Do.** 2018. Disponível em: <<https://www.epa.gov/aboutepa/our-mission-and-what-we-do>>. Acesso em: 19 jul. 2018 (b).

_____. **Overview of the Clean Air Act and Air Pollution.** 2018. Disponível em: <<https://www.epa.gov/clean-air-act-overview>>. Acesso em: 19 jul. 2018 (c).

European Aerosol Conference, Karlsruhe, 2009. Disponível em:<<http://www.gaef.de/eac2009/EAC2009abstracts/T04%20AA%20aerosol%20processes%20and%20properties/T043A13.pdf>> Acesso em: 15 jul. 2018.

Farfel, M. R., Orlova, A.O., Lees, P.S.J., Rohde C., Ashley, P.J., Chilsom, J.J., A study of urban housing demolition as a source of lead in ambient dust on sidewalks, streets, and alleys. *Environmental Research* 99, 204-213, 2005.

FARHAT, S. C. L. et al. Effect of air pollution on pediatric respiratory emergency room visits and hospital admissions. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirao Preto, v. 38, n. 2, p. 227-235, Sept. 2005.

FELISBERTO, Agda et al. **INVENTÁRIO DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR – MORRO DA FUMAÇA - SC**. Criciúma: S.n., 2013. 43 p.

FREITAS, Rafael Estrela de; RIBEIRO, Karla Cristina Campos. Educação e Percepção Ambiental para a Conservação do Meio Ambiente na cidade de Manaus uma análise dos processos educacionais no centro municipal de educação infantil Eliakin Rufino. **Revista Eletrônica Aboré**: Publicação da Escola Superior de Artes e Turismo, Manaus, nov. 2007.

FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS (FORPROEX). Política Nacional de Extensão Universitária. Gráfica da UFRGS. Porto Alegre, RS, 2012 (Coleção Extensão Universitária; v. 7).

FORSBERG, B; STJERNBERG, N; WALL, S. People can detect poor air quality well below guideline concentrations: a prevalence study of annoyance reactions and air pollution from traffic.. **Occupational And Environmental Medicine**, [s.l.], v. 54, n. 1, p.44-48, 1 jan. 1997. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.54.1.44>.

Friedman MS, Powell KE, Hutwagner L, Graham LM, Teague WG. Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA*. 2001;285(7):897-905. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1001/jama.285.7.897>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

GREENLAND S. Tests for interaction in epidemiologic studies: a review and study of power. *Stat Med*. 1983;83:243–251

GROSJEAN, E.; GROSJEAN, D.; Formation of Ozone in Urban Air by Photochemical Oxidation of Hydrocarbons: Captive Air Experiments in Porto Alegre, RS. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 1998. Vol. 09. No. 2 p. 131-143.

GURGUEIRA, Sonia A. et al. Rapid increases in the steady-state concentration of reactive oxygen species in the lungs and heart after particulate air pollution inhalation.

Environ Health Perspect. S.l., p. 749-755. ago. 2002. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240944/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

HOGAN, C. (2011). Air pollution line source. Disponível em: <http://editors.eol.org/eoearth/wiki/Air_pollution_line_source>. Acesso em: 01 jun. 2018

Howel, D., Moffatt, S., Bush, J., Dunn, C. E., & Prince, H. (2003). Public views on the links between air pollution and health in northeast England. *Environmental Research*, 91(3), 163-171. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0013-9351\(02\)00037-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0013-9351(02)00037-3)

HU, T. et al. Morphology and elemental composition of dustfall particles inside emperor Qin'stterra-cotta warriors and horses museum. *China Partic.* Vol. 4, No 6, 346-351, 2006.

IAP, Instituto Ambiental do Paraná -**Relatório da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba - Ano 2013**. Curitiba: IAP, 2013. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Relatorios_qualidade_do_ar/RELATORIO_AR_2013_final.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial brasileira. Panorama dos Estados. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 07 ago. 2010.

IEMA, Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Relatório de Qualidade do AR RMGV. Grande Vitória: 2010. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios_anuais/Relat%C3%B3rio_Anual_de_Qualidade_do_Ar_2010.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2018.

_____. **Relatório de Qualidade do AR RMGV.** Grande Vitória: 2013. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RAMQAR/Relat%C3%B3rio_Anual_de_Qualidade_do_Ar_2013.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2018.

_____. **Relatório de Qualidade do AR RMGV.** Grande Vitória: **2014 (a)**. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios_anuais/Relat%C3%B3rio_Anual_de_Qualidade_do_Ar_2014_site_atualizado.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2018

_____. Governo do Estado do Espírito Santo. **Qualidade do Ar.** Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/qualidadedoar/legislacao>>. Acesso em: 14 jul. 2018 (a)

IEMA, Instituto de Energia e Meio Ambiente. 1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. [s. L.]: Instituto de Energia e Meio Ambiente, **2014 (b)**. 264 p. Disponível em: <http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Versao_Final_Std.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2018.

INEA, Instituto Estadual do Ambiente. Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro - Ano Base 2015. Rio de Janeiro: INEA, 2016. 191 p. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_dimfis_gear/documents/document/zewew/mtmx/~edisp/inea0131852.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2018.

_____. Legislação Ambiental, disponível em www.inea.rj.gov.br, 2010.

_____. **INSTRUÇÃO TÉCNICA DILAM/CEAM Nº 11/2015.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zewew/mdk0/~edisp/inea0094528.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

_____. **Qualidade do Ar.** 2018. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Monitoramento do Ar-EmiQualidade/Qualidoar/index.htm&lang=>>>. Acesso em: 07 ago. 2018 (a).

_____. **Dados do Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia.** 2018. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Monitoramento do Ar-EmiQualidade/Qualidoar/index.htm&lang=>>>. Acesso em: 07 ago. 2018 (a).

EmiQualidade/Qualidoar/DadosQualidadeAr_Meteorologia/index.htm&lang=>. Acesso em: 25 ago. 2018 (b).

_____. **Rede Automática de Monitoramento de Qualidade do Ar.** 2018. Disponível em:
<<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Monitoramentodoar-EmiQualidade/Qualidoar/Redeautdemonitdaqualidoar/index.htm&lang=#ad-image-0>>. Acesso em: 26 ago. 2018 (c).

INEANA. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente, v. 4, n. 1, dez. 2016. Disponível em:
<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_vpresa_geiat/documents/documents/document/zewew/mtmz/~edisp/inea0133565.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE APOIO AO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 348, de 14 de março de 1990. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar e as concentrações de poluentes atmosféricos.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde.** São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2013. Disponível em:
<http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2013/09/Documentofinaldapesquisapadrao_2409-FINAL-sitev1.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

_____. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil.** São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014 (a). Disponível em:
<<http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/07/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-2014.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

_____. **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de Rio de Janeiro sob a visão da saúde.** São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014b. Disponível em: <http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/10/Poluicao-RJ_FINAL.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

_____. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2015.** São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2015. 149 p. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/12/Cetesb_Saude_FINAL_V2_WEB.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2018.

JACOBI, Pedro R.. Households and environment in the city of São Paulo; problems, perceptions and solutions. **Environment And Urbanization**, [s.l.], v. 6, n. 2, p.87-110, out. 1994. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/095624789400600206>.

JESUS, Emanuel Fernando Reis de. A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS CHUVAS ÁCIDAS NO CONTEXTO DA ABORDAGEM CLIMATOLÓGICA. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 14, p.143-153, 1996. Disponível em: <http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/14/a_importancia_do_estudo_das_chuvas_acidas.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.

KAWANO, Mauricy. **PADRÕES DA QUALIDADE DO AR NO BRASIL.** Curitiba: 3º SimpÓsio Maui, 2018. 38 slides, color. Disponível em: <http://www.prppg.ufpr.br/site/sba-maui/wp-content/uploads/sites/53/2018/04/14-00-mauricy_kawano_sbmaui_padroes_qualidade_ar.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018.

KIM, Myounghee; YI, Okhee; KIM, Ho. The role of differences in individual and community attributes in perceived air quality. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 425, p.20-26, maio 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.016>.

KUSMIEREK, Elzbieta; CHRZESCIJANSKA, Ewa. Atmospheric corrosion of metals in industrial city environment. **Data In Brief**, [s.l.], v. 3, p.149-154, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2015.02.017>.

LAGE, Mariana de Oliveira. **Hierarquização das áreas de concentração de emissão de poluentes decorrentes do transporte de carga em São Paulo utilizando técnicas de geoprocessamento.** 2016. 208 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-25082016-100157/publico/MarianadeOliveiraLageCorr16.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

LACAVA, Carlos Ibsen Vianna. Avaliação da qualidade do ar. In: Emissões atmosféricas. 2003. p. 131 - 180. Disponível em: <http://www.ambiental.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2014/08/Livro_TGA-EA-cap_2_QUAL_AR.pdf>. Acesso em: 07 agosto 2018.

LEMOS, Joewander Fernandes. **Poluição veicular: Avaliação dos Impactos e Benefícios ambientais com a renovação da frota veicular leve na cidade de São Paulo.** 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LEPEULE, J. et al. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard six cities study from 1974 to 2009. **Environmental Health Perspectives**, [s.l.], v. 120, n. 7, p. 965-970, Mar. 2012.

LIAO, Xiong et al. Residents' perception of air quality, pollution sources, and air pollution control in Nanchang, China. **Atmospheric Pollution Research**, [s.l.], v. 6, n. 5, p.835-841, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.5094/apr.2015.092>.

LIMA, Yara da Luz et al. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E CLIMA: REFLETINDO SOBRE OS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR NO BRASIL: O CLIMA DAS CIDADES. **Revista Geonorte**, [s.l.], v. 2, n. 5, p.555-564, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2515/2323>>. Acesso em: 05 jul. 2018

LILLIE, Robert J. **AIR POLLUTANTS AFFECTING THE PERFORMANCE OF DOMESTIC ANIMALS:** A Literature Review. Washington Dc: United States Department Of Agriculture, 1972. 108 p. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT72349227/PDF>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

LISBOA, Henrique de Melo. CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: QUÍMICA DA ATMOSFERA. Florianópolis: UFSC, 2008. 5 v. Disponível em: <<http://repositorio.asces.edu.br/bitstream/123456789/418/8/Cap%205%20Qu%C3%A9mica%20da%20Atmosfera.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

LISBOA, Henrique de Melo; KAWANO, Mauricy. **CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: MONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS.** Montreal, 2007. 70 p. Disponível em: 140

<<http://repositorio.asces.edu.br/bitstream/123456789/418/7/Cap%204%20Monitoramento%20de%20poluentes%20atmosf%C3%A9ricos.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

LIU, P. W.G.; JOHNSON, R. Forecasting peak daily ozone levels-I. A regression with time series errors model having a principal component trigger to fit 1991 ozone levels. **Journal of the Air & Waste Management Association**. v. 52, n. 9, p1064-1074, 2002.

LOUREIRO, Luciana Neves. **PANORÂMICA SOBRE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS: ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO PARA FONTES MÓVEIS.** 2005. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/lnloureiro.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

LRA - Laboratório de Referência do Ambiente. **Determinação do monóxido de carbono em estações de medição da qualidade do ar.** Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, 2010. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/_zdata/LRA/Manuais,%20Guias,%20Notas%20Técnicas/Nota%20Técnica%20CO_28%20Dez2010.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2018.

LUMA SENSE TECHNOLOGIES. **Tecnologia de Infravermelho Não Dispersivo (NDIR).** Disponível em: <<https://www.lumasenseinc.com/BR/products/techoverview/our-technologies/ndir/infravermelho-nao-dispersivo-ndir.html>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do Solo e a Mitigação da Mudança Climática Global. Química Nova. Vol. 28, No. 2, p.329-334, 2005.

MAIA, L. F. P. G.; MARTINS, E.; MONCUNNIL, D. F. & FREITAS, P. R. C. Alguns aspectos climatológicos do ar superior no Rio de Janeiro. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Salvador, p. 399-404, 1990.

MCLAREN, J.; WILLIAMS, I. D. The impact of communicating information about air quality events on public health. Science of Total Environment, Waltham, n. 538, p. 478-491, 2015. Disponível em: . Acesso em: 21 ago. 2018.

MANZOLI, Anderson. ANÁLISE DAS EMISSÕES VEICULARES EM TRAJETOS URBANOS CURTOS COM LOCALIZAÇÃO POR GPS. 2009. 178 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MARTÍNEZ, A.P., ROMIEU, I. **Efectos de la contaminacion del aire em la salud**, Introducción al monitoreo atmosférico. Metepec: ECO, p.189-211, 1997. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvscie/fulltext/intromon/cap7.pdf>. Acesso em 10 agosto 2018.

MARTINS, Lourdes Conceição et al. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. **Rev. Bras. Epidemiol.**, São Paulo, v. 4, n. 3, p.220-229, 2001.

Mascarenhas MD, Vieira LC, Lanzieri TM, Leal AP, Duarte AF, Hatch DL. Anthropogenic air pollution and respiratory disease-related emergency room visits in Rio Branco, Brazil - September, 2005. *J Bras Pneumol.* São Paulo. jan. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132008000100008>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

MAUDERLY, Joe L.; SAMET, Jonathan M. Is There Evidence for Synergy Among Air Pollutants in Causing Health Effects? **Environmental Health Perspectives**, [s.l.], v. 117, n. 1, p.1-6, 22 ago. 2008. Environmental Health Perspectives. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.11654>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2627851/>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

MAYNARD, R. Key airborne pollutants: the impact on health. *Science of the Total Environment*, v. 334-335, p. 9-13, 2004.

MELO, Victor Andrade de. O AUTOMÓVEL, O AUTOMOBILISMO E A MODERNIDADE NO BRASIL (1891-1908). *Rev. Bras. Cienc. Esporte*, Campinas, v. 30, n. 1, p.187-203, set. 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=401338534013>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

MIDDLETON, J. T.; KENDRICK, J. B.; SCHWALM, H. W. Injury to herbaceous plants by smog or air pollution. **Plant Disease Reporter**. California, p. 245-252. 1950.

MMA Ministério do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA 5, de 15 de junho de 1989. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acesso em: 01 jun 2018 (a).

_____. **CIDADES SUSTENTÁVEIS - QUALIDADE DO AR.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/perguntasfrequentes?catid=10>>. Acesso em: 01 jun. 2018 (b).

_____. **RESOLUÇÃO CONAMA NOVOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR:** Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/Apresentacao_RudolfeLuis.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018 (c).

_____. Poluentes Atmosféricos. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>>. Acesso em: 25 ago. 2018 (d).

MONTE, Edson Zambon et al. Impactos das Variáveis Meteorológicas na Qualidade do Ar da Região da Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 31, n. 41, p.546-554, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786312314b20150100>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v31n4s1/0102-7786-rbmet-31-04-s1-0546.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

MOREIRA, Davidson Martins; TIRABASSI, Tiziano; MORAES, Marcelo Romero de. METEOROLOGIA E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 1, n. , p.1-13, jan-jun 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v11n1/01.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, VIGIAR VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL RELACIONADA À QUALIDADE DO AR. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde / Ms, 2006. 43 p. Disponível em: <<http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/sesap/DOC/DOC000000000155422.PDF>>. Acesso em: 04 ago. 2018.

_____. **Reunião da Câmara Técnica de Vigilância em Saúde Ambiental:** S.I., 2017. 242 slides, color. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/CONASS/vigilancia-143>>

em-sade-de-populaes-expostas-poluo-atmosfrica-vigiar?from_action=save>. Acesso em: 15 ago. 2018.

_____. **MANUAL DE INSTRUÇÕES – UNIDADE SENTINELA – 2014:** Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos - VIGIAR. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/21/Anexo2-Manual-US-2014.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

_____. **Ações do Vigiar.** 2018. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigiar/acoes-do-vigiar>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

NEWMAN, James R.. Effects of industrial air pollution on wildlife. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 15, n. 3, p.181-190, abr. 1979. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207\(79\)90039-9](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207(79)90039-9).

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. OECD: 2012.

OESCH, S.; FALLER, M.. Environmental effects on materials: The effect of the air pollutants SO₂, NO₂, NO and O₃ on the corrosion of copper, zinc and aluminium. A short literature survey and results of laboratory exposures. **Corrosion Science**, [s.l.], v. 39, n. 9, p.1505-1530, set. 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0010-938x\(97\)00047-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0010-938x(97)00047-4).

OLIVEIRA, Vinicius de. **A qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: a saúde pública como elo central de articulação e suas implicações na gestão integrada saúde e ambiente.** 2008. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Fiocruz, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/4340/2/386.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

OLTRA, Christian; SALA, Roser. Perception of risk from air pollution and reported behaviors: a cross-sectional survey study in four cities. **Journal Of Risk Research**,

[s.l.], v. 21, n. 7, p.869-884, 14 dez. 2016. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2016.1264446>.

ONURSAL, B., GAUTAM. S.P., 1997, " Vehicular Air Pollution: Experiences from Seven Latin American". World Bank Technical Paper, nº.373.

PALMA, Ivone Rodrigues. **ANÁLISE DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO AO PLANEJAMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL.** 2005. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metalurgia Extrativa e Tecnologia Mineral, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Pendleton, L., Martin, N., & Webster, D. G. (2001). Public perceptions of environmental quality: A survey study of beach use and perceptions in Los Angeles county. *Marine Pollution Bulletin*, 42(11), 1155-1160. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00131-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00131-X)

PIRES, Dilson Ojeda. **INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE FONTES ESTACIONÁRIAS E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A POLUIÇÃO DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO.** 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/dopires.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

POPE, C. A. et al. Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S. Adults. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 151, n. 3, p. 669-674, Mar. 1995. Disponivel em:
<http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/ajrccm/151.3_Pt_1.669?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed#.VpUtaFQrLcs>. Acesso em: 12 ago. 2018.

PORFIRIO, Marcus (2008). Proposta metodológica para o monitoramento de gases poluentes derivados de veículos automotores em centros urbanos. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM-010A/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 122p.

POZZA, Simone Andréa. IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA CIDADE DE SÃO CARLOS – SP. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - Sp, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4143>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

RAO, N. Venkat; RAJASEKHAR, M.; RAO, Dr. G. Chinna. Detrimental effect of Air pollution, Corrosion on Building Materials and Historical Structures. **American Journal Of Engineering Research (ajer).** S.l., p. 359-364. 2014. Disponível em: <[http://ajer.org/papers/v3\(3\)/ZT33359364.pdf](http://ajer.org/papers/v3(3)/ZT33359364.pdf)>. Acesso em: 17 ago. 2018.

ROSA, Antônio Carlos; SUZUKI, Rogério Yukio. VI-038 - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR: AVALIAÇÃO DE METODOLOGIA BASEADA NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Belo Horizonte: Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, [20--]. p. 1 - 12. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/vi-038.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

Rothman KJ, Greenland S, Last TL. Modern Epidemiology. Philadelphia: Lippincott Williams & Evans; 2008.

RUSSO, Paulo Roberto. A qualidade do ar no município do Rio de Janeiro: análise espaço-temporal de partículas em suspensão na atmosfera. **Revista de C. Humanas**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p.78-93, jan./jun. 2010.

SANTIAGO, Aline. **MATERIAL PARTICULADO TOTAL SUSPENSO NA BAIXA ATMOSFERA EM CUIABÁ-MT NO PERÍODO DE QUEIMADAS.** 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pósgraduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/55.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

SANTANA, E. ,DA CUNHA, K. B., FERREIRA, A.L., ZAMBONI, A. **Padrões de qualidade do ar: Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia.** São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), 2012. 76 p. Disponível em: <<http://www.energiaeambiente.org.br/padroes-de-qualidade-do-ar-experiencia-comparada-do-brasil-eua-e-uniao-europeia>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

SANTOS, E.L., Avaliação do Conceito Bolha como Critério de Compensação Ambiental em Licenciamento de Atividades Poluidoras do Ar Atmosférico – Estudos de Caso no Estado de São Paulo, Dissertação de Mestrado, UFScar, São Paulo, 2004.

SALDIVA, P.H., BRAGA, A.Q.L.F., PEREIRA, L.A., MENEZES, M.R.D.O., **Relação entre Poluição Atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos,** Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, 2001.

VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE – SNCMA, 2017, Anápolis. **Estudo de qualidade do ar por plataformas de monitoramento de dióxido de carbono, metano, dióxido de enxofre e monóxido de carbono assistidos de parâmetros meteorológicos: utilizando estação meteorológica datalogger e sensores Arduino.** S.I.: S.n., 2018. 8 v. Disponível em: <<http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/sncma/article/view/228>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

SEBRAE/RJ. **PAINEL REGIONAL: RIO DE JANEIRO E BAIRROS.** Rio de Janeiro: Observatório Sebrae/rj, 2015. 16 p. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Anexos/Sebrae_INFREG_2014_CapitalRJ.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2018.

Seinfeld JH, Pandis S. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. Volume 2nd ed. New York: John Wiley; 2006

SIEGELL, J. H. Control valve fugitive emissions. Hydrocarbon Processing, p.45-47, August 1997.

Seinfeld J. H.; Pandis S. N.; Atmospheric Chemistry and Physics: From air pollution to climate change. 2a Ed. John Willey and Sons Inc. 2006.

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre. Aspectos da poluição atmosférica: uma reflexão sobre a qualidade do ar nas cidades brasileiras. **Ciência e Sustentabilidade - Ces**, Juazeiro do Norte, v. 3, n. 1, p.166-189, 02 jun. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/cienciasustentabilidade/article/view/180/pdf%20180>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

SILVA, Ricardo de Lima; PIMENTA, Cristiane Ferreira; DUARTE, Prof. Neimar Freitas. **Estudo comparativo dos limites legais de Emissões Atmosféricas no Brasil, EUA e Alemanha.** IFMG: 2015. Disponível em: <<https://www.bambui.ifmg.edu.br/portal/images/SEP/2015/10.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

SILVA, Mauricio Soares da; PIMENTEL, Luiz Claudio Gomes. DESAFIOS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR EM REGIÕES METROPOLITANAS. **Diversidade e Gestão:** Gestão Ambiental: Perspectivas, Conceitos e Casos, [s. L.], v. 1, n. 1, p.107-126, 2017. Disponível em: <http://www.itr.ufrj.br/diversidadeegestao/wp-content/uploads/2017/07/09-Desafios-e-Estrategias-de-Controle-da-Qualidade-do-Ar-em-Regioes-Metropolitanas_Final.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2018.

SILVA, Ana Paula Fiorentin da. **MEDIDAS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂) NA ATMOSFERA DE REGIÕES DAS CIDADES DE CURITIBA E DE ARAUCÁRIA UTILIZANDO AMOSTRAGEM ATIVA.** 2013. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1001/1/CT_COQUI_2012_2_04.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2018.

SILVA, Rogerio Piva; OLIVEIRA, Cassius Rocha. A PERCEPÇÃO DA POLUIÇÃO NA CIDADE DO RIO GRANDE-RS. Sinergia, Rio Grande, v. 15, n. 2, p.21-31, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/sinergia/article/view/2280>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

SMAC – SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Qualidade do Ar na Cidade do Rio de Janeiro:** Relatório da Rede MonitorAr-Rio 2011-2012. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC, 2012. 172 p. Disponível em:

<<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3252594/4114836/RelatorioMonitorar20112012.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

SPIES, B. R. et al. Biomarkers of hydrocarbon exposure and sublethal effects in embiotocid fishes from a natural petroleum seep in the Santa Barbara Channel. *Aquatic Ecology*, v. 34, n. 3, p. 195–219, 1996.

STERN, A. C.; BOUBEL, R. W.; TURNER, D. B.; FOX, D. L., 1984, *Fundamentals of Air Pollution*, Academic Press, Inc., Orlando, Florida.

TEIXEIRA, F.; OLIVEIRA, M. C.; HELLENO. A. L. Telemetria Automotiva via Internet Móvel. *Revista Unisal Americana*, v. 16, n. 28-29, p. 1- 10, 2014.

TIDBLAD, Johan et al. Effects of Air Pollution on Materials and Cultural Heritage: ICP Materials Celebrates 25 Years of Research. **International Journal Of Corrosion**, [s.l.], v. 2012, p.1-16, 2012. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/496321>.

TRESHOW, M.; ANDERSON, F. K. **Plant stress from air pollution**. Chichester: John Wiley And Sons Ltd, 1989. 283 p.

TRIGUEIRO, A. Meio Ambiente no Século 21. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

TZANIS, C. et al. On the corrosion and soiling effects on materials by air pollution in Athens, Greece. **Atmospheric Chemistry And Physics**, [s.l.], v. 11, n. 23, p.12039-12048, 5 dez. 2011. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/acp-11-12039-2011>.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM AND WORLD HEALTH ORGANIZATION (UNEP/WHO). GEMS/AIR Methodology Review Handbooks. Nairobi: United Nations Environment Programme, 1994.

VISSEERS, Amanda. **PERCEPTIONS OF AIR POLLUTION AND ITS IMPACT ON HUMAN HEALTH IN THE SOUTH DURBAN BASIN: A COMMUNITY PERSPECTIVE**. 2010. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geography, Universitiy Of South Africa, Pretoria, 2010. Disponível em: <http://uir.unisa.ac.za/bitstream/handle/10500/4740/thesis_vissers_a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 ago. 2018.

VISSOTTO JUNIOR, D. Transmissão de dados via telemetria: uma opção de comunicação remota. 26 out. 2004. Disponível em: Acesso em: 10 ago. 2018.

Wakefield, S.E.; Elliott, S.J.; Eyles, J.D.; Cole, D.C. Taking environmental action: The role of local composition, context, and collective. *Environ. Manage.* **2006**, 37, 40–53.

WEBB, A.h. et al. Studies on the effects of air pollution on limestone degradation in Great Britain. **Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere**, [s.l.], v. 26, n. 2, p.165-181, jun. 1992. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0957-1272\(92\)90020-s](http://dx.doi.org/10.1016/0957-1272(92)90020-s).

WHO Air quality guidelines global update - Report on a Working Group meeting. Bonn: WHO, 2005. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018

WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide,2006. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 jul. 2018.

WINKLER, E.m.. The importance of air pollution in the corrosion of stone and metals. **Engineering Geology**, [s.l.], v. 4, n. 4, p.327-334, out. 1970. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0013-7952\(70\)90022-0](http://dx.doi.org/10.1016/0013-7952(70)90022-0).

WRI Brasil. **Qualidade do ar no Brasil: o que está em jogo na mudança dos padrões**.2018. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/en/blog/2018/06/qualidade-do-ar-no-brasil-o-que-esta-em-jogo-na-mudan%C3%A7a-dos-padroes>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

YAN, Yihong. **AIR POLLUTION IN CHINA: A STUDY OF PUBLIC PERCEPTION**. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Department Of Landscape Architecture And Regional & Community Planning College Of Architecture, Planning And Design, Kansas State University, Manhattan, Kansas, 2016.

XSIMPEP - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - 2003, UNESP. A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA INTERFERINDO NA QUALIDADE DE VIDA DA SOCIEDADE... [S.I.: s.n.], 2003. 10 p. Disponível em: <http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_24.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018

ANEXOS

ANEXO I – QUESTIONÁRIO PRESENCIAL

PARTE I - IDENTIFICAÇÃO

(a) Data de aplicação: ____ / ____ / ____

(b) Entrevistador (a):

(c) Endereço
(Bairro): _____

PARTE II - PERFIL DO ENTREVISTADO

1 - Nome ou Apelido (opcional):

2 - Grau de escolaridade: (resposta única)

(a) Nenhum	(b) Ensino Médio incompleto	(c) Ensino Médio completo	(d) Superior incompleto
(e) Superior completo	(f) Mestrado	(g) Doutorado	(h) Pós-doutorado

PARTE III - QUALIDADE DO AR NO BAIRRO

3 - Você tem conhecimento dos efeitos negativos da poluição do ar sobre a saúde humana?

(a) Sim (b) Não

4 - Você percebe que existe poluição do ar no bairro?

(a) Sim (b) Não ► Vá para a pergunta

PARTE IV – PERCEPÇÃO DA QUALIDADE DO AR

5 - Na sua opinião, como você avalia a qualidade do ar no bairro?

6 - Como você percebe isso? (1 - percebe menos -> 5 - percebe mais).

Para o Pesquisador: Se o entrevistado não considerar essa situação, assinale “99”.

6.1) Pela presença de odores (cheiro):

(1) (2) (3) (4) (5) (99)

6.2) Pela presença de acúmulo de poeira, pó, partículas, flocos, etc. sobre superfícies diversas.

(1) (2) (3) (4) (5) (99)

6.3) Pela sujeira, escurecimento, esfumaçamento, opacidade e/ou turbidez do ar.

(1) (2) (3) (4) (5) (99)

6.4) Pelo mau estado da vegetação, acúmulo de poeira e/ou alteração na cor das folhas das plantas.

(1) (2) (3) (4) (5) (99)

6.5) Pelo agravamento de problemas respiratórios, como asma, bronquite, narinas irritadas, sensação de ressecamento da mucosa ou até sangramento do nariz nos casos mais graves.

(1) (2) (3) (4) (5) (99)

PARTE V – INFORMAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DO AR

7 - ► Se você perceber que a qualidade do ar não está boa, você saberia a que órgão público recorrer?

- (a) Sim  Vá para a pergunta 8 (b) Não  Vá para a pergunta 9

8 - ► A quem você recorreria imediatamente?

- (a) À Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente - SECONSERMA
(b) Ao Instituto Estadual do Ambiente - INEA
(c) A ambos.

9 - ► Você sabia que, a nível estadual, o órgão ambiental responsável pela gestão da qualidade do ar é o Instituto Estadual do Ambiente/INEA?

- (a) Sim (b) Não

10 - Você sabia que a nível municipal o órgão ambiental responsável pelo controle da qualidade do ar é a Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente/SECONSERMA?

- (a) Sim (b) Não

11 - E agora, você passou a ter disposição de cooperar com os órgãos ambientais, denunciando problemas de poluição do ar no Rio de Janeiro?

- (a) Sim (b) Não

12 - Você gostaria de receber informações sobre a qualidade do ar no Rio de Janeiro/Brasil/Mundo?

- (a) Sim (b) Não

13 - Informe seu e-mail, caso deseje receber notícias sobre a qualidade do ar:

E-mail:

Obrigado por sua participação!

ANEXO II – QUESTIONÁRIO ONLINE

PERCEPÇÃO PÚBLICA DA POLUIÇÃO DO AR E SEUS RISCOS PARA A SAÚDE HUMANA

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa "Percepção Pública da Qualidade do Ar e seus Riscos para a Saúde Humana" na Cidade do Rio de Janeiro. Este questionário faz parte de um projeto de Extensão da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. O formulário é anônimo e requer a sua colaboração. O tempo médio de preenchimento é de 5 minutos. Obrigado.

Equipe:

Professor Luiz Francisco P. G. Maia (Coordenação)
Laboratório de Estudos em Poluição do Ar (LEPA)
Departamento de Meteorologia/IGEO/CCMN/UFRJ

Bolsista: Amanda Chao Guerbatim (Coordenação Adjunta)
Curso de Engenharia Ambiental
Escola Politécnica/CT/UFRJ

Contato: percecao-qar@lepa.ufrj.br

*Obrigatório

Endereço de e-mail *

Seu e-mail

PRÓXIMA

Página 1 de 10

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Perfil do Entrevistado

Nome ou Apelido (opcional)

Sua resposta

Grau de escolaridade *

- Nenhum
- Ensino Fundamental Incompleto
- Ensino Fundamental Completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Superior incompleto
- Superior completo
- Mestrado
- Doutorado
- Pós-Doutorado

Nessa primeira etapa, a pesquisa terá como foco apenas o Município do Rio de Janeiro. Portanto, selecione apenas uma das opções abaixo. Esta será a referência do local para as suas respostas. *

- Residência
- Trabalho
- Estudo

Em que bairro? *

Botafogo



VOLTAR

PRÓXIMA



Página 2 de 10

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Qualidade do ar no bairro selecionado

De modo geral, você tem conhecimento que a poluição do ar faz mal à saúde humana? *

- Sim
- Não

Você percebe que existe poluição do ar no bairro que você selecionou? *

- Sim
- Não

[VOLTAR](#)

[PRÓXIMA](#)

Página 3 de 10

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Percepção da qualidade do ar

Considerando a sua sensibilidade pessoal, como você avaliaria a qualidade do ar no bairro escolhido? *

- Boa
- Regular
- Inadequada
- Má
- Péssima

Como você percebe isso no bairro que você selecionou?

a) Pela presença de odores. *



b) Pela presença de acúmulo de pó, partículas, flocos, etc. *



c) Pela sujeira, escurecimento, enfumaçamento, opacidade, turbidez do ar. *



d) Pelo mau estado da vegetação por acúmulo de poeira e/ou alteração na cor das folhas das plantas dos jardins, quintais, etc. *



e) Pelo agravamento de problemas respiratórios, como asma, bronquite, narinas irritadas, sensação de ressecamento da mucosa ou até sangramento do nariz nos casos mais graves. *



AS CRIANÇAS DE 0 A 4 ANOS E OS IDOSOS SÃO MAIS VULNERÁVEIS À POLUIÇÃO DO AR.

[VOLTAR](#)

[PRÓXIMA](#)

Página 4 de 10

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Informações sobre a qualidade do ar

A tabela abaixo classifica a qualidade do ar segundo os níveis das concentrações dos poluentes medidos pelos órgãos ambientais.

Índice da Qualidade do Ar (IQA)	Efeitos à Saúde
BOA	A qualidade do ar é satisfatória e apresenta pouco ou nenhum risco para a saúde da população.
REGULAR	A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde para um número muito pequenos de indivíduos. Pessoas com extrema sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem experimentar problemas respiratórios.
INADEQUADA	Os membros de grupos sensíveis podem ter efeitos na saúde, mas a população em geral não é afetada. Pessoas com doença pulmonar, doenças cardíacas, crianças e idosos são considerados como grupos mais sensíveis e portanto de maior risco.
MÁ	Toda a população começa a sentir os efeitos na saúde quando os valores estão compreendidos nesta faixa.
PÉSSIMA	Quando estes valores são atingidos, deve ser dado um alerta à população, pois todos podem experimentar os mais graves efeitos na saúde.

Você tinha conhecimento dessas informações? *

- Sim
 Não

A qualidade do ar varia de local para local e no tempo. Os efeitos mais nocivos de um ar degradado dependem das concentrações dos poluentes presentes e, principalmente, do tempo de exposição de uma pessoa nesse ambiente.

Se você perceber que a qualidade do ar não está boa, você sabe a quem recorrer? *

- Sim
 Não

[VOLTAR](#)

[PRÓXIMA](#)

Página 5 de 10

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

A quem você recorreria imediatamente? *

- À Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente - SECONSERMA
- Ao Instituto Estadual do Ambiente - INEA
- A ambos
- Outro: _____

[VOLTAR](#)

[PRÓXIMA](#)

Página 6 de 10

Informações

Você sabia que, a nível estadual, o órgão ambiental responsável pela gestão da qualidade do ar é o Instituto Estadual do Ambiente/INEA? *

- Sim
- Não

Você sabia que a nível municipal o órgão ambiental responsável pelo controle da qualidade do ar é a Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente/SECONSERMA? *

- Sim
- Não

Agora você já sabe! Ficou satisfeito?

- Sim
- Não

E agora, você passou a ter disposição de cooperar com os órgãos ambientais, denunciando problemas de poluição do ar no Rio de Janeiro?

- Sim
- Não

[VOLTAR](#)

[PRÓXIMA](#)

Página 7 de 10

Você gostaria de receber informações sobre a qualidade do ar no Rio de Janeiro/Brasil/Mundo?

- Sim
- Não

[VOLTAR](#)

[PRÓXIMA](#)

Página 8 de 10

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

ANEXO III – PROSPECTOS EDUCATIVOS

Estação TAQUARA (INEA)

Est. dos Bandeirantes, n° 1099.

Localidade: Estacionamento do
Lab.da Empresa Merck



POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de
Nitrogênio

SO₂ Dióxido de
Enxofre

CO Monóxido de
Carbono

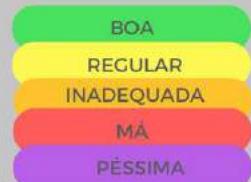
O₃ Ozônio

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O Dióxido de Enxofre (SO₂), o Monóxido de Carbono (CO) e o Ozônio (O₃) apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. O Dióxido de Nitrogênio (NO₂) teve a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
INEA - Instituto Estadual do Ambiente
Cerência de Qualidade do Ar - CEAR
<http://www.inea.rj.gov.br>
(Ano base -2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação CENTRO (INEA)

Av. Presidente Vargas, s/nº R.

Benedito Hopólito



Localidade: Escola Municipal

POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de Nitrogênio

SO₂ Dióxido de Enxofre

CO Monóxido de Carbono

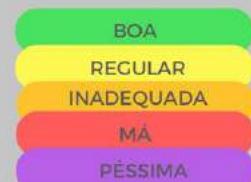
O₃ Ozônio

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

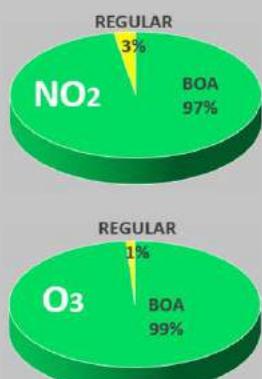
- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. Os demais poluentes tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
INEA - Instituto Estadual do Ambiente
Cerência de Qualidade do Ar - CEAR
<http://www.inea.rj.gov.br>
(Ano base -2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação Lab. INEA (INEA)

Av. Salvador Allende, n° 5500

Localidade: Laboratório do INEA -
Recreio

POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de Nitrogênio

SO₂ Dióxido de Enxofre

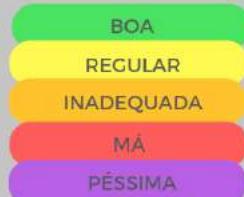
CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

MP10 Material Particulado

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



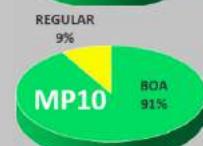
RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

EFEITOS A SAÚDE

- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito. Em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

RESULTADOS



O SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. Os demais poluentes tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde. Pessoas com sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem sentir problemas respiratórios.

Estação LOURENÇO JORGE (INEA)

Av. Ayrton Senna, nº 2000, Barra da Tijuca. Localidade: Hospital Municipal Lourenço Jorge



POLUENTES MONITORADOS

NO₂	Dióxido de Nitrogênio
CO	Monóxido de Carbono
SO₂	Dióxido de Enxofre

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O Monóxido de Carbono (CO) apresentou em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. O Dióxido de Nitrogênio (NO₂) teve a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. O Dióxido de Enxofre (SO₂) não apresentou dados representativos para o período de monitoramento. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde. Pessoas com extrema sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem experimentar problemas respiratórios.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
INEA - Instituto Estadual do Ambiente
Cerência de Qualidade do Ar - CEAR
<http://www.inea.rj.gov.br>
(Ano base -2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação CAMPO DOS AFONSOS (INEA)

Avenida Marechal Fontenelle,
n.º 755.

Localidade: Vila Militar



POLUENTE MONITORADO

O3 Ozônio

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

Agravamento dos sintomas de asma, de deficiência respiratória, bem como de outras doenças pulmonares (enfisemas, bronquites, etc.) e cardiovasculares (arteriosclerose). Longo tempo de exposição pode ocasionar redução na capacidade pulmonar, desenvolvimento de asma e redução na expectativa de vida.

RESULTADOS



O poluente monitorado, ozônio (O3), teve a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é satisfatória e apresenta pouco ou nenhum risco para a saúde da população.

Fonte de informação:
INEA - Instituto Estadual do Ambiente
Cerência de Qualidade do Ar - CEAR
<http://www.inea.rj.gov.br>
(Ano base -2016)

UFRJ
LABORATÓRIO DE
ESTUDOS EM POLUIÇÃO
DO AR (LEPA)

Estação ENGENHÃO (INEA)

Rua José dos Reis, s/n.

Localidade: Estádio Olímpico João Havelange



POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de Nitrogênio

CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

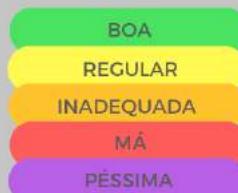
MP10 Material Particulado

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O CO e o MP10 apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. O Ozônio (O₃) e o NO₂ tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde. Pessoas com extrema sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem experimentar problemas respiratórios.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
INEA - Instituto Estadual do Ambiente
Gerência de Qualidade do Ar - CEAR
<http://www.inea.rj.gov.br>
(Ano base -2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação COPACABANA (SECONSERMA)

Praça Cardeal Arcoverde, s/n.

POLUENTES MONITORADOS

SO₂ Dióxido de Enxofre

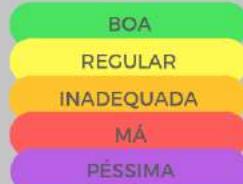
CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

MP10 Material Particulado

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

RESULTADOS



O SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. O Ozônio (O₃) teve a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. Já o MP10 teve a maior parte dos resultados com IQA REGULAR.

A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde. Pessoas com extrema sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem experimentar problemas respiratórios.

Fonte de informação:
SECONSERMA - Secretaria Municipal de Conservação e meio Ambiente
<http://www.rio.rj.gov.br/web/seconserma>
(Ano base - 2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação CENTRO (SECONSERMA)

Largo da Carioca s/n.



POLUENTES MONITORADOS

Monóxido de
CO Carbono

O₃ Ozônio

MP10 Material
Particulado

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O CO apresenta em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. Os demais poluentes tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde para um número muito pequenos de indivíduos. Pessoas com extrema sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem experimentar problemas respiratórios.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
SECONSERMA - Secretaria Municipal de Conservação e meio Ambiente
<http://www.rj.rj.gov.br/web/seconserma>
(Ano base - 2016)

UF RJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação São Cristóvão (SECONSERMA)

Campo de São Cristóvão, s/n.

POLUENTES MONITORADOS

SO₂ Dióxido de Enxofre

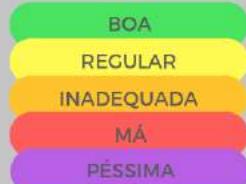
CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

MP10 Material Particulado

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

RESULTADOS



O SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. Os demais poluentes tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde para um número muito pequenos de indivíduos. Pessoas com extrema sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem experimentar problemas respiratórios.

Fonte de informação:
SECONSERMA - Secretaria Municipal de Conservação e meio Ambiente
<http://www.rio.rj.gov.br/web/seconserma>
(Ano base - 2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação Tijuca (SECONSERMA)

Praça Saens Pena, s/n.



POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de Nitrogênio

SO₂ Dióxido de Enxofre

CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

MP10 Material Particulado

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. Os demais poluentes tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
SECONSERMA - Secretaria Municipal de Conservação e meio Ambiente
<http://www.rio.rj.gov.br/web/seconserma>
(Ano base - 2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)

Estação IRAJÁ (SECONSERMA)

Praça N. S. da Apresentação, em frente ao Cemitério de Irajá.



POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de Nitrogênio

SO₂ Dióxido de Enxofre

CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

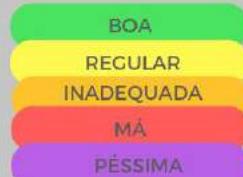
MP10 Material Particulado

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

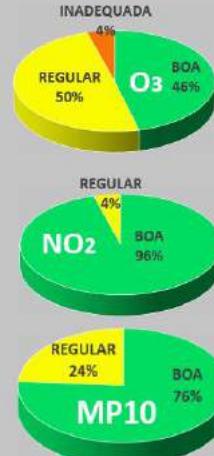
- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. Os demais poluentes tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
SECONSERMA - Secretaria Municipal de Conservação e meio Ambiente
<http://www.rio.rj.gov.br/web/seconserma>
(Ano base - 2016)

UFRJ - LABORATÓRIO DE ESTUDOS EM POLUIÇÃO DO AR (LEPA)

Estação BANGU (SECONSERMA)

Rua Mongólia, s/n. Localidade: Espaço de Desenvolvimento Infantil Prof. Tânia

Maria Larrubia Gomes

POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de Nitrogênio

SO₂ Dióxido de Enxofre

CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

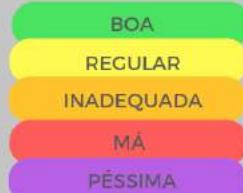
MP10 Material Particulado

EFEITOS A SAÚDE

- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito. Em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. O MP10 e no NO₂ tiveram a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. Já o O₃ teve a maior parte com IQA REGULAR. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde. Pessoas com sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem sentir problemas respiratórios.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de Informação:
SECONSERMA - Secretaria Municipal de Conservação e meio Ambiente
<http://www.rio.rj.gov.br/web/seconserma> (Ano base - 2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO
(LEPA)

Estação Campo Grande (SECONSERMA)

Praça Maina, n°1. Localidade:

Escola Municipal Che Guevara



POLUENTES MONITORADOS

NO₂ Dióxido de Nitrogênio

SO₂ Dióxido de Enxofre

CO Monóxido de Carbono

O₃ Ozônio

MP10 Material Particulado

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

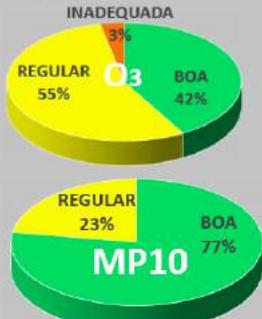
- Problemas respiratórios, pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos.
- Agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares por problemas respiratórios.
- Causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.
- Agravamento de asma, de deficiência respiratória, e outras doenças pulmonares e cardiovasculares.
- Câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma e podem levar à morte.

QUAL A QUALIDADE DO AR QUE VOCÊ RESPIRA?

As concentrações de poluentes são monitoradas na estação de hora em hora. IQA é um índice que classifica a qualidade do ar a partir das concentrações dos poluentes. É dividido em categorias, com diferentes níveis de impactos na saúde:



RESULTADOS



O NO₂, SO₂ e o CO apresentaram em aproximadamente 100% das concentrações monitoradas IQA BOA. O MP10 teve a maior parte dos seus resultados com IQA BOA. Já o O₃ teve a maior parte com IQA REGULAR. A qualidade do ar é aceitável, porém as concentrações existentes no ar podem causar uma preocupação moderada à saúde. Pessoas com extrema sensibilidade ao ozônio e ao material particulado podem experimentar problemas respiratórios.

RECOMENDAÇÕES

Evitar exposição excessiva e realizar exercícios ao ar livre. Se você sentir algum sintoma de asma, falta de ar ou tosse, recorra a um atendimento médico.

Fonte de informação:
SECONSERMA - Secretaria Municipal de Conservação e meio Ambiente
<http://www.rio.rj.gov.br/web/seconserma>
(Ano base - 2016)

UFRJ - LABORATÓRIO
DE ESTUDOS EM
POLUIÇÃO DO AR
(LEPA)