



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FRANCISCO NONATO BATISTA JÚNIOR

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DO COMPLEXO INDUSTRIAL E
PORTUÁRIO DO PECÉM**

FORTALEZA
2019

FRANCISCO NONATO BATISTA JÚNIOR

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DO COMPLEXO INDUSTRIAL E
PORTUÁRIO DO PECÉM

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B336m Batista Júnior, Francisco Nonato.

Monitoramento da qualidade do ar do Complexo Industrial e Portuário do Pecém / Francisco Nonato
Batista Júnior. – 2019.
47 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

1. Poluição atmosférica. 2. Controle da informação. 3. Evidenciação ambiental. 4. Ferramenta de controle.
5. Índice de qualidade do ar. I. Título.

CDD 628

FRANCISCO NONATO BATISTA JÚNIOR

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DO COMPLEXO INDUSTRIAL E
PORTUÁRIO DO PECÉM

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em: 05/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Marisete Dantas de Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Me. José Kleber Sousa Oliveira Júnior
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

Aos meus pais, Nonato e Maria do Socorro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua infinita bondade e misericórdia, ao conceder-me, todos os dias, força, coragem e determinação para que eu conseguisse alcançar este objetivo.

Aos meus pais Nonato e Maria do Socorro, por terem me ensinado, desde cedo, a valorizar o estudo e por todo sacrifício já realizado por mim.

Aos meus padrinhos Batista e Maria de Jesus, por me acolherem com todo amor e carinho ao longo destes anos em vosso lar.

Aos demais familiares, por todos os incentivos, alegrias e bons momentos compartilhados em família.

Ao meu amor, Flora, por me ajudar a acreditar mais no meu potencial e por todo apoio, compreensão e amor. Você foi fundamental nessa minha jornada!

Ao Prof. Fernando José, pela excelente orientação, pelo apoio e pela paciência.

A Ciclo Jr., pelo desenvolvimento profissional e pessoal que me proporcionou.

A EDP - UTE Pecém, por tudo que me foi permitido aprender durante o estágio, fundamental na minha formação profissional.

A todos os professores da graduação.

Aos meus companheiros de curso, programa de intercâmbio e de estágio, pela amizade, pelos conselhos, pelos bons momentos que tivemos tanto dentro quanto fora do ambiente acadêmico e profissional.

“Peça a Deus que abençoe os seus planos, e eles darão certo”.

Provérbios 16:3

RESUMO

O nível de decaimento da qualidade do ar tem sido uma problemática global ao implicar em efeitos adversos na saúde humana e no meio ambiente. Muitas cidades do mundo, incluindo algumas que se espera que estejam entre as mais poluidoras, não coletam informações ou informam, detalhadamente, sobre a qualidade do ar. Diante disso, faz-se necessário alcançar um nível de controle de informação capaz de servir como evidência ambiental para auxiliar processos de melhorias no desempenho ambiental de organizações, assim como, monitoramento, licenciamento e fiscalização pública. O presente trabalho detalha uma pesquisa quali-quantitativa sobre os principais poluentes atmosféricos especificados como parâmetros pela resolução CONAMA nº 491/2018. Além disso, utiliza como base de estudos, dados de poluentes atmosféricos, coletados em 2018, de uma estação meteorológica localizada no Complexo Industrial e Portuário do Pecém com o fito de demonstrar a funcionalidade de uma ferramenta de controle. Tal ferramenta é capaz de processar dados de emissões de poluentes e mapear o índice de qualidade do ar próximo às empresas responsáveis por atividades potencialmente poluidoras. A metodologia usada assume como premissa a compilação dos dados validados pelo técnico instrumentista da estação para o cálculo do IQAr, possibilitando uma análise qualitativa, expressa em faixas de qualidade do ar para cada poluente, e quantitativa, expressa em percentual de concentração de cada poluente de acordo com as faixas de qualidade do ar da área de estudo. O presente trabalho permitiu concluir que o uso da ferramenta de controle desempenhou sua função de forma satisfatória, visto que foi possível validar dados coletados ao longo de um ano de monitoramento e mapear índice de qualidade do ar local como forma de evidência ambiental. Em 2018, por exemplo, evidenciou-se que o índice de qualidade do ar local esteve em 98,69% na faixa classificada como “Boa”, 1,29% na faixa classificada como “Regular” e 0,02% na faixa classificada como “Inadequada”, mediante limites de concentração para cada poluente atmosférico estabelecido como parâmetro pela resolução CONAMA nº 491/2018.

Palavras-chave: poluição atmosférica; controle da informação; evidência ambiental; ferramenta de controle; índice de qualidade do ar.

ABSTRACT

The level of air quality has been a global problem since it has implicated adverse effects on human health and environment. Many cities around the world, including some that are expected to be among the most polluting, do not collect information or detail it to stakeholders. Therefore, must to be achieve an information control which can overcome the lack of data to improve industrial process, monitoring and environmental inspections. This assignment details a qualitative and quantitative research about the main atmospheric pollutants specified as parameters by CONAMA n° 491/2018. In addition, it uses a study case of atmospheric pollutants data, collected in 2018, from a meteorological station located in Complexo Portuário e Industrial Pecém to demonstrate the functionalities of a management tool. Such as environment control tool, basically a spreadsheet, can process pollutant emissions data and map the air quality index close to the companies responsible for potentially polluting activities. The methodology used assumes as a premise the compilation of the data validated by the station's technician for the calculation of the IQAr, enabling a qualitative analysis, expressed in air quality ranges for each pollutant, and quantitative, expressed as a percentage of concentration of each pollutant of according to the air quality ranges of the study area. The study conclude that the use of the control tool performed a satisfactory functionality, since it was possible to validate data collected during a year of monitoring and to map the local air quality index as a means of environmental disclosure. In 2018, for example, the local air quality index was found to be 98,69% in the "Good" range, 1,29% in the "Regular" range and 0,02% in the "Inadequate" range, according to concentration limits for each air pollutant established as a parameter by CONAMA n° 491/2018.

Keywords: atmospheric pollutant; information management; environmental disclosure; control tool; air quality index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre desempenho ambiental e evidenciação ambiental	16
Figura 2 – Mapeamento geral e mensal em percentual (%) da faixa de IQAr	29
Figura 3 – Cálculo de IQAr referente ao SO ₂	29
Figura 4 – Concentração horária de MP ₁₀ no dia 03 de agosto de 2018	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro MP_{10}	31
Gráfico 2 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro SO_2	33
Gráfico 3 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro NO_2	34
Gráfico 4 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro CO	34
Gráfico 5 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro O_3	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais poluentes do ar e os tipos de fontes de emissão	18
Tabela 2 – Efeitos na saúde humana por exposição a SO ₂	21
Tabela 3 – Efeitos na saúde humana por exposição a NO ₂	22
Tabela 4 – Efeitos na saúde humana por exposição a CO.....	23
Tabela 5 – Efeitos na saúde humana por exposição a O ₃	24
Tabela 6 – Classificação da qualidade do ar com base nas concentrações de poluentes e IQAR	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CH ₃ ONO ₂	Nitrato de metila
EPA	Agência de Proteção Ambiental Americana
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
HCl	Ácido clorídrico
HF	Ácido fluorídrico
HNO ₃	Ácido nítrico
H ₂ S	Sulfeto de hidrogênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQAr	Índice de Qualidade do Ar
MP _{2,5}	Material Particulado com um diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 µm
MP ₁₀	Material Particulado com um diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PI	Partícula inalável
PIB	Produto Interno Bruto
PPM	Partes Por Milhão
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PSI	Pollutant Standards Index
PTS	Partículas Totais em Suspensão
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO ₃	Óxido sulfúrico
UTM	Universal Transversa de Mercator
WHO	World Health Organization
µg/m ³	Microgramas por metro cúbico de ar
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Evidenciação ambiental	16
3.1.1 Controle da informação para evidenciação ambiental	17
3.2 Poluição atmosférica e poluentes atmosféricos	17
3.2.1 Caracterização dos principais indicadores da qualidade do ar	19
3.2.1.1 Material particulado	19
3.2.1.2 Dióxido de enxofre	20
3.2.1.3 Dióxido de nitrogênio	21
3.2.1.4 Monóxido de carbono	22
3.2.1.5 Ozônio	24
3.3 Índice de qualidade do ar	25
3.3.1 Cálculo do índice de qualidade do ar	25
3.4 Padrões legais de qualidade do ar	26
4 METODOLOGIA	28
4.1 Caracterização do estudo	28
4.2 Procedimento	28
4.3 Caracterização da área de estudo	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Material particulado	31
5.3 Dióxido de nitrogênio	33
5.4 Monóxido de carbono	34
5.5 Ozônio	35
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXO A – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 491/2018	42

1 INTRODUÇÃO

O ar puro e seco é composto basicamente de 78% de nitrogênio (N) e 21% de oxigênio (O). Além dessas substâncias, o ar contém outros gases em pequenas quantidades, que juntos somam aproximadamente 1%. Entretanto, a composição do ar atmosférico é, infelizmente, alterada por emissões de poluentes atmosféricos de modo a comprometer significativamente a qualidade do ar. Geralmente, essas emissões são provenientes de veículos automotivos e de processos industriais que possuem instalações de combustão, como centrais térmicas, incineradores e caldeiras (RUFINO, 2002).

O nível de decaimento da qualidade do ar tem sido uma problemática global ao implicar em efeitos adversos na saúde humana e no meio ambiente. Muitas cidades do mundo, incluindo algumas que se espera que estejam entre as mais poluidoras, não coletam informações ou informam, detalhadamente, sobre a qualidade do ar (WHO, 2015).

No Brasil, a qualidade do ar pode ser mensurada quantitativa e qualitativamente, com base na resolução do CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018, por meio do Índice de Qualidade do Ar (IQA), o qual considera valores guias de qualidade do ar recomendados pela OMS em 2005.

O IQA é uma ferramenta matemática utilizada para transformar as concentrações medidas dos seguintes poluentes: material particulado (PM₁₀), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e monóxido de carbono (CO) em um único valor adimensional que possibilita a comparação com os limites legais de concentração para cada um desses poluentes atmosféricos, de acordo com as faixas de classificação da qualidade do ar divididas em “Boa”, “Regular”, “Inadequada”, “Má”, “Péssima” e “Crítica”.

Dessa forma, o índice de qualidade do ar é capaz de proporcionar à população o entendimento sobre a qualidade do ar local e de auxiliar a fiscalização e monitoramento de atividades potencialmente poluidoras (TESSAROLO, 2012). Portanto, o monitoramento direto ou indireto das emissões atmosféricas é fundamental para controlar níveis de poluição e garantir a qualidade do ar das cidades (TAZINASSI *et al.*, 2005).

Diante disso, faz-se necessário, para empresas responsáveis por atividades potencialmente poluidoras, o uso de uma ferramenta de controle eficiente capaz de processar dados de emissões de poluentes e, principalmente, de mapear o índice de qualidade do ar local.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho se propõe a analisar e discutir informações sobre a qualidade do ar do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP, Ceará. Busca assim, apresentar uma ferramenta destinada a auxiliar na validação de dados e no mapeamento do índice de qualidade do ar, proporcionando informações relevantes para o processo de melhoria no desempenho ambiental de organizações, assim como, monitoramento, licenciamento e fiscalização pública.

2.2 Objetivos específicos

Identificar as atividades potencialmente poluidoras presentes no CIPP;

Levantar e divulgar dados sobre a qualidade do ar do CIPP como evidência ambiental;

Discutir o uso de uma ferramenta para auxiliar a validação de dados de concentração de poluentes medidos e mapear o índice de qualidade do ar local por meio de um estudo de caso.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O conteúdo da revisão bibliográfica é resultado do processo de revisão da literatura que possibilitou identificar os pontos fortes bem como as oportunidades de aperfeiçoamento dos eixos que norteiam este trabalho: Evidenciação ambiental; Controle da informação para evidenciação ambiental; Poluição atmosférica e poluentes atmosféricos; Atividades potencialmente poluidoras; Legislação ambiental e Índice da qualidade do ar.

3.1 Evidenciação ambiental

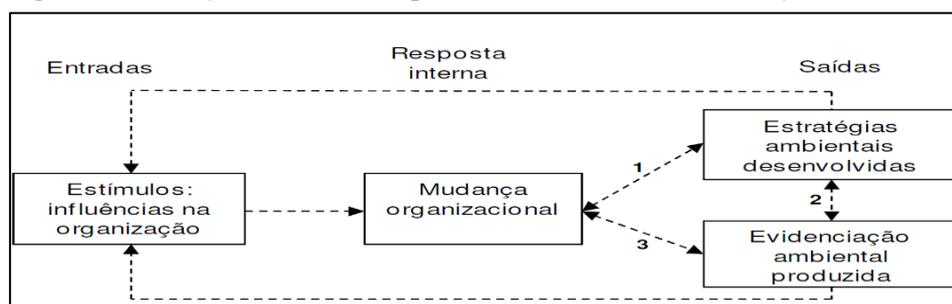
A evidenciação ambiental é fundamental no processo de comunicação, uma vez que disponibiliza subsídios de conteúdo informacional para controlar aspectos e impactos ambientais, fortalecer a imagem socioambiental de uma empresa, e fornecer um conjunto de informações para diversos *stakeholders* da sociedade sobre o meio ambiente (FERREIRA, 2003).

Conforme Braga (2007), para que a Evidenciação Ambiental atenda às necessidades das partes interessadas, o sistema de gestão deve fornecer informações relativas aos eventos e/ou às transações ambientais, para os diversos tomadores de decisão, com o grau de detalhamento compatível com o valor e a natureza dos eventos, e ser realizado de forma integrada.

De acordo com Tilt (2006),

A avaliação da Evidenciação Ambiental visa verificar a relação entre as informações ambientais evidenciadas e o desempenho ambiental de determinada organização, pois acredita-se que esta relação influencia e é influenciada por aspectos organizacionais internos e externos.

Figura 1 – Relação entre desempenho ambiental e evidenciação ambiental



Fonte: Traduzido de Tilt (2006).

Portanto, Rosa *et al.*(2011) considera que a Evidenciação Ambiental é um processo utilizado para demonstrar que organizações estão debilitando e sendo debilitadas pelo meio ambiente. Além disso, tal evidenciação é capaz de expor como os direitos e obrigações das empresas estão sendo gerenciados para realçar o compromisso legal com o atendimento dos direitos da sociedade.

3.1.1 Controle da informação para evidenciação ambiental

Segundo Davenport *et al.*(1997), gestão e/ou gerenciamento da informação é o processo que consiste em um conjunto estruturado de atividades de busca, identificação, classificação, processamento, armazenamento e disseminação de informações.

Os processos de planejamento, análise e tomada de decisão na gestão ambiental, para Bittencourt (2011), exigem uma quantidade relevante de informação, que demandam uma qualidade, organização e agilidade no processamento de dados.

Uma informação eficiente é entendida como aquela que revela a gestão e o desempenho ambiental da organização, seja pública ou privada, em diversas perspectivas desde a financeira, com suas contas patrimoniais, até ambiental, com a divulgação de dados sobre consumo de recursos naturais, emissões, impactos e responsabilidade socioambiental (ROSA *et al.*, 2011).

3.2 Poluição atmosférica e poluentes atmosféricos

A Lei N° 6.938/81, em seu Artigo 3, inciso III, define poluição como:

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

Segundo Souza e Zanella (2009), a poluição do ar se comporta em muitos casos como um risco não percebido, o qual os indivíduos não têm consciência da ameaça, pois julgam sua manifestação ou seus efeitos pouco prováveis.

É unânime para pesquisadores a existência de uma correlação direta entre a debilitação da qualidade do ar e os prejuízos causados a saúde e ao meio ambiente devidos à

emissão de poluentes atmosféricos. Derisio (2012), afirma que a poluição do ar é decorrente da presença ou o lançamento, no ar atmosférico, de substâncias em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, na segurança e no bem-estar do indivíduo, ou no pleno uso e gozo de sua propriedade.

Quando se trata de saúde pública, por exemplo, a poluição atmosférica pode afetar alguns sistemas do corpo humano, tais como respiratório, circulatório e oftalmológico. Os efeitos a saúde ocorrem, em sua maioria, devido à inalação de partículas contendo metais em sua composição. Por esse motivo, tem-se buscado novas medidas capazes de minimizar a emissão de poluentes atmosféricos (MAGALHÃES *et. al.*, 2010).

Segundo dados da WHO (2015), três milhões de pessoas morreram por viverem em ambientes com ar poluído em 2012. Além disso, 93% da população mundial mora em lugares onde os níveis de poluição ficaram sobre o nível padrão da WHO.

De acordo com a CETESB (2013), é considerado poluente atmosférico qualquer substância emitida em nível de concentração que possa tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar, danoso aos materiais, à fauna e à flora, assim como, prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da sociedade local.

A classificação dos poluentes, mediante premissas da dinâmica química, técnico e científica, é de poluente primário e secundário. Os poluentes primários são emitidos diretamente na atmosfera enquanto os poluentes secundários são gerados por meio de reações que ocorrem entre poluentes primários e desses com componentes naturais da atmosfera (JACOBSON, 2002; LOUREIRO, 2005). Além disso, os poluentes podem ser classificados em poluentes orgânicos e inorgânicos (TAZINASSI, *et al.*, 2005). Abaixo, a Tabela 1 que apresenta os principais poluentes e os tipos de fontes de emissão.

Tabela 1 – Principais poluentes do ar e os tipos de fontes de emissão

Fonte	Categoria	Poluentes
Combustão	Estacionária	- Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio.
Processo industrial		- Material particulado (fumos, poeiras, névoas), gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H ₂ S, NO _x .

(Continua)

Queima de resíduos sólidos		- Material particulado, gases SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x .
Outros		- Hidrocarbonetos, material particulado.
Veículos Gasolina/Diesel Álcool, Aviões, Motocicletas, Barcos, locomotivas etc.	Móvel	- Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, dióxido de enxofre, ácidos orgânicos.
Reações Químicas na Atmosfera	Natural	- Poluentes secundários – O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímicos etc.

Fonte: Jacobson *et al.* (2002).

3.2.1 Caracterização dos principais indicadores da qualidade do ar

3.2.1.1 Material particulado

O material particulado (MP) é qualquer partícula sólida ou líquida em suspensão cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual à 100 µm, podendo ser formado por substâncias orgânicas e inorgânicas (SAMPAIO, 2012).

Esse tipo de poluente, geralmente, é emitido na forma de poeira, névoa, fumaça ou fumo. (MAGALHÃES, 2010). Ito (2007) define, resumidamente, cada uma dessas formas, conforme a seguir:

- Poeira é um conjunto de partículas sólidas formadas no processo de desintegração mecânica;
- Névoa é um conjunto de partículas líquidas produzidas por condensação ou atomização;
- Fumaça é um conjunto de partículas sólidas formadas, principalmente, por queima de biomassa e combustíveis fósseis;
- Fumo é um conjunto de partículas sólidas formadas por condensação ou sublimação de partículas gasosas oriundas da vaporização ou sublimação de sólidos.

O material particulado pode ser dividido em PTS, PM₁₀ e PM_{2,5}, de acordo com o diâmetro aerodinâmico equivalente de corte para cada partícula. O material particulado formado por Partículas Totais em Suspensão (PTS) engloba todos os materiais particulados cujo diâmetro é menor que 100 µm. O PM₁₀ é o material particulado que possui diâmetro menor ou

igual à 10 μm . Já o $\text{PM}_{2,5}$ é o material particulado que possui diâmetro menor ou igual à 2,5 μm . Todas essas definições estão descritas na resolução do CONAMA nº 491 de 19 de novembro 2018 (BRASIL, 2018).

O PM_{10} também é conhecido como fração inalável grossa, enquanto o $\text{PM}_{2,5}$ é conhecido como fração inalável fina. Essas partículas podem conter substâncias tóxicas podendo causar sérios danos à saúde (SANTANA *et al.*, 2012).

O MP pode ser composto por diversos elementos presentes na atmosfera, podendo apresentar uma fração orgânica e uma fração inorgânica. A fração orgânica é composta essencialmente pelo carbono elementar e pelo carbono orgânico, enquanto a fração inorgânica é constituída basicamente por metais dissociados no material particulado (MARTINIS, 1997).

3.2.1.2 Dióxido de enxofre

O dióxido de enxofre (SO_2) é um gás incolor que se forma ao queimar enxofre. Esse gás em combinação com água e oxigênio transforma-se em ácido sulfúrico capaz de prejudicar ambientes aquáticos e silvestres por ser um dos responsáveis pela formação da chuva ácida (PORFIRIO, 2008). De acordo com Jacobson (2002), o SO_2 pode exibir sabor em concentrações maiores que 0,3 ppm e um forte odor em níveis maiores que 0,5 ppm.

O dióxido de enxofre, como forma de poluente primário, pode ser emitido por fontes naturais, por exemplo, vulcões, ainda que as fontes antropogênicas sejam as mais significativas com suas emissões. Estas caracterizam-se pela queima de combustíveis fósseis que contém enxofre, como carvão e petróleo (MONTALI, 2010; FEPAM, 2011).

Já na forma de poluente secundário, o SO_2 é produzido quimicamente no ar a partir da oxidação de ácido sulfídrico (H_2S) emitido por decomposição biológica e por fontes de processos industriais (JACOBSON, 2002; TRESMONDI, 2003), bem como da oxidação de sulfeto de dimetila (CH_3SCH_3) emitido por reações biológicas que envolvem certas espécies de algas (WALLACE; HOBBS, 2006).

Ademais, o SO_2 pode reagir com outras componentes presentes no ar, formando pequenas partículas de sais de sulfato, as quais podem causar redução da visibilidade na atmosfera (CETESB, 2017), como também penetrar no sistema pulmonar, causando ou agravando doenças respiratórias (EPA, 2019). Abaixo, a Tabela 2 que correlaciona o nível de concentração de SO_2 com os possíveis efeitos a saúde humana.

Tabela 2 – Efeitos na saúde humana por exposição a dióxido de enxofre

Concentração em 24 horas (g/m ³)	Poluentes
400 - 900	- Possível aumento dos sintomas respiratórios em pessoas com asma
500 - 1700	- Aumento dos sintomas respiratórios em pessoas com asma e possível agravamento das pessoas com doenças pulmonares e cardíacas
1700 - 2300	- Aumento significativo dos sintomas respiratórios em pessoas com asma e agravamento das pessoas com doenças pulmonares e cardíacas
2300 - 2900	- Sintomas respiratórios severos em pessoas com asma e risco sério de agravamento das pessoas com doenças pulmonares e cardíacas
> 2900	- Mudanças na função pulmonar e sintomas respiratórios em indivíduos saudáveis

Fonte: CEPIS (1999).

3.2.1.3 Dióxido de nitrogênio

É um gás castanho-avermelhado, de cheiro forte e irritante, muito tóxico, formado pelo nitrogênio e oxigênio, cuja maior fonte de geração desse gás se dá por meio da oxidação de NO na atmosfera proporcionada pelo O₃, pelos radicais peróxil orgânicos e pelos radicais hidroperóxil (LOGAN, 1983).

É um sério agente poluidor em áreas urbanas, reagindo com resíduos orgânicos provenientes da combustão parcial da gasolina e formando nitratos (CH₃ONO₂) que irritam os olhos e os pulmões, além de serem nocivos às plantas (BARROS, 1992). É produzido nos processos de combustão a altas temperaturas: indústrias, motores, veículos, descargas elétricas e nas reações químicas atmosféricas.

O Dióxido de nitrogênio (NO₂) pertence à importante família de espécies traço contendo nitrogênio da atmosfera (WALLACE; HOBBS, 2006). No ar atmosférico, esse gás possui significativa importância na determinação da distribuição de ozônio por meio de reações químicas (LEE *et al.*, 1997) e na concentração de radicais hidroxila (OH⁻) (LOGAN *et al.*, 1981).

Os óxidos de nitrogênio são removidos da atmosfera a partir da conversão a ácido nítrico (HNO₃), o qual é retirado diretamente via precipitação ou deposição na superfície para formação de partículas de nitrato (MANAHAN, 2000). Outro sumidouro de NO₂ está

relacionado a uma via seca de deposição, a qual contempla uma variedade de superfícies, como vegetação, solo e cimento (LOGAN, 1983).

A inalação de NO₂ pode causar inflamação das vias respiratórias, aumentar a sensibilidade à asma e a bronquites e, em concentrações elevadas, levar à morte (JACOBSON, 2002). Por ser um precursor de HNO₃, pode causar danos à vegetação e ao patrimônio cultural devido à formação de chuva ácida (FEPAM, 2011). Apesar de atacar a hemoglobina do sangue e reduzir a eficiência de transporte de oxigênio, o NO₂ é menos tóxico do que outros poluentes, como CO, por apresentar-se em menor concentração na atmosfera (MANAHAN, 2000). Abaixo, a Tabela 3 que correlaciona o nível de concentração de NO₂ com os possíveis efeitos a saúde humana.

Tabela 3 – Efeitos na saúde humana por exposição a dióxido de nitrogênio

Concentração (ppm)	Tempo de exposição	Poluentes
5	14 hs	- Indivíduos normais: complicação da resistência das vias aéreas e aumento da hiperatividade bronquial.
2,5	2 hs	- Indivíduos normais: complicação da resistência das vias aéreas.
1	2 hs	- Indivíduos com bronquite: pequena mudança na capacidade vital forçada.
0,5 - 5	3 - 60 min	- Indivíduos com bronquite crônica: complicação da resistência das vias aéreas
0,5	20 min	- Indivíduos asmáticos, com 10 min de exercício moderado com redução da taxa máxima de fluxo respiratório.

Fonte: CEPIS (1999).

3.2.1.4 Monóxido de carbono

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor e inodoro que em altas concentrações pode ser letal. Na natureza, se forma mediante a oxidação do etano, que é um gás comum produzido pela decomposição de matéria orgânica. As principais fontes de monóxido de carbono geradas por atividades antrópicas se dão por meio da queima incompleta de combustíveis como gasolina e biomassa (EPA, 2019).

O CO apesar de não reter radiação suficiente para ser considerado um gás relacionado ao fenômeno atmosférico “efeito estufa”, sua oxidação à CO₂ afeta o clima global (JACOBSON, 2002).

Esse gás é especialmente problemático em zonas urbanas com grande número de automóveis e complexos industriais. Os efeitos sobre a saúde dependem da concentração e duração da exposição.

Segundo Porfirio (2008), o efeito a curto prazo de exposição é similar a sensação de fadiga que se vivencia em regiões de grande altitude ou quando se sofre de anemia.

A longo prazo de exposição ao monóxido de carbono pode potencializar as enfermidades do coração e do pulmão. A inalação de CO afeta a percepção de pensamento e reflexo, podendo causar inconsciência ou até morte (PORIFIRIO, 2008). Abaixo, a Tabela 4 que correlaciona o nível de concentração de CO com os possíveis efeitos a saúde humana.

Tabela 4 – Efeitos na saúde humana por exposição a monóxido de carbono

Concentração de CO no sangue (%)	Efeito observado
2,3 - 4,3	- Diminuição na capacidade de realizar um exercício intenso em um curto espaço de tempo em indivíduos jovens saudáveis.
2,9 - 4,5	- Diminuição na duração do exercício, devido a dor no peito, em pacientes com enfermidades do coração. - Diminuição do consumo máximo de oxigênio e tempo para realizar exercício, indivíduos jovens saudáveis durante exercício intenso.
5,0 - 5,5	- Diminuição na percepção visual e auditiva. - Perda da capacidade sensorial, motora e de vigilância.
5,0 - 17,0	- Diminuição no consumo máximo de oxigênio durante um exercício intenso, em indivíduos jovens saudáveis.
7,0 - 20,0	- Dor de cabeça.
20,0 - 30,0	- Enjoo, náusea, debilidade.
30,0	- Confusão, colapso durante o exercício.
40,0	- Perda de consciência e morte se a exposição continua.
50,0	- Morte.

Fonte: CEPIS (1999).

3.2.1.5 Ozônio

O ozônio (O₃) consiste em um gás quimicamente muito ativo, incolor e inodoro (FEPAM, 2011). De acordo com Jacobson (2002), esse gás em concentrações elevadas, apresenta uma coloração levemente púrpura, ao absorver fracamente o comprimento de onda equivalente à luz verde no visível e transmitir vermelho e azul, e exibe um odor ao exceder 0,2 ppm.

Segundo a CETESB (2011), o ozônio é o produto principal de reações fotoquímicas as quais são liberados na queima incompleta e na evaporação de combustíveis e solventes.

Existe um paradoxo em relação ao papel que o ozônio desempenha na atmosfera, pois dependendo de sua localização pode trazer benefícios ou malefícios para os seres vivos. Em baixa altitude, por exemplo, respirar altas concentrações de ozônio, denominado pode causar sérios danos à saúde, como irritação das vias respiratórias, dor de cabeça, e redução das funções dos pulmões, assim como danos ao ecossistema e à vegetação (JACOBSON, 2002; EPA, 2011; FEPAM, 2011). Entretanto, na região da estratosfera, é considerado um ozônio bom, por desempenhar a função de absorver a radiação solar ultravioleta (WALLACE; HOBBS, 2006).

Segundo o IPCC (2001), concentrações consideráveis de formação de O₃ são encontradas nas regiões metropolitanas, uma vez que são locais bastante industrializados e com intenso fluxo de veículos, concentrando grandes fontes de seus precursores. Abaixo, a Tabela 5 que correlaciona o nível de concentração de O₃ com os possíveis efeitos a saúde humana.

Tabela 5 – Efeitos na saúde humana por exposição a ozônio.

Concentração (ppm)	Tempo de exposição	Poluentes
0,08 - 0,15	-	- Tosse e dor de cabeça.
0,12	1 - 3hs	- Em indivíduos saudáveis, durante um exercício: diminuição da taxa máxima de fluxo respiratório e capacidade vital forçada, assim como, complicação da sensibilidade das vias aéreas.

0,12	2 - 5hs	- Diminuição da função pulmonar em crianças e adultos, durante exercício intenso (Continua)
0,24	1 - 3hs	- Em indivíduos saudáveis, durante um exercício; complicações na frequência respiratória, diminuição da resistência das vias aéreas e diminuição da função pulmonar.

Fonte: CEPIS (1999).

3.3 Índice de qualidade do ar

O Índice de Qualidade do Ar (IQAr) permite o aprimoramento dos parâmetros de classificação da qualidade do ar ao considerar concentrações de poluentes significativos. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) estabeleceu índices *Pollutant Standards Index* (PSI) que tem por finalidade a padronização e divulgação de dados de qualidade do ar pelos meios de comunicação de forma acessível e detalhada às partes interessadas, principalmente a população local.

De acordo com a resolução CONAMA nº 491/2018, o IQAr pode ser definido como um sistema quali-quantitativo que transforma os valores das concentrações dos poluentes atmosféricos significativos em números adimensionais, os quais tem uma relação direta com a qualidade do ar local (BRASIL, 2018).

O IQAR estabelece faixas de classificação da qualidade do ar divididas em “Boa”, “Regular”, “Inadequada”, “Má”, “Péssima” e “Crítica”. Este índice é obtido por meio de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Para divulgar o nível de qualidade do ar é utilizado o índice mais elevado, ou seja, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso.

3.3.1 Cálculo do índice de qualidade do ar

Após coleta de dados e monitoramento de 24 horas das concentrações de poluentes atmosféricos, a análise da qualidade do ar é feita com base no Anexo IV da resolução CONAMA

nº 491/2018, o qual estabelece uma equação para o cálculo do IQAr. Esta equação é resultado de uma experiência acumulada de vários anos de estudos nos Estados Unidos e Canadá (PORFIRIO, 2008). Abaixo, a Equação 4.1 que correlaciona o nível de concentração de cada poluente com as faixas de qualidade do ar.

Equação 4.1- Cálculo do índice de qualidade do ar.

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

Onde:

I_{ini} = valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa.

I_{fin} = valor do índice que corresponde à concentração final da faixa.

C_{ini} = concentração inicial da faixa onde se localiza a concentração medida.

C_{fin} = concentração final da faixa onde se localiza a concentração medida.

C = concentração medida do poluente.

3.4 Padrões legais de qualidade do ar

As leis que regulam as emissões à atmosfera podem considerar: padrões de qualidade, inventários das emissões, tecnologias para evitar poluir, sistemas de informação, planejamento territorial, modelamentos das emissões, fiscalização, punição e monitoramentos.

Os padrões de qualidade do ar possuem um papel fundamental no controle da qualidade do ar, uma vez que representam um referencial básico para o estabelecimento de metas e de instrumentos legais de controle da qualidade do ar. Diante disso, é primordial que os padrões de qualidade do ar estejam em consonância com o conhecimento científico a respeito dos impactos à poluição atmosférica, aos efeitos à saúde humana e ao meio ambiente (MAFAVISSE, 2018).

De acordo com a WHO (2015), são estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: Primário e Secundário, descritos na seção 3.2. Neste tópico, cabe a cada órgão ambiental estabelecer seus próprios padrões de qualidade do ar em função de suas especificidades, ou seja, do nível de atividade potencialmente poluidora, ao invés de estabelecer diretamente os valores guias como padrão.

A WHO, na sua última atualização dos parâmetros legais em 2005, dentre vários poluentes atmosféricos, estabeleceu *guidelines* para MP_{10} e $MP_{2,5}$ e adotou valores intermediários temporários para estes, com o fito de viabilizar atualização progressiva dos valores guias pelos países, conforme suas especificidades e estrutura de controle da qualidade do ar.

Atualmente, a Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) reconhece os valores guias recomendados pela OMS. Como evidência desse reconhecimento, foi revogada a resolução CONAMA nº 03/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da resolução CONAMA nº 05/1989, passando a vigorar de forma correlacionada a resolução CONAMA nº 491/2018. Abaixo, a tabela 6 que correlaciona o nível de concentração de cada poluente com o índice de qualidade dividido em faixas de criticidade.

Tabela 6 – Classificação da qualidade do ar com base nas concentrações de poluentes e IQAr

ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR (IQAr)								
Qualidade	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	PI _{2,5} (µg/m ³)	PI ₁₀ (µg/m ³)	S _{O2} (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (ppm)	O ₃ (µg/m ³)
 Boa	0-40	Seguro à Saúde	0-25	0-50	0-20	0-200	0-9,0	0-100
 Regular	41-100	Tolerável	26-60	51-120	21-125	201-260	****	101-140
 Inadequada	101-199	Insalubre para Grupos Sensíveis	61-124	121-249	126-799	261-1129	9,1-14,9	141-199
 Má	200-299	Muito Insalubre (Nível de Atenção)	125-209	250-419	800-1599	1130-2259	15,0-29,9	200-399
 Péssima	300-399	Perigoso (Nível de Alerta)	210-249	420-499	1600-2099	2260-2999	30,0-39,9	400-599
 Crítica	400 ou maior	Muito Perigoso (Nível de Emergência)	≥ 250	≥ 500	≥ 2100	≥ 3000	≥ 40	≥ 600

Os índices com classificação BOA ou REGULAR, atendem aos Padrões de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 491 de 19/11/2018.

Fonte: SEMACE (2019).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do estudo

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa quali-quantitativa sobre os principais poluentes atmosféricos especificados como parâmetros pela resolução CONAMA nº 491/2018, descritos na seção 3.2.1, para o cálculo do IQAr conforme fórmula descrita na seção 3.3.1.

As concentrações medidas de cada poluente atmosférico utilizadas neste trabalho para o cálculo do IQAr do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) foram provenientes do monitoramento contínuo de 24 horas, ao longo de 2018, de uma estação meteorológica.

Todos os dados coletados foram previamente analisados com objetivo de validar as concentrações medidas de cada poluente para o cálculo do IQAr da área de estudo.

Por fim, sugestão de oportunidade de melhoria para auxiliar o controle da informação como evidencição ambiental a partir do uso de uma ferramenta capaz de mapear o índice de qualidade do ar.

4.2 Procedimento

A partir da compilação dos dados validados pelo técnico instrumentista da estação, o controle de informação foi obtida com o auxílio de uma planilha eletrônica que calculou o IQAr, possibilitando uma análise qualitativa, expressa em faixas de qualidade do ar para cada poluente, e quantitativa, expressa em percentual de concentração de cada poluente de acordo com as faixas de qualidade do ar da área de estudo.

Toda a análise foi realizada com base na resolução CONAMA nº 491/2018, conforme o Quadro 3.1. Abaixo, Figura 2 e 3, que representam o processo de mapeamento do IQAr e cálculo de IQAr conforme cada poluente.

Figura 2 – Mapeamento geral e mensal do percentual (%) da faixa de IQAr

Qualidade	PM2.5	PM10	SO2	NO2	CO	O3	MÉDIA
Boa	-	100%	96%	-	-	100%	99%
Regular	-	0%	4%	-	-	0%	1%
Inadequada	-	0%	0%	-	-	0%	0%
Má	-	0%	0%	-	-	0%	0%
Péssima	-	0%	0%	-	-	0%	0%

ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR (IQAr)								
Qualidade	Índice	Nível de Cautela sobre a Saúde	PM2,5 (µg/m³)	PM10 (µg/m³)	SO2 (µg/m³)	NO2 (µg/m³)	CO (ppm)	O3 (µg/m³)
Boa	0-40	Seguro à Saúde	0-25	0-50	0-20	0-200	0-9,0	0-100
Regular	41-100	Tolerável	26-60	51-120	21-125	201-260	****	101-140
Inadequada	101-199	Insalubre para Grupos Sensíveis	61-124	121-249	126-799	261-1129	9,1-14,9	141-199
Má	200-299	Muito Insalubre (Nível de Atenção)	125-209	250-419	800-1599	1130-2259	15,0-29,9	200-399
Péssima	300-399	Perigoso (Nível de Alerta)	210-249	420-499	1600-2099	2260-2999	30,0-39,9	400-599
Crítica	400 ou mais	Muito Perigoso (Nível de Emergência)	≥ 250	≥ 500	≥ 2100	≥ 3000	≥ 40	≥ 600

Janeiro							
Percentual (%) da faixa de Qualidade							
Qualidade	PM2.5	PM10	SO2	NO2	CO	O3	MÉDIA
Boa	-	100%	97%	-	-	100%	99%
Regular	-	0%	3%	-	-	0%	1%
Inadequada	-	0%	0%	-	-	0%	0%
Má	-	0%	0%	-	-	0%	0%
Péssima	-	0%	0%	-	-	0%	0%

Fevereiro							
Percentual (%) da faixa de Qualidade							
Qualidade	PM2.5	PM10	SO2	NO2	CO	O3	MÉDIA
Boa	-	100%	94%	-	-	100%	98%
Regular	-	0%	6%	-	-	0%	2%
Inadequada	-	0%	0%	-	-	0%	0%
Má	-	0%	0%	-	-	0%	0%
Péssima	-	0%	0%	-	-	0%	0%

GERAL	Consolidado - PM2.5	Consolidado - PM10	Consolidado - NO2	Consolidado - SO2	Consolidado - CO	Consolidado - O3	+
-------	---------------------	--------------------	-------------------	-------------------	------------------	------------------	---

Elaborado: Autor, 2019

Figura 3 – Exemplo de cálculo de IQAr referente ao SO₂

Mês	Dia	Concentração Medida (pp)	Flag	Concentração Medida (µg/m³)	Concentração Arr	C[ínicia	C[final	I[ínicia	I[final	IQAr	Qualidade
1	01/01/2018	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 01:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 02:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 03:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 04:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 05:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 06:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 08:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 09:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 10:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 11:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 12:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 13:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 14:00	0,006	V	15,71451956	16	0	20	0	40	32	Boa
1	01/01/2018 15:00	0,006	V	15,71451956	16	0	20	0	40	32	Boa
1	01/01/2018	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 17:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 18:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 19:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa
1	01/01/2018 20:00	0,005	V	13,09543297	14	0	20	0	40	27	Boa

Elaborado: Autor, 2019

4.3 Caracterização da área de estudo

O Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), está localizado no Município de São Gonçalo do Amarante, Ceará, a noroeste da sede municipal.

De acordo com o último Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do município era de 48.516 habitantes em 2010. Em 2016, o salário médio dos trabalhadores formais era de 3,7 salários mínimos e o PIB *per capita* R\$ 49259,77. Dentre os 184 municípios cearenses, o PIB *per capita* é o 2º maior (IBGE, 2010).

As atividades industriais do Complexo são, essencialmente, voltadas para transporte e consumo de combustíveis minerais, de produtos siderúrgicos e de *clinkers* (cimentos não pulverizados).

Segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), a área é caracterizada por um clima tropical chuvoso, quente semiárido brando, com chuvas de verão e outono, com precipitação média anual de 1642,3 mm.

O período mais chuvoso vai de janeiro a junho e os mais secos de julho a dezembro. A temperatura média anual é de 27°C, com uma evaporação média anual de 1.469,2 mm.

A área está totalmente inserida na Bacia Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza e apresenta como principais drenagens o rio São Gonçalo e os riachos Pau d'Óleo, Madeira e São Pedro. Além disso, no Município podem-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, coberturas sedimentares e depósitos aluvionares.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do monitoramento da qualidade do ar do CIPP em 2018, obtidos pela ferramenta de controle, puderam ser evidenciados em forma de médias de curto prazo (horária ou diária) e de longo prazo (anual) conforme padrões de qualidade do ar exigidos pela resolução CONAMA nº 491/2018.

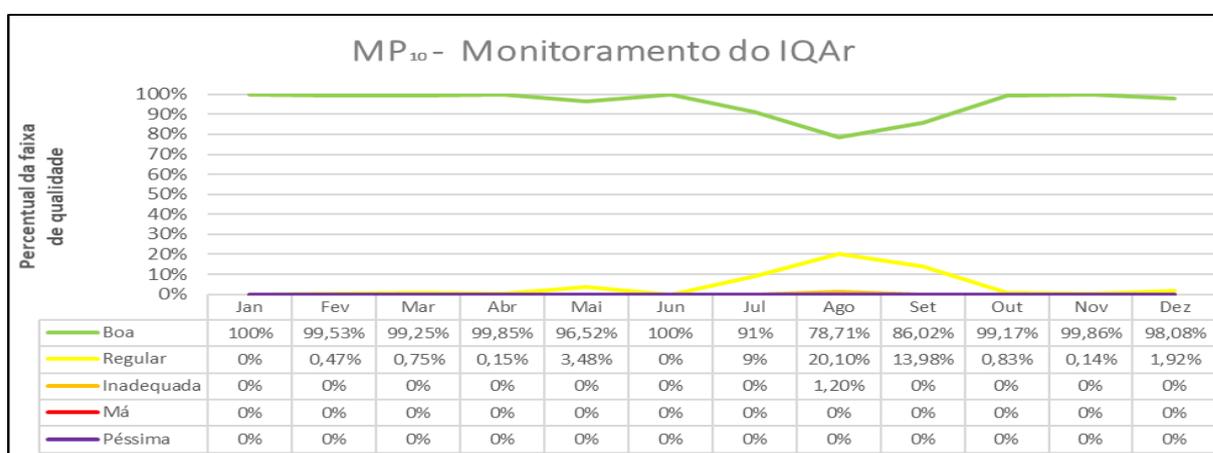
Ademias, tais resultados também puderam ser evidenciados em forma de percentual de faixa de classificação da qualidade do ar garantindo sua aplicabilidade, por exemplo, em Relatório Estatístico Mensal (REM) e indicadores ambientais de empresas.

5.1 Material particulado

As concentrações medidas de PM₁₀, material particulado que possui diâmetro menor ou igual à 10 µm, validadas durante o período de 12 meses de monitoramento apresentaram-se, majoritariamente, valores de IQAr pertencentes as faixas de qualidade do ar “Boa” (96,10%) e “Regular” (3,83%), as quais consideram as concentrações de MP₁₀ dentro dos limites normativos descritos no Anexo I da resolução CONAMA nº 491/2018.

Entretanto, a qualidade do ar local não foi 100% aceitável, ou seja, tolerável, visto que também se apresenta valores de IQAr pertencente a faixa de qualidade do ar classificada como “Inadequada” (0,07%). Esse percentual corresponde a cinco concentrações medidas durante o período de monitoramento. Abaixo, gráfico 1 que detalha o perfil de qualidade do ar com base nos meses de monitoramento do parâmetro MP₁₀.

Gráfico 1 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro MP₁₀



Elaborado: Autor, 2019

Comparando-se o percentual mensal de qualidade do ar evidenciou-se que as maiores variações foram correspondentes a três meses consecutivos: julho, agosto e setembro. A média diária máxima foi de 46,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 03 de agosto de 2018. Abaixo, figura 4 que especifica a concentrações horárias medidas nesse dia.

Figura 4 – Concentração horárias de MP_{10} no dia 03 de agosto de 2018

Mês	Dia	Concentração Medida (I)	Flag	Concentração Medida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentração Arred	C(inicia)	C(fina)	I(iniciã)	I(final)	IQAr	Qualidade
8	03/08/2018 00:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 01:00	0,042	V	42	42	0	50	0	40	34	Boa
8	03/08/2018 02:00	0,044	V	44	44	0	50	0	40	36	Boa
8	03/08/2018 03:00	0,046	V	46	46	0	50	0	40	37	Boa
8	03/08/2018 04:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 05:00	0,046	V	46	46	0	50	0	40	37	Boa
8	03/08/2018 06:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 07:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 08:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 09:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 10:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 11:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 12:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 13:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 14:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 15:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 16:00	0,046	V	46	46	0	50	0	40	37	Boa
8	03/08/2018 17:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 18:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 19:00	0,048	V	48	48	0	50	0	40	39	Boa
8	03/08/2018 20:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 21:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 22:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa
8	03/08/2018 23:00	0,047	V	47	47	0	50	0	40	38	Boa

Elaborado: Autor, 2019

No mês de agosto, também apresentou a maior concentração de MP_{10} que ultrapassou o limite normativo de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para concentração horária, gerando o valor de 145 para o IQAr correspondente à faixa de qualidade do ar “Inadequada”. Tal concentração medida foi de 178 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 22 de agosto de 2018 às 20:00 horas.

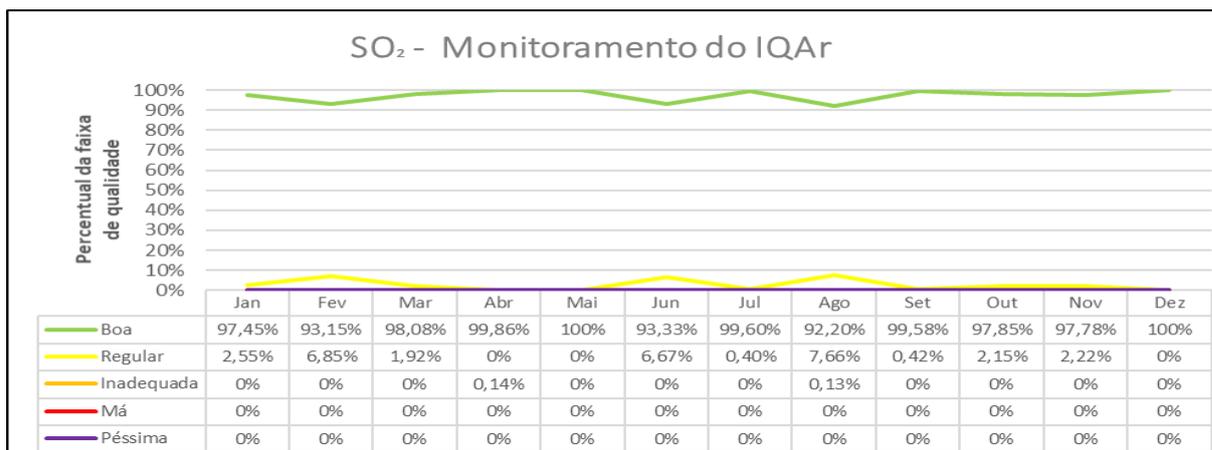
5.2 Dióxido de enxofre

As concentrações medidas de SO_2 validadas durante o período de 12 meses de monitoramento apresentaram-se, majoritariamente, valores de IQAr pertencentes as faixas de qualidade do ar “Boa” (97,37%) e “Regular” (2,60%), as quais consideram as concentrações de SO_2 dentro dos limites normativos descritos no Anexo I da resolução CONAMA nº 491/2018.

Entretanto, a qualidade do ar local não foi 100% aceitável, ou seja, tolerável, visto que também se apresentaram valores de IQAr pertencente a faixa de qualidade do ar classificada

como “Inadequada” (0,03%). Esse percentual corresponde a uma concentração medida durante o período de monitoramento, cujo valor foi de $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ultrapassando o limite normativo de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para concentração horária no dia 19 de agosto de 2018. Tal concentração gerou um IQAr no valor de 103. Abaixo, gráfico 2 que detalha o perfil de qualidade do ar com base nos meses de monitoramento do parâmetro SO_2 .

Gráfico 2 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro SO_2

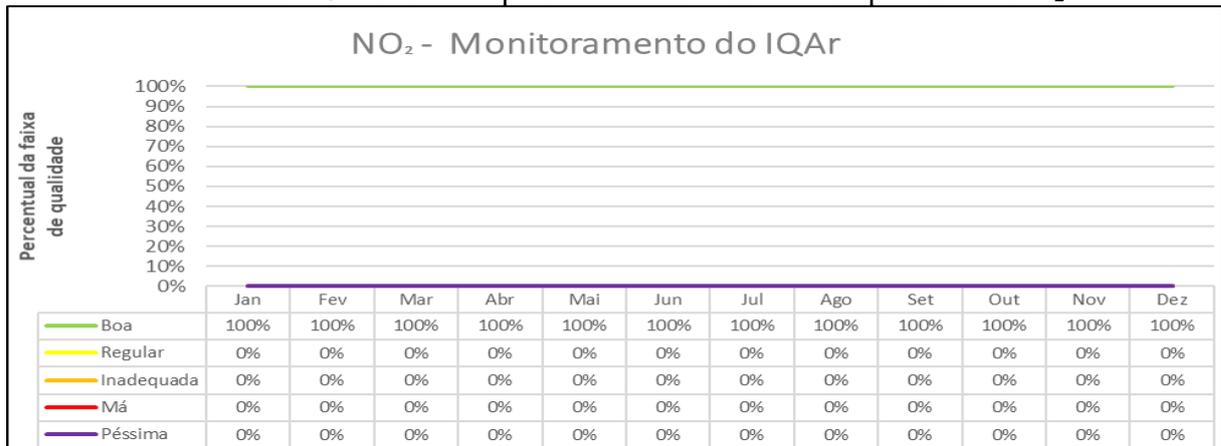


Elaborado: Autor, 2019

Comparando-se o percentual mensal de qualidade do ar evidenciou-se que as maiores variações foram correspondentes aos meses de fevereiro e agosto. Evidenciou-se uma média aritmética anual de $9,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a qual está abaixo do limite normativo de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ descrito no Anexo I da resolução CONAMA nº 491/2018.

5.3 Dióxido de nitrogênio

As concentrações medidas de NO_2 validadas durante o período de 12 meses de monitoramento apresentaram-se somente valores de IQAr pertencente a faixa de qualidade do ar “Boa” (100%), a qual considera as concentrações de NO_2 dentro dos limites normativos descritos no Anexo I da resolução CONAMA nº 491/2018. Abaixo, gráfico 3 que detalha o perfil de qualidade do ar com base nos meses de monitoramento do parâmetro NO_2 .

Gráfico 3 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro NO₂

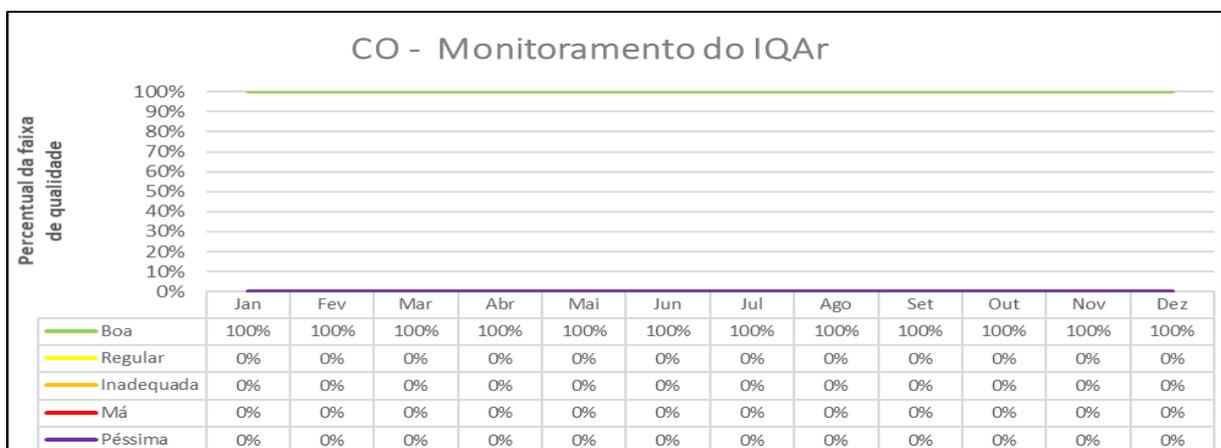
Elaborado: Autor, 2019

Diante disso, a qualidade do ar local foi 100% aceitável, ou seja, seguro à saúde. O maior valor de IQAr apresentado durante o período de monitoramento foi de 10 un. no dia 11 de abril de 2018, cuja concentração medida de NO₂ foi de 47,06 µg/m³.

5.4 Monóxido de carbono

As concentrações medidas de CO validadas durante o período de 12 meses de monitoramento apresentaram-se somente valores de IQAr pertencente a faixa de qualidade do ar “Boa” (100%), a qual considera as concentrações de CO dentro dos limites normativos descritos no Anexo I da resolução CONAMA nº 491/2018. Abaixo, gráfico 4 que detalha o perfil de qualidade do ar com base nos meses de monitoramento do parâmetro CO.

Gráfico 4 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro CO



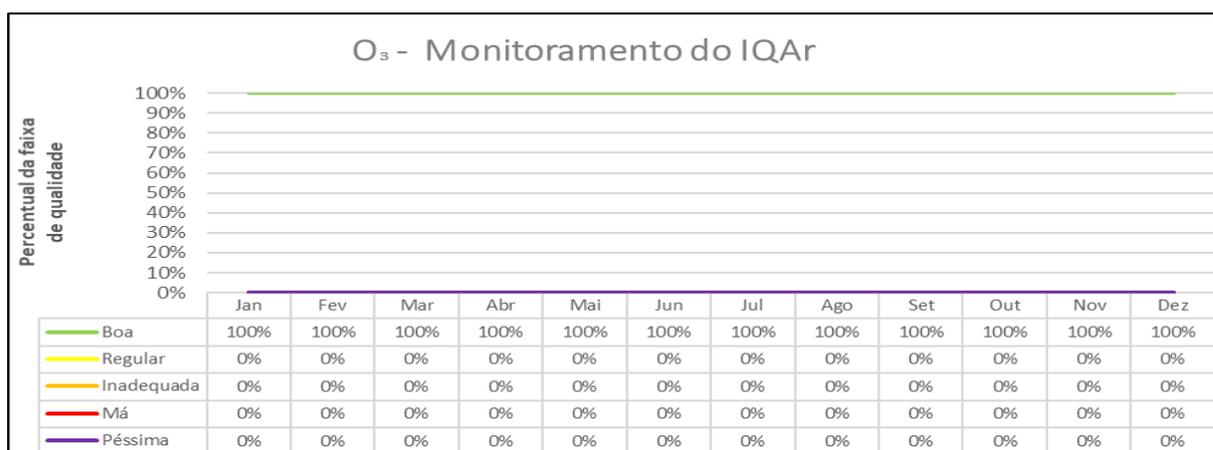
Elaborado: Autor, 2019

Diante disso, a qualidade do ar local foi 100% aceitável, ou seja, seguro à saúde. O maior valor de IQAr apresentado durante o período de monitoramento foi de 39 un. no dia 04 de dezembro de 2018, cuja concentração medida de CO foi de 8,7 ppm.

5.5 Ozônio

As concentrações medidas de O₃ validadas durante o período de 12 meses de monitoramento apresentaram-se somente valores de IQAr pertencente a faixa de qualidade do ar “Boa” (100%), a qual considera as concentrações de O₃ dentro dos limites normativos descritos no Anexo I da resolução CONAMA nº 491/2018. Abaixo, gráfico 5 que detalha o perfil de qualidade do ar com base nos meses de monitoramento do parâmetro O₃.

Gráfico 5 – Perfil da qualidade do ar com base no parâmetro O₃



Elaborado: Autor, 2019

Diante disso, a qualidade do ar local foi 100% aceitável, ou seja, seguro à saúde. O maior valor de IQAr apresentado durante o período de monitoramento foi de 40 un. no dia 15 de abril de 2018, cuja concentração medida de O₃ foi de 98,21 µg/m³.

6 CONCLUSÃO

A metodologia utilizada mostrou-se elucidativa, cumprindo os objetivos a qual foi destinada: levantar e divulgar dados sobre a qualidade do ar do CIPP como evidência ambiental, além de ressaltar a aplicabilidade de uma ferramenta de controle capaz de auxiliar a validação de dados de concentração de poluentes medidos e mapear o índice de qualidade do ar local.

O presente trabalho permitiu concluir que o uso da ferramenta eletrônica desempenhou sua função de forma satisfatória, visto que foi possível validar dados coletados ao longo de um ano de monitoramento e mapear índice de qualidade do ar local como forma de evidência ambiental. Em 2018, por exemplo, evidenciou-se que o índice de qualidade do ar local esteve em 98,69% na faixa classificada como “Boa”, 1,29% na faixa classificada como “Regular” e 0,02% na faixa classificada como “Inadequada”, mediante limites de concentração para cada poluente atmosférico estabelecido como parâmetro pela resolução CONAMA nº 491/2018.

Dentre os parâmetros analisados, pode-se concluir que as atividades potencialmente poluidoras presentes no Complexo estão diretamente relacionadas às variações de faixas de qualidade apresentadas pelas concentrações medidas de material particulado (MP) e dióxido de enxofre (SO₂), apesar do índice de qualidade variar em faixas aceitáveis para qualidade do ar local.

Além disso, tal mapeamento pode ser considerado como mais um recurso para validar a classificação da qualidade do ar da área de estudo como “Boa”, visto que tal classificação foi, anteriormente, determinada pelo monitoramento da qualidade do ar realizado por uma estação de domínio da SEMACE.

Por fim, pôde-se concluir que é de fundamental importância realizar um controle da informação capaz de servir como forma de evidência ambiental para auxiliar processos de fiscalização e monitoramento exercidos por órgãos responsáveis, assim como, de melhoria de desempenho ambiental de empresa quanto a tecnologia aplicada em seus processos industriais. Para trabalhos futuros, sugere-se associar dados meteorológicos às concentrações dos poluentes monitorados com o fito de analisar possíveis influências no índice de qualidade do ar local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, C. A. Necessidades informacionais para o monitoramento, licenciamento e fiscalização de atividades poluidoras. 2011. 148f. Dissertação (Mestrado) - Curso de gestão da informação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

BRAGA, C. **Contabilidade Ambiental: Ferramenta para a Gestão da Sustentabilidade.**2007 São Paulo: Atlas,12 p.

BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. **Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde.** Campinas, 2002. 20 p.

BRASIL. Casa Civil. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981. Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

CEPIS. **Manual de controle da poluição do ar.** Agência de proteção ambiental do Estados Unidos. Lima, 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Padrões de Qualidade do Ar.** São Paulo, SP, 2017. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório anual de qualidade do ar no Estado de São Paulo.** São Paulo, SP, 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 005, de 15 de junho de 1989.** Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR. Publicado no D.O.U. em 30/08/89, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018.** Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Publicada no D.O.U.

em 22/08/90, Brasília, DF. Disponível em:
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L. **Ecologia da informação**: porque só a informação não basta para o sucesso na era da informação. São Paulo, 1998.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 223 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Air Quality Planning and Standards - The Ambient Air Monitoring Program**. Disponível em:
<<http://www.epa.gov/air/oaqps/qa/monprog.html>> Acesso em: 23 mar. 2019.

FERREIRA, A.C.S. **Contabilidade ambiental**: uma informação para o desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Atlas. 2003, 14p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ
ROESSLER - RS (FEPAM). **Poluentes**: fontes e efeitos. 2011. Disponível em:
<<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.asp>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

INSTITUI O PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR - PRONAR. Publicado no D.O.U. em 30/08/89, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001**: the scientific basis. New York: Cambridge University Press, 2001. Disponível em:
<http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/>. Acesso em: 15 mar.2019.

JACOBSON, M. Z. **Atmospheric pollution**: history, science and regulation. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 399 p. ISBN 0-521-81171-6.

LEE, D. S.; KÖHLER, I.; GROBLER, E.; ROHRER, F.; SAUSEN, R.; GALLARDO-KLENNER, L.; OLIVIER, J. G. J.; DENTENER, F. J.; BOUWMAN, A. F. Estimations of

global NO_x emissions and their uncertainties. **Atmospheric Environment**, v. 31, n. 12, p. 1735–1749, 1997.

LIMA, Y. L. **Percepção da qualidade do ar em Fortaleza - Ce.** 2017. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

LOGAN, J. A.; PRATHER, M. J.; WOFSY, S. C.; MCELROY, M. B. Tropospheric chemistry: a global perspective. **Journal Geophysical Research**, v. 86, n. C8, p. 7210–7254, ago. 1981.

LOGAN, J. A. Nitrogen oxides in the troposphere: global and regional budgets. **Journal Geophysical Research**, v. 88, n. C15, p. 10,785–10,807, dez. 1983.

LOUREIRO, L. N. **Panorâmica Sobre Emissões Atmosféricas. Avaliação do Inventário Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis.** 2005. 171f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.

MAFAVISSE, I. M. **Mapeamento e estratégia de controle de cargas antrópicas potencialmente poluidoras da mineração de carvão de Moatize, Moçambique.** 2018. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2018.

MAGALHÃES, L. C., NALINI JUNIOR, H. A., COUTRIM, M. X., LIMA, A. C. Determinação de Metais Traços no Material Particulado em Suspensão em Ouro Preto, Minas Gerais. **Rev. Química Nova**, Ouro Preto, vol. 33, n. 3, p. 519-523. 2010.

MANAHAN, S. E. **Environmental chemistry.** 7. ed. Florida: CRC Press LLC, 2000. 876 p.

MARTINIS, B. S. de. **Caracterização química e biológica das partículas respiráveis (PM₁₀) do material particulado atmosférico urbano coletado em um sítio urbano da cidade de São Paulo.** 1997. 133f. Tese (Doutorado) - Curso de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MONTALI, E. F. **Emissões atmosféricas industriais:** uma proposta de indicadores de pressão. 126 p. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

PACHECO, E. M. *et al.* **Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil**. São Paulo – SP: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014. Disponível em: <<http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/07/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-2014.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

PORFIRIO, M. **Proposta metodológica para o monitoramento de gases poluentes derivados de veículos automotores em centros urbanos**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Transportes, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROSA, F.S., ENSSLIN, S.R., ENSSLIN, L., LUNKES, R.J. **Gestão da Evidenciação Ambiental**: Um estudo sobre as Potencialidade e Oportunidade do Tema. Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, v.16, p.157-166, 2011.

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. 2002. 123f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.

SAMPAIO, F. E. **Metais Associados ao Material Particulado na Região Central da Cidade de Goiânia e os Possíveis Agravos a Saúde da População**. 2012. 124f. Dissertação (Mestrado) – Curso Ciência Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica, Goiânia, 2012.

SANTANA, E. *et al.* **Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia**. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <<http://www.energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2015/09/padrees-final01.pdf>> Acesso em: 10 fev. 2019.

SILVA, J. A. **Um Estudo da Qualidade do Ar na Cidade de Fortaleza (CE)**. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

SOARES, R. M. **Caracterização do material particulado atmosférico e avaliação da qualidade do ar da cidade de Poços de Caldas -MG**. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2015.

SOUZA, L. B. e ZANELLA, M. E. **Percepção de Riscos Ambientais: Teoria e Aplicações**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 240p.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMACE), **Índice de qualidade do ar**. Disponível em: < <https://www.troposfera.es/sobre-o-indice-de-qualidade-do-ar.html>> Acesso em: 08 fev. 2019.

TAZINASSI, M. G., TREVISAN, J. E., BRUNO, R. L., POZA, S. A., COURY, J. R. **Identificação de Fontes de Aerossóis Atmosféricos da Cidade de São Carlos-SP**. In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Campinas, 2005. p. 1-6

TESSAROLO, L. F. **Análise da qualidade do ar em três locais no estado de São Paulo com características distintas de desenvolvimento econômico**. 2012. 192f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Meteorologia do INPE, São José dos Campos, 2012.

TILT, C.A. Linking environmental activity and environmental disclosure in an organisational change framework”, **Journal of Accounting and Organizational Change**, 2006. V. 2, No. 1, p. 4-24

TRESMONDI, A. C. C. L. **Qualidade do ar na área de influência do pólo industrial de Paulínia - SP: 2000 - 2002**. 325 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Air and radiation**. 2011. Disponível em: <<http://epa.gov/air/>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

VIEIRA, N. R. **Poluição do ar: Indicadores ambientais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2009. 220 p.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric science: an introductory survey**. San Diego: Academic Press, 2006. 483 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Air quality guidelines: global update 2015**. Germany: WHO Regional Office for Europe, 2005. 496 p.

ANEXO A – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 491/2018



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

RESOLUÇÃO N. 491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018

Correlação:

- **Revoga a Resolução Conama nº 03/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 05/1989**

Dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno e o que consta do Processo Administrativo nº 02000.002704/2010-22, e

Considerando que os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar são parte estratégica do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, como instrumentos complementares e referenciais ao PRONAR;

Considerando como referência, os valores guia de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005, bem como seus critérios de implementação, resolve:

Art. 1º Esta Resolução estabelece padrões de qualidade do ar.

Art. 2º Para efeito desta resolução são adotadas as seguintes definições:

I - poluente atmosférico: qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade;

II - padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica;

III - padrões de qualidade do ar intermediários - PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;

IV - padrão de qualidade do ar final - PF: valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS em 2005;

V - episódio crítico de poluição do ar: situação caracterizada pela presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos;

VI - Plano de Controle de Emissões Atmosféricas: documento contendo abrangência, identificação de fontes de emissões atmosféricas, diretrizes e ações, com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação, visando ao controle da poluição do ar no território estadual ou distrital, observando as estratégias estabelecidas no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR;

VII - Material Particulado MP10: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros;

VIII - Material Particulado MP2,5: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros;

IX - Partículas Totais em Suspensão - PTS: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros;

X - Índice de Qualidade do Ar - IQAR: valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde.

Art. 3º Ficam estabelecidos os Padrões de Qualidade do Ar, conforme Anexo I.

§ 1º O Chumbo no material particulado é um parâmetro a ser monitorado em áreas específicas, em função da tipologia das fontes de emissões atmosféricas e a critério do órgão ambiental competente.

§ 2º As Partículas Totais em Suspensão - PTS e o material particulado em suspensão na forma de fumaça - FMC são parâmetros auxiliares, a serem utilizados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente.

§ 3º Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

§ 4º Adota-se como unidade de medida de concentração dos poluentes atmosféricos o micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) com exceção do Monóxido de Carbono que será reportado como partes por milhão (ppm).

Art. 4º Os Padrões de Qualidade do Ar definidos nesta Resolução serão adotados sequencialmente, em quatro etapas.

§ 1º A primeira etapa, que entra em vigor a partir da publicação desta Resolução, compreende os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1.

§ 2º Para os poluentes Monóxido de Carbono - CO, Partículas Totais em Suspensão - PTS e Chumbo - Pb será adotado o padrão de qualidade do ar final, a partir da publicação desta Resolução.

§ 3º Os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários e Final - PI-2, PI-3 e PF serão adotados, cada um, de forma subsequente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar, elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente, conforme os artigos 5º e 6º, respectivamente.

§ 4º Caso não seja possível a migração para o padrão subsequente, prevalece o padrão já adotado.

§ 5º Caberá ao órgão ambiental competente o estabelecimento de critérios aplicáveis ao licenciamento ambiental, observando o padrão de qualidade do ar adotado localmente.

Art. 5º Os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão elaborar, em até 3 anos a partir da entrada em vigor desta Resolução, um Plano de Controle de Emissões Atmosféricas que deverá ser definido em regulamentação própria.

§ 1º O Plano de Controle de Emissões Atmosféricas deverá considerar os Padrões de Qualidade definidos nesta Resolução, bem como as diretrizes contidas no PRONAR.

§ 2º O Plano de Controle de Emissões Atmosféricas deverá conter:

I- abrangência geográfica e regiões a serem priorizadas;

II - identificação das principais fontes de emissão e respectivos poluentes atmosféricos; e

III - diretrizes e ações com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação.

§ 3º Os órgãos ambientais estaduais e distrital elaborarão, a cada 3 anos, relatório de acompanhamento do plano, indicando eventuais necessidades de reavaliação, garantindo a sua publicidade.

§ 4º O Plano a que se refere o **caput**, juntamente com os resultados alcançados na sua implementação, deverá ser encaminhado ao Ministério do Meio Ambiente no primeiro trimestre do quinto ano da publicação desta Resolução.

Art. 6º Os órgãos ambientais estaduais e distrital elaborarão o Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar anualmente, garantindo sua publicidade.

Parágrafo único. O relatório de que trata o **caput** deve conter os dados de monitoramento e a evolução da qualidade do ar, conforme conteúdo mínimo estabelecido no Anexo II, e resumo executivo, de forma objetiva e didática, com informações redigidas em linguagem acessível.

Art. 7º O Ministério do Meio Ambiente deverá consolidar as informações disponibilizadas pelos órgãos ambientais estaduais e distrital referentes ao Plano de Controle de Emissões Atmosféricas e Relatórios de

Avaliação da Qualidade do Ar e apresentá-las ao CONAMA até o final do quinto ano da publicação desta Resolução, de forma a subsidiar a discussão sobre a adoção dos padrões de qualidade do ar subsequentes.

Art. 8º Para fins do monitoramento da qualidade do ar, o Ministério do Meio Ambiente, em conjunto com os órgãos ambientais estaduais e distrital, no prazo de 12 meses após a entrada em vigor desta Resolução, elaborará guia técnico contendo, dentre outros, os métodos de referência adotados e os critérios para utilização de métodos equivalentes, da localização dos amostradores e da representatividade temporal dos dados e sistematização do cálculo do índice de qualidade do ar, conforme estabelecido no Anexo IV.

Parágrafo único. Os órgãos ambientais competentes definirão os métodos de medição da qualidade do ar até a publicação do guia técnico mencionado no **caput**.

Art. 9º O Ministério do Meio Ambiente elaborará relatório anual de acompanhamento e o apresentará na última reunião ordinária do CONAMA.

Art. 10. Os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão elaborar, com base nos níveis de atenção, de alerta e de emergência, um Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar, a ser submetido à autoridade competente do estado ou do Distrito Federal, visando medidas preventivas com o objetivo de evitar graves e iminentes riscos à saúde da população, de acordo com os poluentes e concentrações, constantes no Anexo III.

Parágrafo único. O Plano mencionado no **caput** deverá indicar os responsáveis pela declaração dos diversos níveis de criticidade, devendo essa declaração ser divulgada em quaisquer dos meios de comunicação de massa.

Art. 11. Os níveis de atenção, alerta e emergência a que se refere o art. 10 serão declarados quando, prevenindo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 horas subsequentes, for excedida uma ou mais das condições especificadas no Anexo III.

Parágrafo único. Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida, sujeitas às restrições previamente estabelecidas no Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar.

Art. 12. O Ministério do Meio Ambiente e os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão divulgar, em sua página da internet, dados de monitoramento e informações relacionados à gestão da qualidade do ar.

Art. 13. Os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão divulgar Índice de Qualidade do Ar - IQAR conforme definido no Anexo IV.

§ 1º Para cálculo do IQAR deverá ser utilizada a equação 1 do Anexo IV, para cada um dos poluentes monitorados.

§ 2º Para definição da primeira faixa de concentração do IQAR deverá ser utilizado como limite superior o valor de concentração adotado como PF para cada poluente.

§ 3º As demais faixas de concentração da IQAR e padronizações serão definidas no guia técnico a que se refere o art. 8º.

Art. 14. Fica revogada a Resolução CONAMA nº 03/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução CONAMA nº 5/1989.

Art. 15. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

ROMEU MENDES DO CARMO
Presidente do Conselho

ANEXO I
PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	ppm
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-
¹ - média aritmética anual						
² - média horária						
³ - máxima média móvel obtida no dia						
⁴ - média geométrica anual						
⁵ - medido nas partículas totais em suspensão						

ANEXO II
CONTEÚDO MÍNIMO PARA O RELATÓRIO AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

1 - Resumo executivo.

1. Descrição das características da região do estado e do Distrito Federal:
 - a) Condições Meteorológicas
 - b) Uso e ocupação do solo
 - c) Outras características consideradas relevantes
2. Descrição da rede de monitoramento
3. Poluentes Atmosféricos monitorados
4. Redes de Monitoramento
5. Tipos de Rede e Parâmetros Monitorados
 - a) Rede Automática
 - b) Rede Manual
6. Metodologia de Monitoramento
7. Metodologia de Tratamento dos Dados
8. Representatividade de Dados
 - a) Rede Automática
 - b) Rede Manual
9. Representatividade espacial das estações
10. Descrição das fontes de poluição do ar
11. Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias
12. Apresentação dos resultados quanto aos poluentes
13. Medidas de gestão implementadas
14. Referências legais e bibliográficas

ANEXO III
NÍVEIS DE ATENÇÃO, ALERTA E EMERGÊNCIA PARA POLUENTES E SUAS CONCENTRAÇÕES

Nível	Poluentes e concentrações					
	SO ₂ µg/m ³ (média de 24h)	Material Particulado		CO ppm (média móvel de 8h)	O ₃ µg/m ³ (média móvel de 8h)	NO ₂ µg/m ³ (média de 1h)
		MP ₁₀ µg/m ³ (média de 24h)	MP _{2,5} µg/m ³ (média de 24h)			
Atenção	800	250	125	15	200	1.130
Alerta	1.600	420	210	30	400	2.260
Emergência	2.100	500	250	40	600	3.000

SO₂ = dióxido de enxofre; MP10 = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 µm;

MP_{2,5} = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 µm; CO = monóxido de carbono;

O₃ = ozônio; NO₂ = dióxido de nitrogênio µg/m³; ppm = partes por milhão.

ANEXO IV

Qualidade	Índice	MP ₁₀	MP _{2,5}	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(ppm)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
		24h	24h	8h	8h	1h	24h
N1 - Boa	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20

Equação 1 - Cálculo do Índice de Qualidade do Ar

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

Onde:

I_{ini} = valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa.

I_{fin} = valor do índice que corresponde à concentração final da faixa.

C_{ini} = concentração inicial da faixa onde se localiza a concentração medida.

C_{fin} = concentração final da faixa onde se localiza a concentração medida.

C = concentração medida do poluente.