

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**LUIS AUGUSTO GARCIA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA NA  
QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE MORRO DA FUMAÇA - SC**

**CRICIÚMA**

**2018**

**LUIS AUGUSTO GARCIA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA NA  
QUALIDADE DO AR NO MUNÍCIPIO DE MORRO DA FUMAÇA - SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental e Sanitarista no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof. MSc. Paula Tramontim Pavei

**CRICIÚMA**

**2018**

**LUIS AUGUSTO GARCIA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA NA  
QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE MORRO DA FUMAÇA - SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental e Sanitarista, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Controle de Qualidade do Ar.

Criciúma, 26 de Junho de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>. Paula Tramontim Pavei - Mestre - (UNESC) - Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman - Mestre - (UNESC)

Prof. Sergio Luciano Galatto - Mestre- (UNESC)

**Dedico o presente trabalho de conclusão de curso aos meus pais, Maria Sirleni e Luiz Carlos (*In memoriam*), por todo amor e carinho a mim dedicados.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha família e pela companhia durante a minha caminhada.

Agradeço aos meus pais, Maria Sirleni Vieira Garcia e a Luiz Carlos Garcia (*In memoriam*), por todo amor, dedicação e carinho a mim concedidos. Pela educação e pelo incentivo para sempre me manter firme na caminhada.

Agradeço a minha namorada, Bruna Nazario, pela paciência, pelo amor, pelo carinho, pelos conselhos, por sempre me ajudar nas etapas da graduação e por entender a minha ausência em alguns momentos.

Agradeço toda a minha família, em especial aos meus tios; Márcia, Marlei, Jair, Rinaldo, Lidiani e Marluci; e avós, por todo amor, carinho, conselhos e auxílio a mim dedicados.

A todos os meus amigos, pelo apoio e carinho, em especial ao Victor Panato pelo companheirismo e ajuda durante a graduação.

Aos meus sogros, Elizete Inácio e Ivoni Nazario, por todo carinho e ajuda.

Ao meu padasto Jorge dos Santos Silva pela amizade, ensinamentos e conselhos.

Aos professores agradeço por todos os ensinamentos compartilhados, em especial a minha orientadora Paula Tramontim Pavei pela dedicação nos ensinamentos, conselhos e orientações.

Agradeço ao meu supervisor de estágio, Guilherme Marcelino, pela oportunidade e aprendizados a mim compartilhados.

E a todos que de alguma forma foram importantes para a conclusão desta etapa.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos”.

(Friedrich Nietzsche)

## RESUMO

O presente trabalho realizou uma análise sobre a influência das indústrias de cerâmicas vermelha na qualidade do ar no município de Morro da Fumaça, Santa Catarina. Diante da concentração elevada de indústrias do setor da cerâmica vermelha neste município, verificou-se a necessidade de avaliar a qualidade do ar e a sua influência sobre a vida da população. Para tanto, foram analisados três pontos principais: emissão atmosférica das indústrias de cerâmicas vermelha clientes do laboratório fornecedor do estágio, avaliação da qualidade do ar no município de Morro Fumaça e análise da incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade estudada em comparação a outros municípios do extremo sul de Santa Catarina. Para a análise da deterioração da qualidade do ar foi definido o ponto de monitoramento, considerando a maior concentração de pessoas, segurança, fonte de energia para o equipamento e concentração de indústrias cerâmicas. A metodologia da análise de qualidade do ar foi definida com base na resolução n. 03/1990 do CONAMA. Tanto as análises de emissão atmosférica das indústrias quanto à de qualidade do ar, atenderam as legislações em âmbito nacional e estadual. O levantamento de dados da saúde teve como principal foco o número de internações por doenças do aparelho respiratório, estas informações foram coletadas do DATASUS. Após a elaboração da taxa de internação por 1000 habitantes, evidenciou-se que os números de Morro da Fumaça estão muito superiores aos dos municípios utilizados em comparação, Araranguá e Criciúma. Recomendou-se que as legislações sejam revistas e que novos trabalhos sejam realizados, avaliando-se simultaneamente o monitoramento da qualidade do ar e a incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares no município por meio de consulta a dados do Sistema Único de Saúde (SUS).

**Palavras chave:** Qualidade do ar; Morro da Fumaça; Poluição Atmosférica.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estratificação térmica das camadas da atmosfera.....	15
Figura 2 – Gradiente adiabático.....	27
Figura 3 – Formação de plumas de acordo com o gradiente adiabático.....	27
Figura 4 – Influência do vento na dispersão de poluentes.....	28
Figura 5 – Localização territorial do Município de Morro da Fumaça – SC.....	39
Figura 6 – Mapa de localização das indústrias de cerâmicas vermelha no município de Morro da Fumaça – SC.....	40
Figura 7 – Localização do ponto de monitoramento da qualidade do Ar (triângulo vermelho).....	44
Figura 8 – Localização da edificação onde o Amostrador de Grande Volume foi instalado.....	45
Figura 9 – Amostrador de grande volume - HI-VOL.....	46
Figura 10 – Fluxo de ar do amostrador de grande volume (HI-VOL).....	47
Figura 11 – Formulário de identificação de amostragem.....	48
Figura 12 – A e 12 – B – Filtro antes de iniciar amostragem (A) e Filtro ao final da amostragem (B).....	48
Figura 13 – Mapa com a localização das indústrias de cerâmicas vermelha analisadas.....	52
Figura 14 – Índice de qualidade do ar para Partículas Totais em Suspensão.....	59
Figura 15 – Comparativo entre o filtro do primeiro dia de monitoramento (22/05/2018) e do último dia (27/05/2018).....	60
Figura 16 – Localizações das indústrias de cerâmicas vermelha analisadas juntamente com a localização do ponto de monitoramento.....	61
Figura 17 – Número de internações por doenças respiratórias – 2014.....	63
Figura 18 – Número de internações por doenças respiratórias – 2015.....	64
Figura 19 – Número de internações por doenças respiratórias – 2016.....	64
Figura 20 – Número de internações por doenças respiratórias – 2017.....	65
Figura 21 – Número de internações por doenças respiratórias – 2018.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre o tamanho das partículas e o nível de penetração no sistema respiratório. ....	25
Tabela 2 – Padrões da qualidade do ar segundo resolução CONAMA n. 003/1990. ....	32
Tabela 3 – Limites de emissão para óleo combustível (Res. CONAMA n. 382/2006). .....	33
Tabela 4 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n.382/2006), MP e NO <sub>x</sub> . ....	33
Tabela 5 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n. 382/2006), CO. ....	33
Tabela 6 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n. 436/2011), MP e NO <sub>x</sub> . ....	34
Tabela 7 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n. 382/2006), CO. ....	34
Tabela 8 – Parâmetro de qualidade do ar determinados pelo decreto nº 14.250, de 05 de junho de 1981. ....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Concentrações de poluentes atmosféricos das metas intermediárias do Decreto n. 59.113/2013 – CETESB.....	37
Quadro 2 – Modelo utilizado para análise dos dados obtidos pelos relatórios de monitoramento de emissões atmosféricas. ....	42
Quadro 3 – Análises de emissão atmosféricas das indústrias de cerâmicas vermelha – Ano 2015. ....	53
Quadro 4 – Análises de emissão atmosféricas das indústrias de cerâmicas vermelha – Ano 2016.....	53
Quadro 5 – Resultados do monitoramento de Partículas Totais em Suspensão (PTS). .....	58
Quadro 6 – Legenda com os índices de qualidade do ar. ....	59
Quadro 7 – Dados meteorológicos dos dias de amostragem.....	62
Quadro 8 – Morbidade hospitalar comparativo entre doenças do aparelho circulatório e do aparelho respiratório para Araranguá, Criciúma e Morro da Fumaça. ....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGV	Amostrador de Grande Volume
Art.	Artigo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
EPA/U.S	<i>Environmental Protection Agency</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Km	Quilômetro
MAA	Média Aritmética Anual
MGA	Média Geométrica Anual
NBR	Norma Brasileira
PPM	Parte Por Milhão
PTN	Potência Térmica Nominal
PTS	Partículas Totais em Suspensão
SUS	Sistema Único de Saúde
UV	Ultra Violeta

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1 COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA .....	15
2.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA .....	16
2.3 TIPOS DE EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS .....	17
2.4 FONTES DE EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS .....	18
2.5 POLUENTES INDICADORES DA QUALIDADE DO AR .....	18
2.5.1 Dióxido de enxofre .....	19
2.5.2 Monóxido de carbono .....	20
2.5.3 Dióxidos de nitrogênio .....	20
2.5.4 Ozônio .....	21
2.5.5 Material Particulado .....	22
2.6 EFEITOS CAUSADOS PELOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS .....	22
2.6.1 Dióxido de enxofre .....	23
2.6.2 Monóxido de carbono .....	23
2.6.3 Dióxidos de nitrogênio .....	24
2.6.4 Ozônio .....	24
2.6.5 Material Particulado .....	25
2.7 TRANSPORTE E DISPERSÃO DE POLUENTES .....	25
2.8 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E DE EMISSÃO DE POLUENTES .....	28
2.9 LEGISLAÇÕES ASSOCIADAS À POLUIÇÃO DO AR .....	31
2.9.1 Resolução do CONAMA nº 03/1990 .....	31
2.9.2 Resolução CONAMA nº 382/2006 .....	32
2.9.3 Resolução CONAMA nº 436/2011 .....	34
2.9.4 Santa Catarina –Decreto nº 14.250/1981 .....	35
2.9.5 Santa Catarina –Lei nº 14.675/ 2009 .....	36
2.9.6 São Paulo – Decreto nº 59.113/2013 .....	36
2.10 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA INDÚSTRIA CERÂMICA .....	37
3 METODOLOGIA .....	39
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	39
3.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	41

3.2.1 Levantamento e análise das emissões atmosféricas oriundas de indústrias cerâmicas .....	42
3.2.2 Monitoramento da qualidade do ar no município de Morro da Fumaça .....	43
3.2.3 Comparação de incidência de doenças respiratórias na população de Morro da Fumaça com municípios da região.....	49
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....	51
4.1 ANÁLISES DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ORIUNDAS DA INDÚSTRIA CERÂMICA .....	51
4.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE MORRO DA FUMAÇA.....	57
4.3 COMPARAÇÃO DE INCIDÊNCIA DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NA POPULAÇÃO DE MORRO DA FUMAÇA COM MUNICÍPIOS DA REGIÃO .....	63
5 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICE I – MAPA DE LOCALIZAÇÃO PONTO DE MONITORAMENTO .....	76
APÊNDICE II – MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS CERÂMICAS ESTUDADAS .....	78
APÊNDICE III – DADOS DA AMOSTRAGEM DOS POLUENTES .....	80
APÊNDICE IV – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS CERÂMICAS E DO PONTO DE MONITORAMENTO .....	81

## 1 INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina possui um setor industrial bastante desenvolvido, sendo destaque pela diversidade de atividades e ramos industriais, dentre estes se encontra a atividade de produção de cerâmica vermelha (tijolos, telhas, etc.). A mesma está presente em uma concentração significativa no extremo sul do estado. Em decorrência de a atividade ser tradicional e antiga, seus processos e maquinários muitas vezes podem estar ultrapassados, possibilitando o aumento das emissões atmosféricas e conseqüente alteração da qualidade do ar do ambiente onde estas encontram-se instaladas.

O aumento da urbanização e a revolução industrial desencadearam inúmeros impactos negativos na qualidade do ar e conseqüentemente na saúde da população e uma das principais atividades econômicas que cresceram em decorrência da urbanização e da revolução foi à produção de cerâmica vermelha para construção civil.

No sul do estado de Santa Catarina o município de Morro da Fumaça se destaca na concentração destes empreendimentos, devido a esta situação às emissões atmosféricas unidas podem estar afetando a qualidade do ar, uma vez que algumas destas cerâmicas ainda utilizam materiais de combustão altamente poluentes, como madeira, juntamente com controles de emissões considerados arcaicos.

Este trabalho pretende contribuir com análises da qualidade do ar, que serão realizadas no município citado, sobre os principais poluentes emitidos pelo ramo de produção da cerâmica vermelha. Os resultados serão analisados com base em legislações de âmbito nacional e estadual, e posteriormente pretende-se avaliar a contribuição das indústrias na alteração da qualidade do ar e na saúde da população.

Diante disto, o presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo geral avaliar a influência das indústrias de cerâmicas vermelha na qualidade do ar no Município de Morro da Fumaça – SC, e tendo como objetivos específicos: a) avaliar as emissões de poluentes atmosféricos emitidos por indústrias de cerâmicas vermelha do Município de Morro da Fumaça; b) monitorar a qualidade do ar do município em estudo por meio da análise de partículas totais em suspensão (PTS); c) avaliar se as concentrações de PTS atendem os padrões legais de qualidade do ar conforme a legislação 03/1990 do CONAMA; d) avaliar a possível influência da

qualidade do ar na saúde da população de Morro da Fumaça por meio da análise comparativa da incidência de doenças do aparelho respiratório com as ocorrências de outros municípios do Extremo Sul Catarinense.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

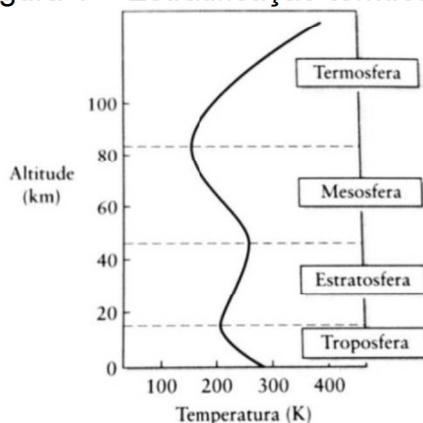
### 2.1 COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA

Na antiguidade clássica a atmosfera era considerada uma entidade única ou como um dos quatro elementos principais da natureza. Os químicos *Boyle* e *Davy* obtiveram dados experimentais sobre a sua composição só no final do século XVI e no princípio do século XVII (GOMES, 2010).

“O ar puro, que se comporia apenas por oxigênio e de nitrogênio, não existe na natureza. Ele está sempre misturado a outros gases, sem falar na possível presença de partículas líquidas como as nuvens e neblinas, ou sólidas, como poeira.” (MOUVIER; MACHADO, 1997, p. 6). Diante disto, Braga et al. (2002) afirmam que, a atmosfera terrestre é composta de inúmeros gases, todavia existem quatro destes que se apresentam em concentrações maiores, os quais são: Nitrogênio ( $N_2$ ), Oxigênio ( $O_2$ ), Argônio (Ar) e Gás Carbônico ( $CO_2$ ), com 78,11%, 20,95%, 0,934% e 0,033%, respectivamente. Além destes principais componentes de origem natural, outro exemplo de componentes gasosos são os óxidos de nitrogênio produzidos por descargas elétricas durante as tempestades (DERISIO, 2000).

“Existem diversas formas de descrever a estrutura da atmosfera. A classificação feita de acordo com a estratificação térmica é a mais adequada do ponto de vista ambiental.” (BRAGA et al., 2002, p.169). A Figura 1 ilustra as mesmas.

Figura 1 – Estratificação térmica das camadas da atmosfera.



Fonte: VESILIND e MORGAN, 2011, p.272.

A camada onde acontece a maior parte dos fenômenos atmosféricos é a troposfera, podendo ter variações da sua altitude entre 5 km nos Pólos a 18 km na

linha de Equador e ainda contem 80% do ar atmosférico de forma bem misturada. A temperatura nessa camada diminui de acordo com a altitude (quanto maior a altitude menor a temperatura), entretanto na camada acima, o mesmo processo acontece de forma inversa (VESILIND; MORGAN, 2011).

Acima da troposfera encontra-se a estratosfera, uma camada com grande importância do ponto de vista ambiental, com grandes concentrações de ozônio, tendo como papel a proteção superficial da Terra contra os raios ultravioletas provenientes do sol. A maioria dos fenômenos relacionada à poluição na Terra acontece nesta camada, e também todos os processos climáticos que regem a vida (BRAGA et al. 2002). Para Vesilind e Morgan (2011, p. 272) “Os poluentes que migram para a estratosfera podem ficar por lá durante muitos anos”.

Acima da estratosfera encontram-se ainda duas camadas que contêm apenas 0,1% do ar atmosférico, são: mesosfera e a termosfera, respectivamente (VESILIND; MORGAN, 2011).

Ainda segundo Braga et al. (2002), a mesosfera possui um forte decréscimo de temperatura e é nela que se registra as mais baixas temperaturas da atmosfera. A termosfera é uma camada de grande importância para a telecomunicação e também é conhecida como ionosfera, podendo chegar a 190 km de altitude.

## 2.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981 traz em seu Art. 3º que, a poluição é alteração da qualidade ambiental através de atividades que direta ou indiretamente: influenciem negativamente na saúde, na segurança e no bem-estar da população; prejudiquem as atividades sociais e econômicas; afetem negativamente a biota; modifiquem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; emitem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

Segundo Gomes (2010), especificamente a poluição do ar pode ser definida como a presença de diversos contaminantes na atmosfera exterior, tais como poeiras, gases, fumos, névoas, odores e vapores em concentrações que possam ser nocivas a vida humana, vegetal, animal, ou ainda interferir significativamente na qualidade de vida ou de usufruir de boas condições de vida.

Ainda, segundo Braga et al. (2002), a poluição atmosférica existe quando o ar contém concentrações de substâncias químicas suficiente para causar danos à saúde do seres humanos, materiais e ao meio ambiente em geral.

Desde a era do fogo, o ser humano têm contribuído para a poluição do ar, entretanto essa contribuição aumentou exponencialmente com o crescimento populacional, diante disto a questão atmosférica vem ganhando destaques e mais estudos a respeito (GOMES, 2010).

Em Roma há mais de 2 mil anos foi registrado o primeiro problema relacionado a poluição do ar, demonstrando que estas não são questões recentes. Já no século XIII a Inglaterra assinava as primeiras leis ambientais, as quais tratavam da proibição do uso do carvão para queima, todavia gerou-se outro problema, que foi a diminuição das florestas do país, fazendo que esta lei fosse revogada e causando alguns séculos depois um evento catastrófico, matando cerca de 4 mil pessoas em 1952 em Londres (BRAGA et al. 2002).

Ainda para Philippi Junior e Melheiros (2005), ao longo da história do Planeta a atmosfera recebeu concentrações de substâncias lançadas pela própria natureza, todavia o crescimento dos espaços urbanos, associado ao “boom” populacional e com as tecnologias sempre tendo que alcançar as necessidades de consumo, os problemas relacionados à poluição atmosférica se tornaram uma crise mundial. Estes impactos de âmbito mundial resultaram no aquecimento do globo, aparição de buracos na camada de ozônio, chuvas ácidas, entre muitos outros problemas.

### 2.3 TIPOS DE EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Para Paterson e Mihelcic (2012, p.482), “as emissões são a quantidade de um poluente que uma fonte lança ao ar, geralmente para um período fixo de tempo; portanto as taxas de emissões são expressas como massa por tempo.”

As emissões fugitivas são aquelas que não possuem um destino exclusivo ou são difusas em ambientes externos, como por exemplo, estradas (PATERSON; MIHELICIC,2012).

As emissões pontuais são facilmente localizadas, pois possuem algum tipo de mecanismo de controle e de direcionamento do fluxo, os poluentes que são

liberados partem especificamente de um ponto, como por exemplo, chaminés e escapamentos (ECYCLE, 2013).

## 2.4 FONTES DE EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

O ser humano ao interagir com o meio em que vive produz resíduos, quais podem causar problemas ambientais de poluição do ar. Entretanto, estes problemas são resultados das fontes de poluição, as quais podem ser classificadas em fontes fixas (estacionárias) e móveis (DERISIO, 2000).

Outra fonte de emissão de poluentes é a natureza, pois alguns processos naturais podem emitir particulados como o pólen, esporos de fungos, névoa salina, incêndios florestais e poeira de erupção vulcânica. Alguns outros processos emitem poluentes gasosos como a respiração e decomposição de matéria orgânica (VESILIND; MORGAN, 2011).

Fontes fixas, segundo Derisio (2000), normalmente são aquelas que ocupam dentro de uma região uma área limitada, tendo quase sempre como natureza industrial e possibilitam a análise na fonte da emissão. Já as móveis são fontes que se encontram de maneira dispersa ou não fixa, impossibilitando análises na fonte de emissão.

Para Gomes (2010) as fontes fixas podem ser exemplificadas como: incineradores, processos de combustão, reciclagem de materiais e processos industriais em geral. E as móveis podem advir da exaustão de gases de veículos automóveis, incêndios florestais, incêndios agrícolas controláveis e fumos de cigarros.

## 2.5 POLUENTES INDICADORES DA QUALIDADE DO AR

“As principais emissões de poluentes de processos de combustão estacionários são poluentes em forma de particulados (como cinzas em suspensão e fumaça), enxofre e óxidos de nitrogênio.” (VESILIND; MORGAN, 2011, p.282).

A Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990, do CONAMA, determina em seu 1º artigo que, para determinado produto ser considerado um poluente atmosférico sua concentração deve afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral (BRASIL, 1990).

“Podemos dizer que existe poluição do ar quando ele contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para causar danos em seres humanos, em animais, em vegetais ou em materiais.” (BRAGA et al., 2002, p.171).

Ainda para Braga et al. (2002) pode-se classificar os poluentes em primários e secundários. Os poluentes lançados diretamente na atmosfera são os conhecidos como primários, dentre estes estão: Óxidos de Nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), Dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), Material particulado.

Derisio (2000) afirma que, os poluentes secundários podem ser definidos como aqueles lançados na atmosfera e que necessitam de reações químicas entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera, para que sejam formados, podendo ser exemplificados como: Ozônio ( $\text{O}_3$ ), Ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e Trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ).

O nível de poluição atmosférica é determinado pela quantidade de substâncias poluentes encontrada em um determinado volume de ar. Como há uma variedade significativa de substâncias presentes na atmosfera, estabelecer uma classificação é uma tarefa quase impossível (CETESB, 2018).

Buscando qualificar e quantificar a qualidade do ar alguns poluentes foram selecionados como indicadores, sendo eles: material particulado (PTS – partículas totais em suspensão, MP10 – partículas inaláveis e fumaça), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e ozônio ( $\text{O}_3$ ). Este grupo de poluentes que foram escolhidos para serem os indicadores da qualidade do ar tem essa razão em função da frequência de ocorrência e efeitos adversos a saúde e ao meio ambiente e aos materiais (CETESB, 2018).

### **2.5.1 Dióxido de enxofre**

O enxofre se encontra em muitas matérias primas incluindo petróleo, cobre, ferro e alumínio. No processo de queima destes combustíveis ou na mineração das matérias o enxofre pode ser oxidado, podendo gerar vários gases, dentre eles o mais comum é o dióxido de enxofre (PATERSON; MIHELIC, 2012). Conforme Gomes (2010), o dióxido de enxofre é um gás incolor com odor forte irritante e não inflamável. O limiar de detecção deste gás é de 0,5 ppm..

A maioria das emissões de dióxidos de enxofre é devida à queima de combustível tal como fuelóleo e também de carvão principalmente em centrais térmicas, e regra geral, em mais de 60% dos quantitativos das emissões nacionais para países industrializados. O enxofre ocorre no carvão na forma de pirites ferrosas ( $\text{FeS}_2$ ), compostos orgânicos e sulfatos sendo as duas primeiras formas as predominantes. Uma vez que o carvão é triturado, o enxofre pirítico pode ser removido parcialmente por técnicas gravitacionais em cerca de um terço (GOMES, 2010, p. 50).

### 2.5.2 Monóxido de carbono

O monóxido de carbono pode ser definido como um gás incolor, sem cheiro, não ácido e solúvel em água, formado principalmente pela combustão incompleta de combustíveis que contenham carbono, tanto pelo processo de atividades humanas (combustão de combustíveis fósseis e de outros compostos orgânicos), quanto por processos naturais (erupções vulcânicas) (GOMES, 2010).

Segundo Paterson e Mihelcic (2012) a principal causa da geração de monóxido de carbono é a queima incompleta de combustíveis. Isso geralmente ocorre pela falta de ar suficiente para quantidade de combustível queimado. As maiores fontes de produção de monóxido de carbono estão ligadas a utilização de fogões a lenha, usinas termoelétricas e veículos, ainda como fontes naturais que podem emitir quantidades significativas estão os incêndios florestais.

### 2.5.3 Dióxidos de nitrogênio

A principal fonte de dióxido de nitrogênio, nas grandes cidades, são os veículos automotores. Sendo estes os principais gases presentes nas reações de formação de fotoquímicos, como por exemplo, o ozônio (CETESB, 2018).

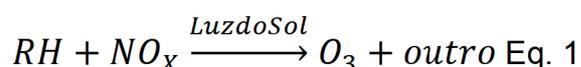
Para Rocha; Rosa e Cardoso (2004), as altas concentrações de dióxido de nitrogênio podem ser caracterizadas pela cor avermelhada, odor irritante e ainda de ser um dos principais poluentes secundários existentes na atmosfera das metrópoles.

Paterson e Mihelcic (2012, p.476) afirmam que:

O dióxido de nitrogênio é produzido quando o ar (que contém mais de 78% de  $\text{N}_2$ ) é usado para a queima de combustíveis. A alta temperatura (e algumas vezes pressão) que pode existir durante a combustão converte o oxigênio e o nitrogênio em NO, o qual é rapidamente transformado em  $\text{NO}_2$ . A presença combinada deles é denotada por  $\text{NO}_x$ .

### 2.5.4 Ozônio

O ozônio é um poluente de origem secundária na maioria das vezes, não possuindo fontes diretas, ao contrário de outros poluentes críticos. O ozônio é produzido a partir de reações entre poluentes primários e reações químicas induzidas pela luz do sol (raios UV), este processo pode ser resumido pela equação a seguir (PATERSON; MIHELICIC, 2012).



O principal produto da reação de oxidantes fotoquímicos é o ozônio, por isso mesmo utilizado como parâmetro indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Tais poluentes formam a chamada névoa fotoquímica ou “smog fotoquímico”, que possui este nome porque causa na atmosfera diminuição da visibilidade. (CETESB, 2018, s.p.).

Na atmosfera o ozônio é um gás tóxico, tendo como principal característica o poder de oxidação, possibilitando a oxidação da maioria dos metais comuns existentes com exceção de ouro e platina. Entre suas várias formações o ozônio também pode ser oriundo de descargas elétricas (GOMES, 2010).

Segundo Miller e Spoolman (2016), o ozônio ainda pode ser definido como um gás incolor e altamente reativo. Ainda para os mesmos a existência do ozônio na troposfera é dada em níveis próximos ao solo e este muitas vezes é referenciado como um gás “mau”, porém na estratosfera este gás tem um importante papel, pois protege a Terra contra os raios UV nocivos. No entanto, ambos possuem a mesma composição química, portanto são o mesmo gás.

### 2.5.5 Material Particulado

Material particulado, segundo Braga et al. (2002), pode ser entendido como as partículas que permanecem em suspensão, sejam elas sólidas ou líquidas. Os fenômenos de poluição podem ser de origem antrópica ou natural. As principais atividades antrópicas podem ser exemplificadas como: processos de combustão em veículos, usinas termoelétricas e indústrias (fuligem e partículas de óleo), práticas agrícolas, estradas não pavimentadas e queimadas florestais. Os fenômenos naturais podem ser exemplificados pelos casos da dispersão de pólen, dispersão de material particulado devido a ação de ventos além de erupções vulcânicas.

No conjunto de material particulado há poluentes que podem ser definidos como: fumaça, poeira e todo tipo de material sólido ou líquido que possa ficar em suspensão no ar, isto devido ao seu pequeno tamanho. Eles ainda recebem outra classificação como Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>), Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Fumaça (FMC). As Partículas Inaláveis podem ser definidas como aquelas com diâmetro menor ou igual a 10 µm. As Partículas Totais em Suspensão são aquelas cujo diâmetro é menor ou igual a 50 µm. Já a fumaça, que é proveniente dos processos de combustão, está associada diretamente ao teor de fuligem presente na atmosfera (CETESB, 2018).

## 2.6 EFEITOS CAUSADOS PELOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Os principais impactos da poluição atmosférica sobre a saúde humana podem ser vistos no aumento na taxa de mortalidade por doenças relacionadas, custos com tratamentos de saúde elevados e ainda o impacto negativo da qualidade de vida o que pode até refletir no rendimento produtivo. Esses impactos podem chegar a custar para a sociedade cerca de US\$4,4 bilhões a US\$5,4 bilhões de dólares por ano (PATERSON; MIHELICIC, 2012).

Outros fatores que sofrem frequentemente com a poluição, segundo Derisio (2000), são a fauna, flora e os materiais, alguns desses impactos são causados por poluentes responsáveis pela geração da chuva ácida, redução da capacidade de fotossíntese das plantas por acúmulo de material particulado nas folhas, e ataques químicos diretos e indiretos causando corrosão eletroquímica.

Um dos efeitos da poluição atmosférica mais polêmico e conhecido é o agravamento do aquecimento global. O fenômeno por si só é um efeito natural da Terra, e que sem ele não haveria condições de sobrevivência no planeta. Todavia com o aumento de emissão dos gases causadores deste efeito a temperatura tem elevado além da média, causando inúmeros impactos negativos na agricultura e silvicultura além de poder elevar os níveis dos oceanos com o derretimento de geleiras e impactar em todas as formas de vida (BRAGA et al., 2002).

### **2.6.1 Dióxido de enxofre**

Este gás se dissolve facilmente na água, principalmente em vapor, reagindo e formando ácido sulfúrico, e assim formando precipitações ácidas. Na vegetação causa lesão foliar, afeta a fotossíntese, transpiração e respiração dos vegetais (PATERSON; MIHELICIC, 2012).

Os efeitos deste gás na saúde está ligeiramente ligada à solubilidade do mesmo na mucosa da parede do aparelho respiratório, assim atingindo regiões mais profundas, provocando o aumento da produção de muco, agravando a existência de doenças respiratórias, provocando irritação ao aparelho respiratório e até danos aos tecidos pulmonares. Exposições em altas concentrações podem causar a morte, particularmente de crianças e idosos. No entanto se tratando do sistema epidemiológico estudos mostram que mesmo em exposição às concentrações baixas e em curtos períodos de tempo, tem-se mostrado um grande vilão no aumento da morbidade vascular em pessoas idosas (DERISIO, 2000).

### **2.6.2 Monóxido de carbono**

É absorvido facilmente pelo sangue uma vez que a afinidade da hemoglobina pelo monóxido de carbono é 210 vezes maior que a afinidade pelo oxigênio. Os sintomas a exposições deste gás podem variar conforme sua concentração no ambiente, podendo resultar em sintomas como capacidade de estimar intervalos de tempo, diminuição de reflexos e ainda prejudicando a acuidade visual (DERISIO, 2000).

Paterson e Mihelcic (2012), afirmam que a absorção é mais grave para aqueles com problemas cardiovasculares, dependendo das concentrações podem ocasionar dores de cabeça, tontura e provocar até a morte.

### **2.6.3 Dióxidos de nitrogênio**

Os dióxidos de nitrogênio são responsáveis pela causa da névoa amarronzada na atmosfera. Além disto, pequenas partículas podem ser formadas, as quais são irritantes para o trato respiratório, podendo causar problemas a indivíduos sensíveis. Este gás é o precursor da formação de ozônio, além de que parte do  $\text{NO}_2$  pode reagir com a água e formar ácido nítrico, formando chuva ácida (PATERSON; MIHELICIC, 2012).

O  $\text{NO}_2$  é motivo de muita preocupação para a saúde humana, devido a sua baixa solubilidade, podem penetrar no sistema respiratório profundamente, causando nitrosaminas e em alguns casos podem ser carcinogênicas. Este gás pode ser profundamente irritante conduzindo sintomas semelhantes a enfisemas (DERISIO, 2000).

### **2.6.4 Ozônio**

O ozônio causa forte irritação no trato respiratório e nos olhos, pode inflamar os pulmões, causar asma agravada, dificultar a respiração, dar suscetibilidade a doenças respiratórias como a pneumonia e causar danos permanentes aos pulmões por exposição repetitiva. No sistema agrícola pode ocasionar a redução da produtividade (PATERSON; MIHELICIC, 2012).

Como afirmam Vesilind e Morgan (2011, p. 288-289):

O ozônio ( $\text{O}_3$ ) é um componentes que provoca irritações nos olhos em níveis urbanos normais, mais o ozônio urbano não deve ser confundido com o ozônio estratosférico, existente de 10 a 15 quilômetros acima da superfície da Terra. [...] O problema da camada de ozônio na atmosfera superior acontece em função da fabricação e descarte de uma classe de produtos químicos chamada de clorofluorcarbonetos (CFCs). Eles são utilizados em aerossóis e sistemas de refrigeração e podem ser responsáveis pelo aquecimento global e também pelo aquecimento da camada de ozônio protetora na estratosfera.

### 2.6.5 Material Particulado

O material particulado pode penetrar profundamente no trato respiratório causando câncer, arteriosclerose, agravamento de sintomas de asma e aumento de internações hospitalares (PATERSON; MIHELICIC, 2012). Para Derisio (2000) estes efeitos estão associados à capacidade de retenção de MP dos pulmões, fazendo com que este material fique ali depositado; a presença de partículas minerais tóxicas; as partículas com propriedades carcinogênicas, como os hidrocarbonetos; e a capacidade de partículas finas catalisar gases irritantes, criando espécies mais nocivas. A Tabela 1 demonstra a relação entre o tamanho das partículas e o nível de penetração no sistema respiratório.

Tabela 1 – Relação entre o tamanho das partículas e o nível de penetração no sistema respiratório.

<b>Diâmetro da partícula</b>	<b>Zona afetada do sistema respiratório</b>
7 $\mu$ m<	Cavidade oral e nasal
4,7 $\mu$ m - 7 $\mu$ m	Laringe
3,3 $\mu$ m - 4,7 $\mu$ m	Traqueia e brônquios primários
2,1 $\mu$ m - 3,3 $\mu$ m	Brônquios secundários
1,1 $\mu$ m - 2,1 $\mu$ m	Brônquios terminais
0,65 $\mu$ m - 1,1 $\mu$ m	Alvéolos

Fonte: Adaptado de Gomes (2010)

Os efeitos do material particulado vão além da questão da saúde, afirma Derisio (2000), ele também interfere na estética, sujando prédios, plantas, tecidos, etc.. Outro problema relacionado com estes poluentes é a corrosão de estruturas.

## 2.7 TRANSPORTE E DISPERSÃO DE POLUENTES

Os poluentes emitidos na atmosfera devem trafegar por ela para chegar até os seres humanos, animais, plantas ou outros para causar algum efeito. Enquanto na água esse transporte de poluentes ocorre através das correntes de água, no ar, ele é feito pelo vento [...]. O vento não somente movimentava os poluentes horizontalmente, mas faz que esses poluentes se dispersem, reduzindo sua concentração à medida que se afasta da fonte. A quantidade de dispersão está diretamente relacionada à estabilidade do ar, ou à quantidade de ar em movimento vertical. (VESILIND; MORGAN, 2011, p.271-272).

Os poluentes emitidos por determinada fonte de poluição, tendem a se dispersar na atmosfera, isto devido a interações existentes entre as características físicas da fonte de emissão, as características físico-química dos poluentes e ainda as características topográficas e meteorológicas da região (WORLD BANK, 1999b apud PHILIPPI JUNIOR; MALHEIROS, 2005).

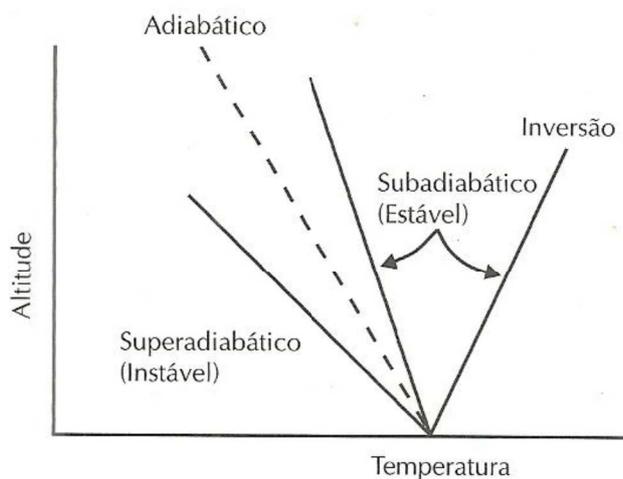
Para Derisio (2000, p. 93)

A estabilidade atmosférica está relacionada com os movimentos ascendentes e descendentes de volumes de ar. A função da velocidade do vento, da turbulência atmosférica, do gradiente de temperatura, da insolação, da chuva, da neve e de outras condições climáticas.

Em geral, o gradiente térmico determina a estabilidade atmosférica. Diante disto as mudanças de estabilidade na atmosfera podem ocorrer devido: ao resfriamento e aquecimento da superfície, advecção ou transporte vertical e também pelo deslocamento vertical das camadas. Ainda o perfil de velocidade dos ventos é afetado pelo tipo de estabilidade atmosférica, e essas condições afetam o comportamento da pluma (DERISIO, 2000).

O gradiente adiabático é a variação de temperatura por unidade de comprimento da atmosfera; para ser considerado ideal a sua variação deve ocorrer  $1^{\circ}\text{C}$  a cada 100 metros quando for seco, e quando houver umidade no ar será chamado de gradiente adiabático úmido. Devido à complexidade deste último gradiente, utiliza-se o seco. Conforme a Figura 2, o gradiente adiabático sofre alterações, quando a temperatura cai mais rápido do que a relação anteriormente citada este sendo chamado superadiabático. Quando chamado de subadiabático a queda da relação é menor que  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  e a situação de inversão ocorre quando o ar quente se sobrepõe ao ar frio (VESILIND; MORGAN, 2011).

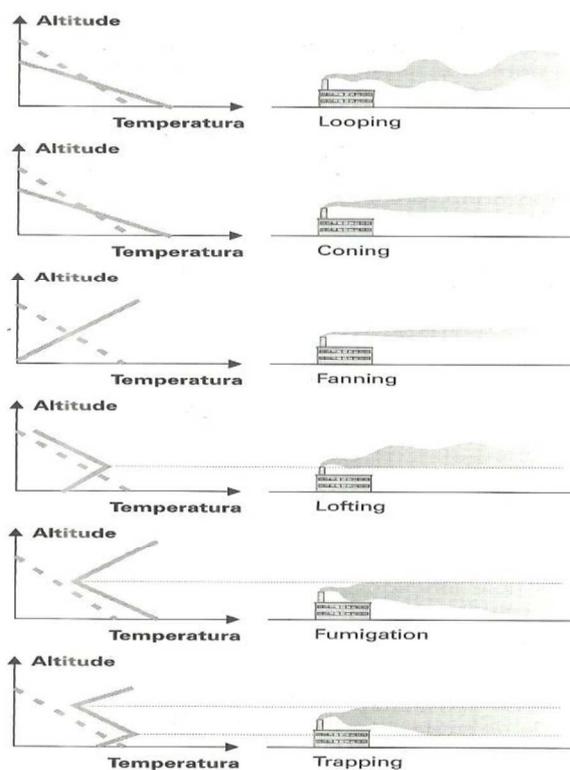
Figura 2 – Gradiente adiabático.



Fonte: BRAGA et al., 2002, p.184.

O estudo do comportamento da pluma tem como razão a dispersão e o transporte dos poluentes lançados na atmosfera. A formação da pluma de poluentes lançados na atmosfera pode ter sua classificação de acordo com o gradiente térmico da região, como demonstra a Figura 3 (BRAGA et. al, 2002).

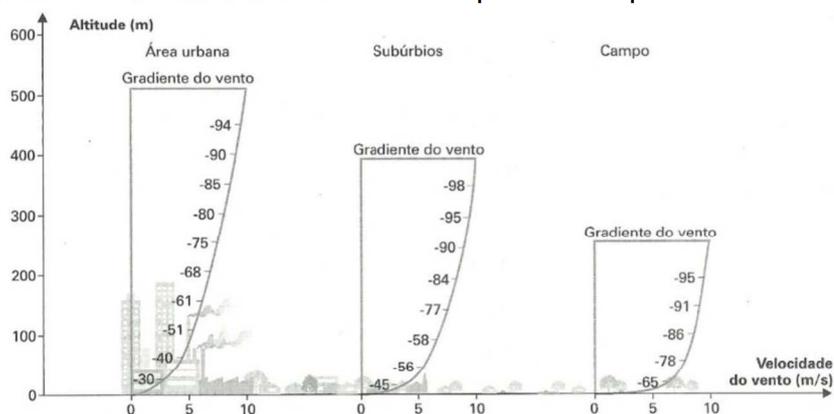
Figura 3 – Formação de plumas de acordo com o gradiente adiabático.



Fonte: BRAGA et al., 2002, p.186.

Além da dispersão pelo processo de turbulência, ocorre também à movimentação horizontal dos ventos. O movimento dos ventos por sua vez pode ser influenciado por diversos fatores, casos como a topografia, edificações entre outros, como demonstra a Figura 4. Além disso, o período do dia também interfere na dispersão de poluentes. Isso ocorre por conta do aquecimento solar que tem forte influência na velocidade do vento e sua turbulência (BRAGA et al., 2002).

Figura 4 – Influência do vento na dispersão de poluentes.



Fonte: BRAGA et al. 2002, p.187.

## 2.8 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E DE EMISSÃO DE POLUENTES

Para Philippi Júnior e Malheiros (2005) a gestão da qualidade do ar faz parte de um processo importante para a gestão urbana, compondo iniciativas que visam à preservação da saúde humana e proteção ambiental, garantindo um desenvolvimento de forma sustentável e segura. A gestão da qualidade do ar é definida pelo processo de avaliação e monitoramento juntamente com a ferramenta de inventário de emissões atmosféricas.

O monitoramento da qualidade do ar, segundo Derisio (2000), é uma das ferramentas que podem ser utilizadas para se avaliar a qualidade do ar em determinada região. Por este motivo os métodos de amostragem e equipamentos devem ser escolhidos com cuidado e de acordo com o tipo de poluente a ser monitorado, de forma que os resultados obtidos possam ser de confiança e possibilitem contribuir com o propósito a que se destina o monitoramento.

Para Gomes (2010), o monitoramento da qualidade do ar deve ser efetuado em forma de rede, ou seja, através de um conjunto de postos interligados com

equipamentos específicos para cada tipo de poluente a ser monitorado. Os níveis da disposição geográfica destas redes podem ser efetuados de acordo com o grau de cobertura destas análises, que podem ser classificadas como: locais, regionais, nacionais, transnacionais e mundiais. Os dados obtidos na rede de monitoramento da qualidade do ar têm como principais objetivos, segundo Gomes (2010):

- Verificar o cumprimento das legislações sobre a qualidade do ar;
- Possibilitar o conhecimento dos poluentes e fazer correlações entre os mesmos e as atividades e doenças humanas relacionadas à poluição;
- Intervir sobre as emissões;
- Fornecer informações para trabalhos científicos;
- Possibilitar um correto ordenamento no plano diretor das cidades;
- Prevenir agudos episódios de poluição ar (objetivo de alerta);
- Fornecer informações atualizadas e corretas ao público, órgãos licenciadores e entidades.

Ainda para WHO; CETESB; Martinez e Romieu (1999; 2002; 1997, apud PHILIPPI JUNIOR; MALHEIROS, 2005) alguns outros objetivos podem ser caracterizados como: o fornecimento de dados para ativação de níveis de emergência (quando o nível de poluição atmosférica leva risco à saúde humana); o acompanhamento das mudanças da qualidade do ar originadas pelas emissões de poluentes e a avaliação a qualidade do ar.

Derisio (2000) afirma que, a escolha de uma área para a amostragem depende significativamente da distribuição dos poluentes que se pretende monitorar. Para que se tenha qualidade na amostragem os equipamentos da estação devem ser instalados em áreas ou regiões onde possa ter facilidade na proteção dos equipamentos contra vandalismos e disponibilidade de energia elétrica. De forma geral para a instalação correta das estações de amostragem pode-se seguir as seguintes recomendações:

- Não instalar próximos a prédio ou algum obstáculo;
- Evitar instalação próxima à chaminé ou fonte de poluição;
- Instalação do equipamento nos locais de entrada de ar para região (direção predominante dos ventos);
- Prioridade para áreas com maior número de habitantes;

- Instalação em locais planejados para o desenvolvimento futuro de modo que se possam acompanhar os efeitos do desenvolvimento;
- Instalação dos equipamentos próxima ao nível do solo, de preferência em cima de bancadas;
- Prioridade para instalação em áreas com poluição mais crítica.

O processo de avaliação da qualidade do ar pode ser feito por meio da realização de monitoramento da qualidade do ar, inventários de fontes de poluição e medição das fontes de emissão. Embora o monitoramento de poluentes tenha um papel importante no processo de gestão urbana, a sua realização isolada para o acompanhamento da qualidade do ar pode ser insuficiente ou impraticável para avaliar e definir por completo o nível de exposição de uma população em uma cidade. É necessário que esse monitoramento seja desenvolvido em conjunto com outras ferramentas, como modelagem, medições de emissões, inventário, interpolação e mapeamento. (WHO, 1999; CETESB, 2002; MARTINEZ; ROMIEU, 1997 apud PHILIPPI JUNIOR; MALHEIROS, 2005, p. 463).

O monitoramento das emissões atmosféricas, segundo Gomes (2010), tem como principais objetivos o atendimento das legislações ambientais e outros requisitos subscritos; a validação de processos industriais; controle de processos e de qualidade do produto final; contribuir para inventários nacionais de emissões atmosféricas; controle de emissões atmosféricas e controle da qualidade da matéria-prima utilizada.

“São usados quatro métodos para quantificar a magnitude das emissões de poluentes atmosféricos: (1) medição direta, (2) enfoque do balanço de massa, (3) modelação do processo e (4) modelação do fator de emissão.” (PATERSON; MIHELICIC, 2012, p.486).

A medição direta (1) de poluentes atmosféricos em dutos de chaminé possui vários desafios, uma vez que é um local de difícil acesso com correntes de ar em situações extremas, em relação à temperatura, umidade, velocidade de descarga. Alguns equipamentos são instalados na operação, como sensores permanentes, outro tipo de monitoramento são os amostradores móveis, que são operados manualmente, podendo ser carregados para o topo de uma chaminé (PATERSON; MIHELICIC, 2012).

Ainda segundo Paterson e Mihelcic (2012) o balanço de massa (2) é uma medida indireta, que determina a taxa de emissão; pode ser usado para estimar emissões fugitivas ou acidentais. O modelo de processos (3) utiliza-se de uma série de informações relevantes para o processo, como por exemplos questões físicas e

químicas. Já a modelação de fatores de emissão (4) considera a magnitude de uma atividade e a relação da sua emissão atmosférica, o que gera o chamado fator de emissão.

## 2.9 LEGISLAÇÕES ASSOCIADAS À POLUIÇÃO DO AR

### 2.9.1 Resolução do CONAMA nº 03/1990

Prevendo aumentar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, foi instituída a resolução CONAMA nº 003 de 28 de junho 1990, com o intuito de estabelecer padrões referentes à qualidade do ar, com as respectivas concentrações máximas que determinados poluentes podem permanecer na atmosfera sem que causem efeitos adversos à saúde, meio ambiente e a bens materiais (BRASIL 1990).

Segundo esta resolução, os padrões de qualidade do ar podem ser divididos em dois grupos:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. (BRASIL, 1990, s.p).

A Tabela 2 elenca os poluentes regulamentados e seus respectivos padrões segundo o tempo de amostragem e o seu grupo, ainda dispõem dos métodos e equipamentos de amostragem regularizados pela legislação.

Tabela 2 – Padrões da qualidade do ar segundo resolução CONAMA n. 003/1990.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Método de Medição
<b>Partículas totais em suspensão – PTS</b>	24 horas*	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA	80	60	
<b>Fumaça</b>	24 horas*	150	100	Refletância
	MMA	60	40	
<b>Partículas inaláveis</b>	24 horas*	150	150	Separação inercial /filtração
	MMA	50	50	
<b>Dióxido de enxofre</b>	24 horas*	365	100	Pararosanilina
	MMA	80	40	
<b>Monóxido de carbono</b>	1 hora*	40.000(35ppm)	40.000 (35 ppm)	Infravermelho não dispersivo
	8 horas*	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
<b>Ozônio</b>	1 hora*	160	160	Quimiluminescência
<b>Dióxido de nitrogênio</b>	1 hora	320	190	Quimiluminescência
	MMA	100	100	

\* Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.  
MGA – média geométrica anual  
MAA – média aritmética anual

Fonte: BRASIL, 1990.

### 2.9.2 Resolução CONAMA n° 382/2006

A resolução CONAMA n° 382 de 26 de dezembro de 2006 estabelece os limites máximos de emissões de poluentes oriundos de fontes fixas, instalada após 02 de janeiro de 2007, estes limites são fixados por tipo de poluentes e tipologia da fonte conforme estabelecido nos anexos desta resolução (BRASIL, 2006).

O anexo I da resolução determina os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível, neste anexo são expressos os limites para Material Particulado,  $\text{NO}_x$  (como  $\text{NO}_2$ ) e  $\text{SO}_x$  (como  $\text{SO}_2$ ). Sempre considerando a potência térmica nominal do sistema (MW), conforme a Tabela 3 (BRASIL, 2006).

Neste texto há a determinação que quando a MW for inferior a 10 MW, o órgão ambiental licenciador poderá aceitar a avaliação apenas para monóxido de carbono, e o limite máximo será de  $80\text{mg}/\text{Nm}^3$  (BRASIL, 2006).

Tabela 3 – Limites de emissão para óleo combustível (Res. CONAMA n. 382/2006).

<b>Potência Térmica nominal (MW)</b>	<b>MP *</b>	<b>NO<sub>x</sub>* (como NO<sub>2</sub>)</b>	<b>SO<sub>x</sub>* (como NO<sub>2</sub>)</b>
Menor que 10	300	1600	2700
Entre 10 e 70	250	1000	2700
Maior que 70	100	1000	1800

Fonte: BRASIL, 2006.

\* Resultados devem ser expresso na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e corrigidos a 3% de oxigênio. N.A.- não aplicável.

Já o anexo IV da resolução determina os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor e de energia elétrica a partir da combustão externa de derivados da madeira, neste texto os limites para Material Particulado, NO<sub>x</sub> (como NO<sub>2</sub>) e Monóxido de Carbono são determinados de acordo com a potência térmica nominal (MW) do sistema, como demonstra a Tabela 4 e Tabela 5 (BRASIL, 2006).

Tabela 4 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n.382/2006), MP e NO<sub>x</sub>.

<b>Potência Térmica nominal (MW)</b>	<b>MP *</b>	<b>NO<sub>x</sub>* (como NO<sub>2</sub>)</b>
Menor que 10	730	N.A.
Entre 10 e 30	520	650
Entre 30 e 70	260	650
Maior que 70	130	650

Fonte: BRASIL, 2006.

\* Resultados devem ser expresso na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio. N.A.- não aplicável.

Tabela 5 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n. 382/2006), CO.

<b>Potência Térmica nominal (MW)</b>	<b>CO*</b>
Até 0,05	6500
Entre > 0,05 e = 0,15	3250
Entre > 0,15 e = 1,0	1700
Entre > 1,0 e = 10	1300

Fonte: BRASIL, 2006.

\*Resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

### 2.9.3 Resolução CONAMA nº 436/2011

A resolução n. 436 de 22 de dezembro de 2011 estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas antes de 02 de janeiro de 2007. Esta resolução do CONAMA determina os limites por tipo de fontes e tipos de combustíveis e também complementa as resoluções nº 05/1989 e nº 382/2006 (BRASIL, 2011).

O anexo I desta resolução determina os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível, sendo que possui os mesmos padrões determinados pelo Anexo I da resolução nº 382/2006 do CONAMA (BRASIL, 2011).

Enquanto o anexo I permaneceu com os mesmos limites de emissão, o anexo IV traz limites diferentes para Material Particulado, NO<sub>x</sub> (como NO<sub>2</sub>) e CO, demonstrados na Tabela 6 e Tabela 7 (BRASIL, 2011).

Tabela 6 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n. 436/2011), MP e NO<sub>x</sub>.

<b>Potência Térmica nominal (MW)</b>	<b>MP *</b>	<b>NO<sub>x</sub>* (como NO<sub>2</sub>)</b>
Menor que 10	730	N.A.
Entre 10 e 50	520	650
Maior que 50	300	650

Fonte: BRASIL, 2011.

\* Resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio. N.A.- não aplicável.

Tabela 7 – Limites de emissão para derivados da madeira (Res. CONAMA n. 382/2006), CO.

<b>Potência Térmica nominal (MW)</b>	<b>CO*</b>
Menor que 0,5	7800
Entre 0,5 e 2	3900
Entre 2 e 10	3250

Fonte: BRASIL, 2011.

\* Resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

### 2.9.4 Santa Catarina –Decreto nº 14.250/1981

O código estadual do meio ambiente de Santa Catarina, Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009, revogou o Decreto nº 14.250, de 05 de junho de 1981, o qual estabelecia e regulamentava os dispositivos presentes na Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental (SANTA CATARINA, 1981).

O decreto possuía uma grande relevância para a gestão da qualidade do ar no estado, definia padrões, metodologias, correções de concentrações e ainda determinava os padrões para emissão de fumaça, odor, sons e ruídos. Outro ponto importante deste texto eram as recomendações referentes à frequência de monitoramentos (SANTA CATARINA, 1981). A Tabela 8 demonstra os padrões de qualidade do ar que o decreto dispunha.

Tabela 8 – Parâmetro de qualidade do ar determinados pelo decreto nº 14.250, de 05 de junho de 1981.

Parâmetros	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Partículas totais em suspensão	24 horas*	240
	MGA**	80
Dióxido de enxofre	24 horas*	365
	MAA***	80
Monóxido de carbono	1 hora	40.000
	8 horas *	10.000
Oxidantes fotoquímicos	1 hora*	160

Fonte: SANTA CATARINA, 1981.

\* Não pode ser ultrapassada mais de uma vez por ano

\*\*Média geométrica anual

\*\*\* Média aritmética anual

Além dos padrões, o decreto determinava os métodos de amostragem no seu Art. 29:

I - *para partículas em suspensão*: Método de Amostrador de Grandes Volumes, ou equivalentes;

II - *para dióxido de enxofre*: Método de Pararosanilina ou equivalente;

III - *para monóxido de carbono*: Método de Absorção de Radiação Infravermelho não dispersivo, ou equivalente; e

IV - *para oxidantes fotoquímicos (como Ozona)*: Método da Luminescência Química, ou equivalente.

Parágrafo Único - Consideram-se Métodos Equivalentes todos os Métodos de Amostragem de Análise que, testados, forneçam respostas equivalentes aos métodos de referência, no que tange às características de confiabilidade, especificidade, precisão, exatidão, sensibilidade, tempo de resposta, desvio

de zero, desvio de calibração e de outras características consideráveis ou convenientes.

### **2.9.5 Santa Catarina –Lei nº 14.675/ 2009**

A Lei referente ao código estadual do meio ambiente de SC (nº 14.675/2009) em seu capítulo VII, Seção III e Subseção I, determina que: “a definição dos padrões de qualidade do ar deve ser aquela prevista em normas federais, cabendo ao CONSEMA estabelecer padrões adicionais aos existentes no âmbito federal.” (SANTA CATARINA, 2009).

Além dos padrões de qualidade a lei determina o padrão de emissão de fumaça, utilizando a escala de Ringelmann como comparativo de densidade colorimétrica, não superior a 1, salvo 15 (quinze) minutos para aquecimento da fornalha ou 3 (três) minutos em cada uma hora. E no Artigo 181 a lei determina que os padrões de emissão para fontes estacionárias será o CONSEMA que irá regulamentar (SANTA CATARINA, 2009).

### **2.9.6 São Paulo – Decreto nº 59.113/2013**

O decreto nº 59.113 de 23 de abril de 2013 estabelece novos padrões de qualidade e dá outras providências. No seu Art. 8º o decreto determina que:

A administração da qualidade do ar no território do Estado de São Paulo será efetuada através de Padrões de Qualidade do Ar, observados os seguintes critérios: I - Metas Intermediárias - (MI) estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo, baseada na busca pela redução gradual das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável; II - Padrões Finais (PF) - Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica. (SÃO PAULO, 2013).

As metas intermediárias foram divididas em três etapas: a etapa 1 (MI1) determina os valores de poluentes atmosféricos que deveriam ser seguidos após a publicação do decreto. A etapa 2 (MI2) são as concentrações que entraram em vigor após as avaliações dos órgãos ambientais na etapa 1. Já na última etapa (MI3) são estabelecidos os valores de poluentes atmosféricos que deverão ser adotados subsequente a etapa 2, tendo como base as avaliações realizadas nas etapas 1 e 2.

As concentrações de poluentes atmosféricos de cada etapa podem ser observadas no Quadro 1 (SÃO PAULO, 2013).

Quadro 1 – Concentrações de poluentes atmosféricos das metas intermediárias do Decreto n. 59.113/2013 – CETESB.

<b>Poluentes</b>	<b>Tempo de amostragem</b>	<b>MI 1</b>	<b>MI 2</b>	<b>MI 3</b>	<b>Padrão fina</b>
<b>Partículas inaláveis (MP10)</b>	24 horas	120	100	75	50
	MAA	40	35	30	20
<b>Partículas inaláveis finas (MP2,5)</b>	24 horas	60	50	37	25
	MAA	20	17	15	10
<b>Dióxido de enxofre</b>	24 horas	60	40	30	20
	MAA	40	30	20	-
<b>Dióxido de nitrogênio</b>	1 hora	260	240	220	200
	MAA	60	50	45	40
<b>Ozônio</b>	8 horas	140	130	120	100
<b>Monóxido de carbono</b>	8 horas	-	-	-	9 PPM
<b>Fumaça</b>	24 horas	120	100	75	50
	MAA	40	35	30	20
<b>Partículas totais em suspensão (PTS)</b>	24 horas	-	-	-	240
	MGA	-	-	-	80
<b>Chumbo (Pb)</b>	MAA	-	-	-	0,5

Fonte: SÃO PAULO, 2013.

## 2.10 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA INDÚSTRIA CERÂMICA

A fabricação de cerâmica é uma das indústrias mais antigas, historicamente encontram-se vestígios de louças e potes de barro queimado em forno com períodos datados em 15.000 anos a.C.. Inúmeros museus têm como documento de cultura as peças de fabricação cerâmica, criadas por diversas raças, com diferentes formas, retratando o estilo de vida de cada povo. Com a necessidade da evolução e da melhoria da qualidade dos materiais produzidos, grandes aprimoramentos no processo de fabricação foram realizados tendo maior destaque os controles de processos e a automatização crescente, que se caracterizam nos métodos modernos de fabricação (SHREVE; BRINK JR., 1997).

Segundo Shreve e Brink Jr. (1997), as matérias-primas mais usadas na fabricação de cerâmica são argila, feldspato e areia. As argilas são silicatos de

alumínio hidratados com certo grau de impureza, resultado de alterações provocadas pelo intemperismo. Existem diversas espécies minerais que podem receber como classificação o nome de argila dentre estas estão caulinita, montmorilonita e illita.

Segundo a USEPA (1997, apud CAMARA et al., 2015, p. 213):

O processo de fabricação de tijolos e telhas segue, essencialmente, as seguintes etapas: extração de argila, sazonalidade, preparação da massa, conformação, secagem e a queima. Os principais poluentes atmosféricos emitidos são o material particulado (MP), os óxidos de nitrogênio (NOX), os óxidos de enxofre (SOX), o monóxido de carbono (CO), compostos clorados e fluoretados. A emissão de particulados ocorre tanto na manipulação e transporte da matéria-prima (emissões fugitivas) quanto pela queima nos fornos. Já a emissão dos gases ocorre devido à combustão e está vinculada à composição da matéria-prima e do combustível empregado.

Como afirmou USEPA (1997) as principais etapas relacionadas à poluição estão diretamente ligadas à queima da cerâmica. Shreve e Brink Jr. (1997) trazem dois tipos de queima, a contínua e a descontínua utilizando-se de dois principais combustíveis: madeira e óleo, em decorrência do custo ser menor, e em alguns casos utiliza-se energia elétrica.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia é a definição do caminho a ser seguido na elaboração da pesquisa, portanto deverão ser selecionadas as principais estratégias para alcançar os resultados e atender os objetivos previstos (GURGACZ; NASCIMENTO, 2007).

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Morro da Fumaça, situando-se no extremo sul catarinense, próximo ao litoral, Figura 5. O mesmo faz limites com os municípios de Içara, Criciúma, Cocal do Sul, Pedras Grandes, Treze de Maio e Sangão. O município está localizado a 172 km de Florianópolis (capital de Santa Catarina) e a 300 km de Porto Alegre (capital do Rio Grande Do Sul), possuindo uma extensão territorial de aproximadamente 83.000 km<sup>2</sup> e está situada a 18 m de altitude acima do nível do mar, com uma população estimada em 17.532 habitantes (MORRO DA FUMAÇA, 2018).

Figura 5 – Localização territorial do Município de Morro da Fumaça – SC.

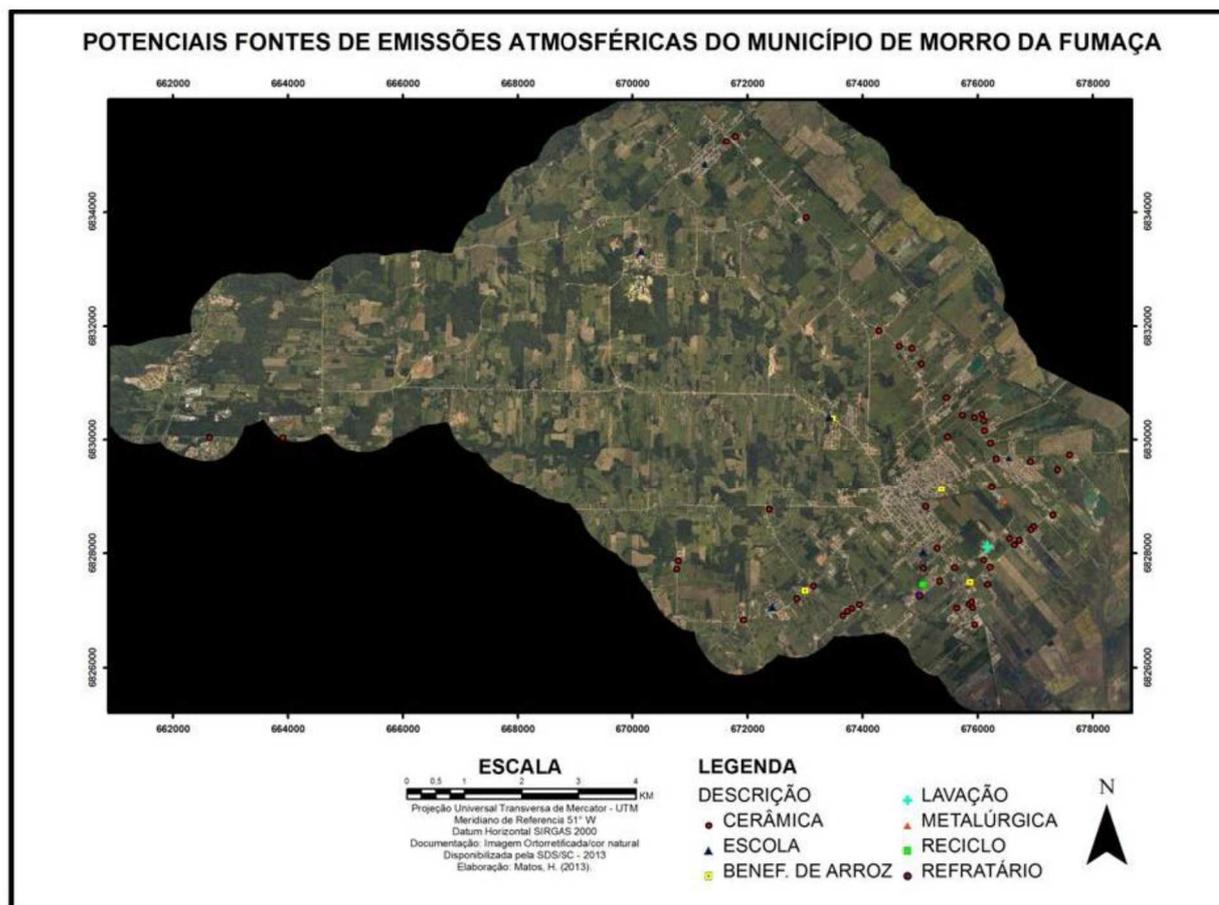


Fonte: MFRURAL, 2018.

As principais atividades industriais desenvolvidas no município de Morro da Fumaça são a Extração Mineral de Fluorita; Indústrias de Confecção e Facção; Rizicultura; Beneficiamento de Arroz e o como principal setor as indústrias Cerâmicas,

produzindo tijolos, telhas, pisos e azulejos (MFRURAL, 2018). Segundo Camara (2012), o município concentra 33,1% das olarias da região sul de Santa Catarina, contabilizando 50 indústrias (Figura 6) que produzem na sua grande maioria tijolos.

Figura 6 – Mapa de localização das indústrias de cerâmicas vermelha no município de Morro da Fumaça – SC.



Fonte: PAVEL et al, [2015], p.23.

O relevo do município pode ser caracterizado com aproximadamente mais de 50% da sua extensão territorial como uma planície litorânea e o restante caracterizado com algumas elevações. O clima do município distingue bem as quatro estações do ano, oscilando a temperatura média no verão entre 24°C e 25°C, já no inverno a temperatura pode chegar a zero grau Célsius, possibilitando a formação de geada, no entanto a temperatura desta estação acaba ficando em 15°C (SANGÃO, 2018).

Inúmeros artigos e trabalhos acadêmicos foram desenvolvidos na região do município de Morro da Fumaça objetivando avaliar o histórico da poluição, a

qualidade do meio ambiente, entre outras questões ligadas a poluição por emissões atmosféricas. Em um destes foi evidenciado por Souza e Pavei (2010) inconformidades tanto em médias diárias quanto para concentrações anuais de poluentes, com limites ultrapassados em PTS durante 8 anos.

Na região do Município de Morro da Fumaça 87% das olarias possuem algum tipo de tratamento de emissões atmosféricas, um resultado que surpreende devido aos altos índices de inconformidade da avaliação de qualidade do ar, no entanto o que pode estar ocorrendo é o mau uso dos equipamentos ou projetos inadequados (CAMARA, 2012).

Dados históricos mostram que os meses de inverno são os mais críticos em relação a dispersão de poluentes em Morro da Fumaça, com aumento de internações por doenças relacionadas ao trato respiratório, entretanto não é só o inverno que apresenta dados alarmantes, o meses de novembro a fevereiro também apresentam índices altos de internações (SOUZA, 2010).

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Uma pesquisa científica pode ser classificada quanto a sua natureza, forma de abordagem, objetivos e procedimentos técnicos (SILVA; MENEZES, 2005),

A natureza da pesquisa será do tipo aplicada, que consiste na geração de conhecimentos com objetivo de aplicá-los na prática, visando a solução de problemas específicos, esse tipo envolverá verdades e interesses de pontos específicos (SILVA; MENEZES, 2005).

A forma de abordagem do estudo será do modo quantitativo, ou seja, considera que se pode traduzir opiniões em números e informações para classificá-las e analisá-las, este tipo de abordagem utiliza-se de técnicas estatísticas (GURGACZ; NASCIMENTO, 2007).

Quanto aos objetivos da pesquisa será descritiva, de forma que se deseja registrar dados de um fenômeno com o objetivo na maioria das vezes de comparar os dados obtidos (GURGACZ; NASCIMENTO, 2007).

### 3.2.1 Levantamento e análise das emissões atmosféricas oriundas de indústrias cerâmicas

Como parte do diagnóstico da qualidade do ar do município foram levantados os relatórios de monitoramento de emissões atmosféricas das indústrias de cerâmicas vermelha clientes da empresa onde se realizou o estágio obrigatório, situadas no município de Morro da Fumaça. Estas análises foram utilizadas com o objetivo de subsidiar o monitoramento da qualidade do ar a ser posteriormente realizado no município em estudo, verificar se estas indústrias estão em desacordo com as legislações e se influenciam negativamente na qualidade do meio ambiente e da vida da população.

Foram tratados 12 relatórios, coletados entre os anos de 2015 e 2016 e apresentados conforme o Quadro 2, as empresas não foram identificadas pelos seus nomes, apenas como A, B, C, etc.. As informações foram separadas de acordo com o tipo de combustível utilizado para queima e a potência térmica nominal do sistema. Além destas identificações, foram apresentados os valores de concentração dos poluentes obtidos nas análises de monitoramento de emissões e os valores máximos permitidos pela legislação.

Quadro 2 – Modelo utilizado para análise dos dados obtidos pelos relatórios de monitoramento de emissões atmosféricas.

Tipo de combustível									
Empresa	PTN*	Poluentes				VMP** legislações			
		MP	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	MP	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

\*PTN = Potência térmica nominal

\*\*VMP = Valor máximo permitido

### 3.2.2 Monitoramento da qualidade do ar no município de Morro da Fumaça

Foi realizado um monitoramento da qualidade do ar no município de Morro da Fumaça, SC, com o objetivo de avaliar as concentrações de poluentes atmosféricos e a possível influência destes na deterioração da qualidade do ar, do meio ambiente e da saúde da população.

Especificamente para o desenvolvimento da pesquisa e para a escolha o ponto de monitoramento foi considerado os quesitos apresentados no item 2.8 deste trabalho, sendo eles:

- Não instalar os equipamentos próximos a prédio ou algum obstáculo;
- Evitar instalação próxima à chaminé ou fonte de poluição;
- Instalação do equipamento nos locais de entrada de ar para região (direção predominante dos ventos);
- Prioridade para áreas com maior número de habitantes;
- Instalação em locais planejados para o desenvolvimento futuro de modo que se possam acompanhar os efeitos do desenvolvimento;
- Instalação dos equipamentos próxima ao nível do solo, de preferência em cima de bancadas;
- Prioridade para instalação em áreas com poluição mais crítica.

A área escolhida para a execução do monitoramento da qualidade do ar situa-se no centro do município de Morro da Fumaça. A seleção do local levou em conta, além dos quesitos citados acima, a maior concentração de moradores do município e por ser um espaço seguro contra vandalismo ou roubos de equipamentos, com fácil acesso a fontes de energia.

Após análises, o ponto escolhido foi a Escola Estadual de Ensino Básico Princesa Isabel (Figura 7), com as seguintes coordenadas geográficas 28°39'20" S e 49°12'35" O, para melhor visualização consultar Apêndice I.



Figura 8 – Localização da edificação onde o Amostrador de Grande Volume foi instalado.



Fonte: Do autor (2018).

Para a instalação do equipamento foi necessário transportá-lo para cima da laje, para tal foi utilizado uma escada e cordas amarradas no equipamento. Para a fixação do mesmo na laje, utilizou-se cordas junto a argolas de ferro já existentes no local, esta ação foi realizada para que o amostrador não sofresse avarias com eventuais tombamentos.

O monitoramento da qualidade do ar considerou os principais poluentes atmosféricos relacionados à indústria de cerâmica vermelha e as fontes de combustão utilizadas pelas mesmas, ambos dados obtidos na análise dos relatórios de emissões atmosféricas das fontes estudadas na etapa anterior desta pesquisa. Além destes quesitos que interferem na seleção dos padrões a ser monitorados, consideraram-se também os tipos de equipamentos disponibilizados pelo laboratório onde se realizou o estágio. Diante disto, selecionou-se o seguinte poluente: Partículas Totais em Suspensão. Seria importante monitorar o Monóxido de Carbono (CO), porém o laboratório não possui equipamento validado pelos órgãos ambientais para a análise.

O método utilizado para a coleta de Partículas Totais em Suspensão foi o de Amostrador de Grandes Volumes, Figura 9, conforme o método estabelecido na resolução CONAMA 03/1990 e regulamentado pela norma ABNT NBR 9547:1997(BRASIL, 1990; ABNT, 1997). Este equipamento avalia a diluição das partículas em suspensão em função do tempo de monitoramento.

Figura 9 – Amostrador de grande volume - HI-VOL.

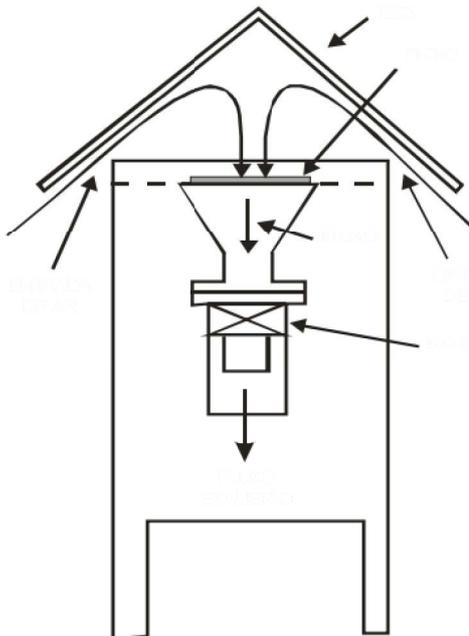


Fonte: AST, 2013.

O mecanismo de funcionamento do amostrador HI-VOL consiste em uma bomba que faz a sucção do ar atmosférico através de um filtro, instalado dentro da casinhola de abrigo durante um período de amostragem, esta vazão deve respeitar a faixa de operação dentro de  $1,1 \text{ m}^3/\text{min}$  a  $1,7 \text{ m}^3/\text{min}$ , esta faixa de vazão juntamente com a geometria da casinhola bem como velocidade e direção do vento favorecem a coleta das partículas de 25 a  $50 \mu\text{m}$  (diâmetro aerodinâmico) (DIAS 2016). Seu funcionamento pode ser observado na Figura 10.

O filtro é pesado antes de ser instalado no equipamento e após a amostragem é recolhido e encaminhado para o laboratório, onde será pesado novamente (após equilíbrio de umidade). Esse procedimento é realizado para determinar a massa coletada. O volume amostrado é medido através de vazão e do tempo de amostragem, em seguida o mesmo é corrigido para condições padrão ( $25^\circ\text{C}$ ,  $760 \text{ mmHg}$ ). Então a concentração do material em suspensão é obtida através da divisão da massa das partículas coleta pelo volume de ar amostrado corrigido, obtendo assim um resultado expresso em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (DIAS, 2016).

Figura 10 – Fluxo de ar do amostrador de grande volume (HI-VOL).



Fonte: DIAS, 2016, p.4.

O monitoramento de partículas totais em suspensão utilizou a resolução n. 03/1990 do CONAMA, o qual determina que o tempo de amostragem do monitoramento da qualidade deve ser de 24 horas. Para garantir uma média de confiança foram realizados seis dias de amostragem, gerando uma média final.

O aparelho foi programado para permanecer ligado por 24 h, após este período o filtro foi removido, e neste momento foram coletadas as leituras necessárias no equipamento para posteriormente, a realização dos cálculos. Após esta etapa um novo filtro de fibra de vidro foi colocado e o AGV reprogramado e ligado novamente por mais um dia.

Após a retirada do filtro do Amostrador de Grande Volume, o mesmo foi inserido em saco plástico com o seu devido formulário de identificação (Figura 11) e a sua respectiva carta de deflexão.

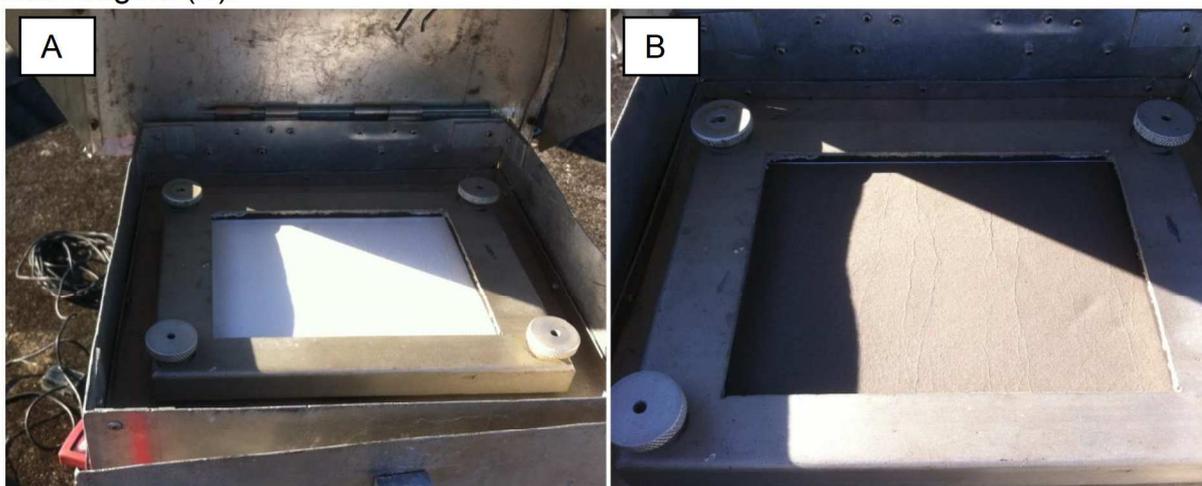
Figura 11 – Formulário de identificação de amostragem.

FORMULÁRIO DE AMOSTRAGEM - AGV PTS			
Local:	Ponto - 01		
Data início:	23/05/18	Data final:	24/05/18
Hora início:	15:50	Hora final:	16:43
Tempo:	<input checked="" type="checkbox"/> Bom ( ) Parcialmente Nublado ( ) Chuvoso		
Leitura inicial horâmetro:	13.515,86	horas	
Leitura final horâmetro:	13.539,70	horas	
Peso inicial (M <sub>i</sub> ):	2,7779	g	2,8900
Peso final (M <sub>f</sub> ):		g	
OBSERVAÇÕES (anormalidades durante a amostragem)			
Conto O <sub>2</sub> = 3,0 - 28			

Fonte: Do autor(2018).

Os filtros de fibra de vidro foram secos em estufa e pesados em balança analítica antes de serem utilizados. Ao final da amostragem os filtros foram secos novamente a uma temperatura de 100°C e pesados em balança analítica para verificação da massa. A concentração do poluente, expressa em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , foi determinada através da relação entre massa retida de PTS e o volume de ar amostrado pelo equipamento. Na Figura 12 – A está demonstrado o filtro antes do monitoramento e Figura 12 – B está o filtro após o monitoramento.

Figura 12 – A e 12 – B – Filtro antes de iniciar amostragem (A) e Filtro ao final da amostragem (B).



Fonte: Do autor (2018).

Para integrar com os dados coletados foi avaliada a precipitação pluviométrica, velocidade e direção dos ventos nos períodos de amostragem, os dados foram coletados no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Os dados

foram tratados no *Excel* da *Microsoft*, calculando-se as médias diárias de precipitação e velocidade de vento, bem como as direções predominantes.

### **3.2.3 Comparação de incidência de doenças respiratórias na população de Morro da Fumaça com municípios da região**

Outro aspecto que pode ser analisado para inferir a respeito da qualidade do ar de um município é os dados de saúde da sua população. Diante disso buscaram-se os dados referentes a internações por doenças respiratórias no município de Morro da Fumaça - SC.

Para avaliar e comparar os resultados foram selecionados dois municípios da região do extremo sul de Santa Catarina. O primeiro, Criciúma, foi escolhido por ser a maior e mais importante cidade da região e possuir uma concentração de indústrias, importantes e significantes fontes de poluição e degradação ambiental.

O segundo, Araranguá, foi selecionado por não ser uma cidade industrializada, não possuindo fontes significativas de poluição atmosférica. Além de ser um município que sofre constantemente com os ventos vindos do oceano e com menor contribuição de poluentes atmosféricos originados de fontes fixas.

Os dados foram coletados nos bancos de dados do sistema do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Este tem como missão fornecer aos órgãos integrantes do Sistema Único de Saúde (SUS) informações e suporte de informática, necessários para o planejamento, operação e controle do sistema. (DATASUS, 2018).

O DATASUS é atualizado a cada três meses com os dados do SUS de todo o país, por este motivo o mesmo foi utilizado para as pesquisas neste trabalho. Para analisar a situação de cada município referente aos indicadores da saúde, que tenham relação com a má qualidade do ar, a busca foi feita pelo local de residência, ou seja, se o indivíduo fosse residente em Araranguá e procurasse atendimento médico em Criciúma, por exemplo, ele seria contabilizado na estatística de Araranguá.

Os parâmetros escolhidos para avaliar a influência da má qualidade do ar sobre a saúde da população foram:

- Dados de internações mensais por doenças do aparelho respiratório nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 1º trimestre de 2018. Estes

dados foram coletados para Araranguá, Criciúma e Morro da Fumaça e estão representados em uma taxa por 1.000 habitantes.

- Comparativo entre número de internação por faixa etária de doenças do aparelho respiratório. E comparativo entre o número total de internações por doença do aparelho circulatório e respiratório para o ano de 2017.

Após a coleta dos dados no sistema do SUS, os mesmos foram trabalhados no *Excel (Microsoft)*. Primeiramente os dados referente as internações mensais foram transformados para taxas de 1000 habitantes e posteriormente foram estruturados os gráficos. Já os dados utilizados para o comparativo entre as internações do sistema respiratório e do sistema circulatório por faixa etária foram colocados em uma única tabela, uma vez que estes estavam separados por município, após isto foram elaborados os gráficos.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

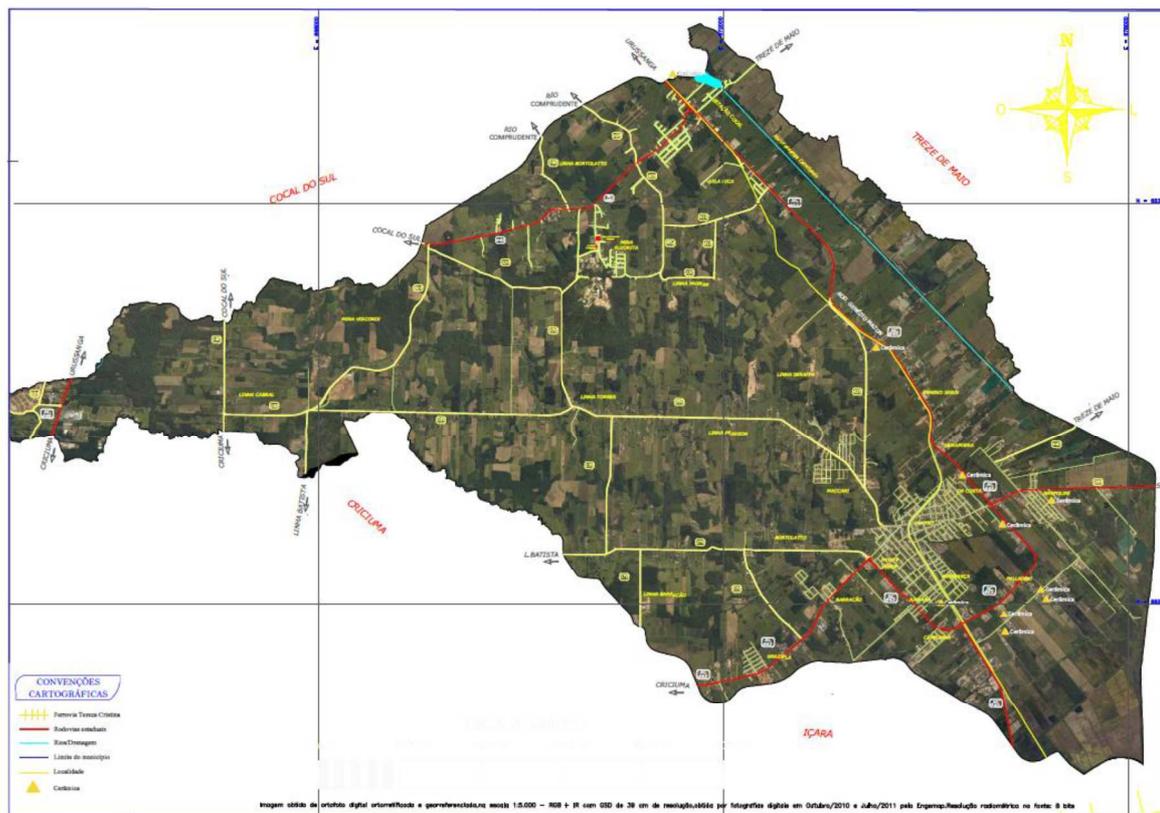
Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes às análises de emissões atmosféricas das indústrias cerâmicas, dos anos 2015 e 2016, lembrando que estas são indústrias clientes do laboratório onde foi realizado o estágio, portanto não serão citados os nomes das mesmas. Além destes, os resultados da análise da qualidade do ar, realizados entre os dias 22/05/2018 a 28/05/2018 no município de Morro da Fumaça, comparando-os com a legislação ambiental. Como forma de complementar os resultados de análise da qualidade do ar também foram analisados os dados referentes a saúde da população de Morro da Fumaça em comparação a municípios da região.

### 4.1 ANÁLISES DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ORIUNDAS DA INDÚSTRIA CERÂMICA

Esta etapa do estudo foi realizada com o objetivo de verificar as concentrações dos principais poluentes atmosféricos emitidos pela indústria de cerâmica vermelha do município de Morro da Fumaça. As análises dos poluentes serviram como subsídios na identificação de quais contaminantes era necessário avaliar para determinar a qualidade do ar no município.

Os resultados expostos na sequência foram coletados no ano de 2015 (Quadro 3), em seis indústrias, e em 2016 (Quadro 4), em oito indústrias, todas situadas no município de Morro da Fumaça (Figura 13 e Apêndice II) e clientes do laboratório onde foi realizado o estágio. As cerâmicas B, C, D e F apresentaram resultados em ambos os anos.

Figura 13 – Mapa com a localização das indústrias de cerâmicas vermelha analisadas.



Fonte: Do autor (2018).

A escolha das análises realizadas em 2015 e 2016 foi devido ao fato de que em 2017 e 2018 não houve análises em quantidades significativas para que possibilitasse o uso dos dados.

Quadro 3 – Análises de emissão atmosféricas das indústrias de cerâmicas vermelha – Ano 2015.

Empresa	PTN**	Poluentes				VMP*** legislações 436/2011 CONAMA			
		MP	SO <sub>x</sub> (como SO <sub>2</sub> )	NO <sub>x</sub> (como NO <sub>2</sub> )	CO	MP	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
A	<10MW	302,57	31,4	41,42	-	730	N.A	N.A	3900
B*	<10MW	191,1	25,07	21,38	-	730	N.A	N.A	3900
C*	<10MW	255,66	138,48	-	-	730	N.A	N.A	3900
D*	<10MW	213,49	26,9	-	-	730	N.A	N.A	3900
E	<10MW	607,19	109,62	361,44	-	730	N.A	N.A	3900
F*	1,06MW	631,79	68,33	63,73	1628,2	730	N.A	N.A	3900

Fonte: Dados do autor coletado durante a pesquisa (2018).

N.A - Não aplicável;

\* Empresas iguais em ambos os anos;

\*\* Potência térmica nominal;

\*\*\* Valor máximo permitido.

Quadro 4 – Análises de emissão atmosféricas das indústrias de cerâmicas vermelha – Ano 2016

Empresa	PTN**	Poluentes				VMP*** legislações 436/2011 CONAMA			
		MP	SO <sub>x</sub> (como SO <sub>2</sub> )	NO <sub>x</sub> (como NO <sub>2</sub> )	CO	MP	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
G	0,86MW	436,11	175,79	-	-	730	N.A	N.A	3900
B*	<10MW	163,66	13,48	16,29	-	730	N.A	N.A	3900
C*	<10MW	475,43	171,75	-	-	730	N.A	N.A	3900
D*	<10MW	156,63	20,11	-	-	730	N.A	N.A	3900
H	1,32MW	239,62	86,02	51,48	556,27	730	N.A	N.A	3900
F*	1,06MW	677,51	65,39	57,83	1112,9	730	N.A	N.A	3900
I	0,39MW	270,91	55,12	33,13	-	730	N.A	N.A	3900
J	0,86MW	281,83	34,93	-	1084	730	N.A	N.A	3900

Fonte: Dados do autor coletado durante a pesquisa (2018).

N.A - Não aplicável;

\* Empresas iguais em ambos os anos;

\*\* Potência térmica nominal;

\*\*\* Valor máximo permitido.

Como citado no item 2.9.2 e 2.9.3 deste trabalho, as resoluções nº.382 de 26 de dezembro de 2006 e nº. 436 de 22 de dezembro de 2011, ambas do CONAMA, trazem em seus artigos os limites máximos para emissões de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Estas resoluções ainda determinam os padrões por tipologia de fonte, combustível utilizado para queima e potência térmica nominal.

As indústrias de cerâmicas vermelha em estudo possuem potências térmicas nominais inferior a 10MW, pelo fato de serem empresas de pequeno porte, geralmente de origem familiar. Pode-se observar que algumas empresas apresentaram valores exatos de potência térmica nominal, isso se deve ao fato de que alguns relatórios apresentam este parâmetro de forma detalhada e outros não, expondo somente que a mesma é inferior a 10 MW. Além disso, todas as atividades foram instaladas ou possuem pedido de licença de instalação anterior a 02 de janeiro de 2007, isso concretiza que a legislação utilizada para o estabelecimento dos padrões de emissão de poluentes atmosféricos e as devidas comparações com os resultados obtidos foi a resolução nº. 436 de 22 de dezembro de 2011 do CONAMA.

O combustível utilizado para geração de calor nas indústrias de cerâmicas vermelha analisadas é a madeira ou seus derivados, sendo esta combustão externa, portanto o anexo IV da resolução nº 436/2011 do CONAMA é o aplicado. Neste anexo consta que os resultados devem ser expressos em unidade de concentração ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ) e corrigidos para 8% de oxigênio.

Os resultados obtidos nas amostragens de emissões atmosféricas de cada empresa estão de acordo com os padrões estabelecidos na resolução, como pode ser observado nos Quadros 3 e 4, que trazem os resultados e o valor máximo permitido pela legislação.

Todavia as empresas E (no ano de 2015) e F (nos anos de 2015 e 2016) apresentaram resultados próximos ao limite de emissão de material particulado, que é de  $730\text{mg}/\text{Nm}^3$  conforme determinado pelo anexo IV da resolução nº. 436/2011 do CONAMA. Este resultado exige atenção por parte dos empreendimentos, uma vez que alterações no processo, aumento de produção ou falha de equipamentos de controle de poluição do ar, poderão ocasionar o aumento da emissão de poluentes e afetar o entorno do empreendimento de forma negativa.

Todas as empresas possuem análises para  $\text{SO}_x$ (como  $\text{SO}_2$ )e MP, entretanto algumas possuem para  $\text{NO}_x$ (como  $\text{NO}_2$ ) e CO, isso se deve ao fato de que as exigências de parâmetros podem ser solicitadas pelo órgão ambiental licenciador,

o qual tem o poder de excluir parâmetros ou adicionar conforme descrito no Art. 5º da resolução nº 436/2011 do CONAMA: “O órgão ambiental licenciador poderá, mediante decisão fundamentada e considerando as condições locais da área de influência da fonte poluidora, determinar limites de emissão mais restritivos que os estabelecidos nesta, toda via essa ação irá depender da situação do empreendimento.”

Observando os resultados e comparando-os com a legislação foi possível verificar que todas as análises estão dentro dos parâmetros, diante de tal situação buscou-se nos relatórios quais metodologias foram utilizadas. Foi possível verificar que as metodologias utilizadas são as normas da CETESB que foram empregadas de maneira correta. As normas utilizadas foram:

- Norma CETESB L9.221 - Determinação dos pontos de amostragem;
- Norma CETESB L9.222 - Determinação da velocidade e vazão dos gases;
- Norma CETESB L9.223 - Determinação da massa molecular seca e excesso de ar no fluxo gasoso;
- Norma CETESB L9.224 - Determinação da umidade dos efluentes;
- Norma CETESB L9.225 - Determinação das emissões de material particulado;
- Norma CETESB L9.228 - Determinação de Dióxido de Enxofre, Névoas de Ácido Sulfúrico e Trióxido de Enxofre.

Verifica-se ainda que nos relatórios de emissões atmosféricas analisados há a seguinte ressalva “Os resultados contidos neste documento correspondem exclusivamente ao material amostrado”, ou seja, a situação real de emissão de poluentes pode ser diferente da apresentada no momento da coleta.

Assim, como qualquer processo de automonitoramento, há a possibilidade de o empreendedor alterar sua capacidade produtiva, influenciando nos resultados das concentrações de poluentes, lembrando que são dados de realidades pontuais. Como qualquer monitoramento descontínuo de emissão atmosférica, o real poder de produção pode ser não identificado.

Como garantia de se abster da responsabilidade, sob a questão de capacidade operacional, é necessário solicitar uma declaração de funcionamento emitida pela empresa contratante. Solicitação qual é garantida pelo anexo XIV da resolução 436/2011 do CONAMA, que traz determinações a serem observadas no

monitoramento das emissões e na elaboração dos relatórios. Uma destas determinações é que para o monitoramento por métodos descontínuos a empresa deve estar operando em condições de plena carga (operação com 90% da capacidade nominal ou licenciada).

Outra questão que interfere nos resultados da amostragem final são os sistemas de controle de poluição. Muitas vezes estes sistemas não recebem os reparos necessários para o seu completo funcionamento ou até mesmo são desligados para redução de gastos e mão de obra, e quando é necessário realizar amostragem da emissão atmosférica de poluentes as empresas regularizam a situação dos sistemas, mantendo-o sempre em funcionamento durante as amostragens.

Segundo Camara (2012), além da má operação dos equipamentos de Controle de Poluição do Ar os seguintes fatores podem influenciar para má gestão das questões ambientais como, por exemplo, a falta de um assessoramento ambiental de qualidade, legislações muito brandas e a falta de uma base de dados que ajude no planejamento regional (tanto da qualidade do ar, quanto das emissões atmosféricas).

## 4.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE MORRO DA FUMAÇA

Diante dos resultados apresentados no item anterior o poluente escolhido para ser quantificado na atmosfera do município de Morro da Fumaça foi as Partículas Totais em Suspensão. A justificativa desta escolha baseou-se em alguns critérios, o primeiro deles foi à disponibilidade de equipamentos fornecidos pelo laboratório onde se realizou o estágio, outro quesito foram às solicitações de monitoramento de emissões realizadas pelas fundações do meio ambiente, que geralmente seguem as resoluções do CONAMA n. 436/2011 e a 382/2006.

Além das questões citadas acima, considerou-se este poluente devido as potências térmicas nominais das empresas não ultrapassarem 10MW, sendo que no Anexo IV das resoluções 436/2011 e 382/2006 do CONAMA, que se refere a queima de derivados da madeira, os poluentes que apresentam definição de padrão para lançamento na atmosfera por fonte fixa são apenas CO e MP.

Com o objetivo de obter dados atualizados sobre os poluentes escolhidos para o monitoramento da qualidade do ar no município de Morro da Fumaça, foi instalado um amostrador de partículas totais inaláveis na região central da cidade. O monitoramento teve seu início no primeiro semestre de 2018, com o equipamento, materiais consumíveis e estrutura laboratorial fornecido pelo laboratório onde se realizou o estágio.

Os monitoramentos da qualidade do ar para Partículas Totais em Suspensão (PTS) ocorreram entre os dias 22/05/2018 e 27/05/2018. Os resultados do monitoramento estão demonstrados no Quadro 5. Outros dados das coletas, como hora inicial e final de coleta, horamêtro, tempo de amostragem, vazão, etc., estão dispostos do Apêndice III.

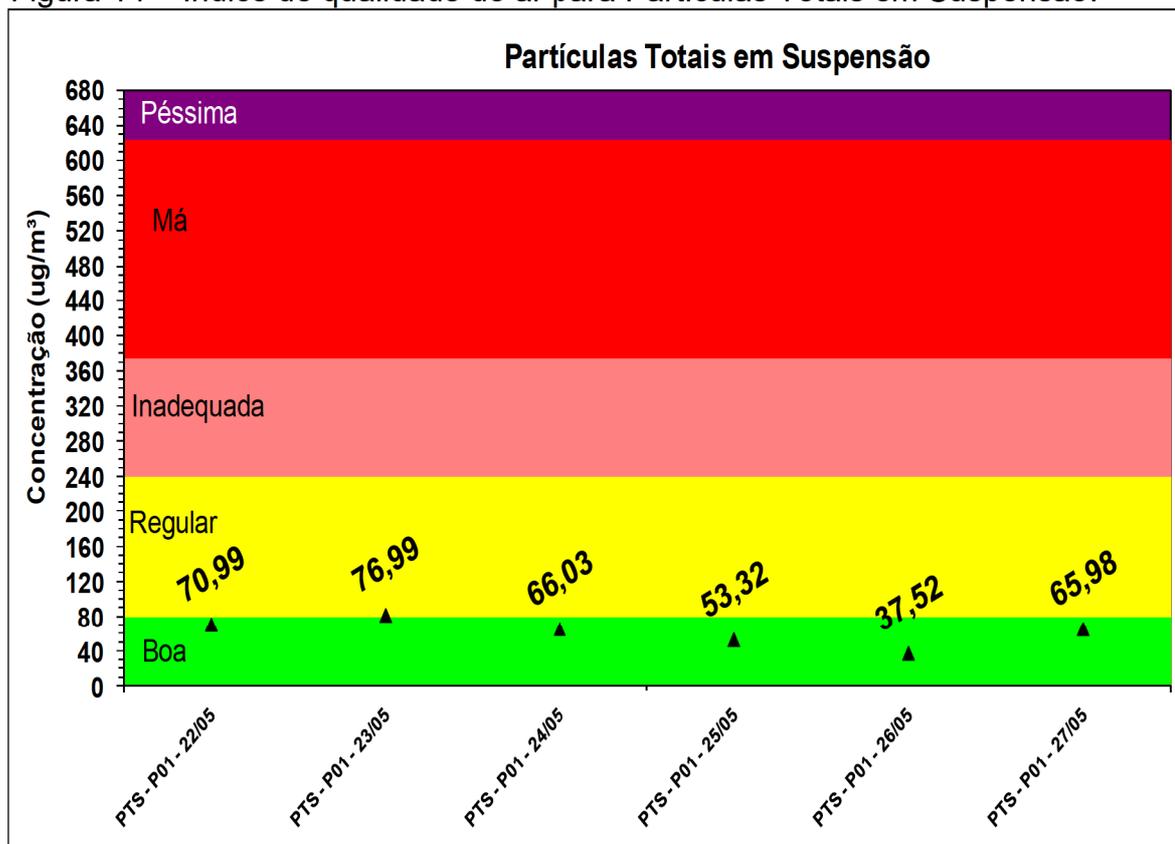
Quadro 5 – Resultados do monitoramento de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

PONTO	DATA	CONCENTRAÇÃO	Unidade	Média	Padrão Primário (CONAMA 03/90)	Padrão Secundário (CONAMA 03/90)	ÍNDICE
P 01	22/05/2018	70,99	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	240	150	BOA
P 01	23/05/2018	76,99	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	240	150	BOA
P 01	24/05/2018	66,03	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	240	150	BOA
P 01	25/05/2018	53,32	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	240	150	BOA
P 01	26/05/2018	37,52	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	240	150	BOA
P 01	27/05/2018	65,98	µg/m <sup>3</sup>	24 horas	240	150	BOA

Fonte: Do autor (2018).

Conforme demonstra o Quadro 5 os resultados obtidos atendem aos padrões primários e secundários diários (24h) e o padrão anual, regulamentado pela resolução do CONAMA 03/1990. E segundo a análise feita os valores não ultrapassaram a concentração de 80 µg/m<sup>3</sup>, índice considerado bom pela CETESB conforme Figura 14. O Quadro 6 demonstra as definições para a classificação dos índices de qualidade do ar.

Figura 14 – Índice de qualidade do ar para Partículas Totais em Suspensão.



Fonte: Do autor (2018).

Quadro 6 – Legenda com os índices de qualidade do ar.

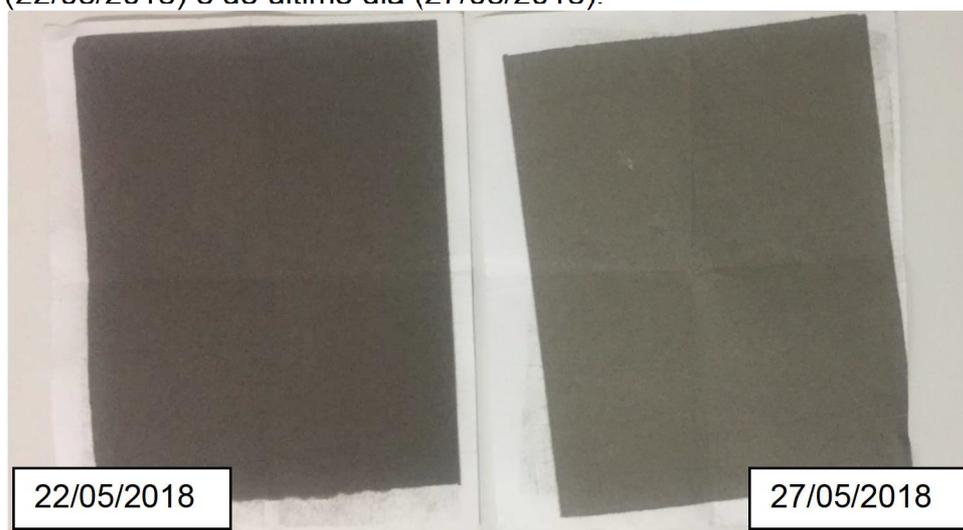
ANÁLISE	PTS ug/m <sup>3</sup>	
Boa	0 - 80	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	80 - 240	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	240 - 375	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	375 - 625	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
Péssima	>625	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: SÃO PAULO, 2013.

Durante a realização das análises houve uma paralisação total dos transportadores de cargas por meio de caminhões. A paralisação durou cerca de 15 dias e começou a afetar as indústrias, de forma geral, a partir do dia 22/05/2018. No município de Morro da Fumaça algumas indústrias do setor de cerâmicas vermelha pararam suas atividades a partir do dia 25/05/2018.

Essa paralisação pode ter afetado os resultados dos dias 25, 26 e 27/05/2018, pois como pode ser observado no Quadro 5 os dias 25 e 26 foram um pouco abaixo dos dois primeiros dias e o dia 27, apesar de manter um resultado parecido com os primeiros, evidenciou uma diferença de coloração do material retido no filtro (Figura 15). Os materiais sólidos poluentes provenientes de processos de combustão a partir da queima da madeira, principal matéria prima utilizada nas indústrias cerâmicas, são geralmente mais escuros, o que pode explicar essa diferença de coloração entre os filtros, uma vez que algumas empresas não estavam operando normalmente. Além disto, o que pode ser observado é que nem sempre a coloração mais escura de um filtro significará necessariamente que o mesmo apresenta altas concentrações de material particulado retido, uma vez que a diferença de material amostrado entre os dias 22 e 27/05/2018 foi de  $5,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Figura 15 – Comparativo entre o filtro do primeiro dia de monitoramento (22/05/2018) e do último dia (27/05/2018).



Fonte: Do autor (2018).



atmosfera. O Quadro 7 traz os dados meteorológicos juntamente com a concentração dos poluentes amostrados, essas informações foram retiradas do Instituto Nacional de Metrologia (INMET), a estação utilizada foi a Urussanga-A814 (Código OMM:86970) devido à proximidade da mesma com o município de Morro da Fumaça, proporcionando dados mais próximos da realidade.

Quadro 7 – Dados meteorológicos dos dias de amostragem.

Data	Hora	Concentração de PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Umidade (%)	Pressão (hPa)	Vento (m/s)		Chuva (mm)
	UTC		Inst.*	Inst.*	Inst.*	Velocidade	Direção	
22/05/2018	15	70,99	18.1	53	1015.0	1.9	SE	0.0
23/05/2018	15	76,99	17.9	48	1019.8	1.8	NE	0.0
24/05/2018	15	66,03	18.0	57	1021.9	0.9	O	0.0
25/05/2018	15	53,32	19.5	55	1020.7	1.7	NE	0.0
26/05/2018	15	37,52	22.3	57	1017.7	1.4	NO	0.0
27/05/2018	15	65,98	24.7	49	1018.0	2.2	NO	0.0
28/05/2018	15	-	25.3	50	1018.6	2.3	N	0.0

Fonte: INMET (2018).

\*Inst. = Instantânea

Segundo Válio (2015), quanto maior o valor precipitado de chuva menor será a concentração de Material Particulado atmosférico, evidenciando a importância das precipitações como fenômeno capaz de remover quantidades significativas de material particulado da atmosfera e auxiliar na manutenção das concentrações de MP abaixo dos níveis determinados pelas legislações. Diante disto a precipitação pluviométrica, quando em quantidades significativas, pode atuar como um lavador de gases e também evitar a dispersão da poeira presente no solo. Tal fato não pode influenciar nos resultados finais do monitoramento, pois durante os dias de monitoramento não foram registradas chuvas, sendo assim a precipitação acumulada foi de 0mm.

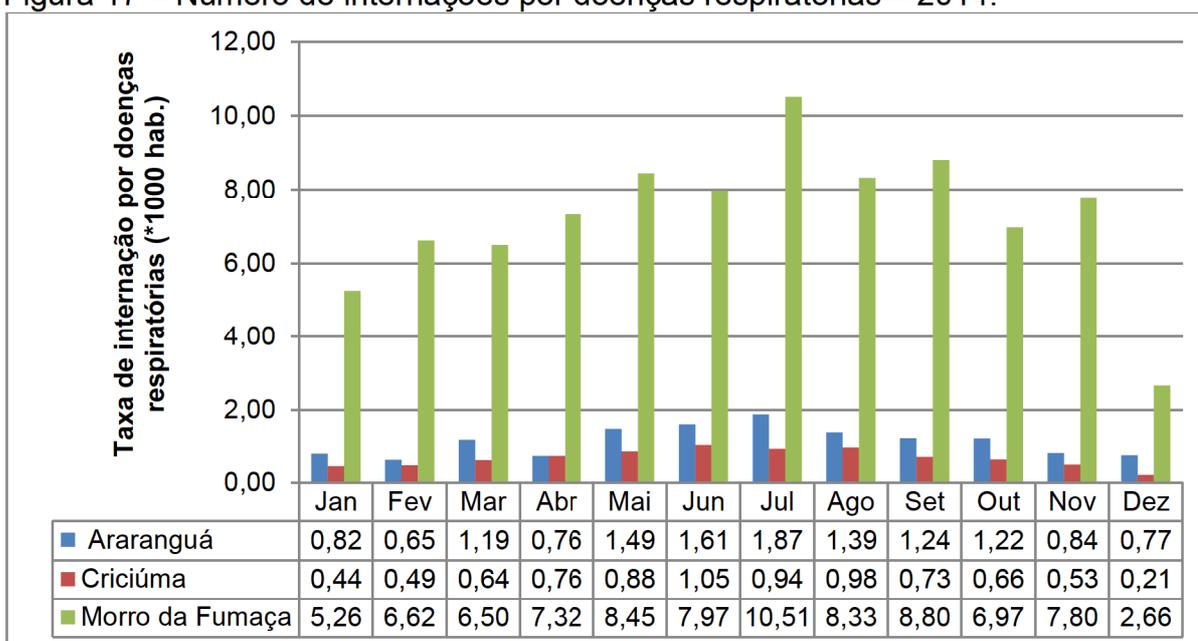
### 4.3 COMPARAÇÃO DE INCIDÊNCIA DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NA POPULAÇÃO DE MORRO DA FUMAÇA COM MUNICÍPIOS DA REGIÃO

Como forma de complementar os dados de concentração de poluente presente na atmosfera do município de Morro da Fumaça, buscou-se números referente à saúde da população do mesmo, dando ênfase ao que se refere a doenças do aparelho respiratório. Também foram utilizados os dados das internações por doenças do aparelho circulatório, apenas como comparativo entre os números de internações das duas doenças. Para tal análise utilizou-se os dados do Sistema Único de Saúde, o DATASUS.

As comparações entre os dados de internações por doenças do aparelho respiratório de Araranguá, Criciúma e Morro da Fumaça estão dispostas nas Figuras 17, 18, 19, 20 e 21 e estão representados em uma taxa para cada 1.000 habitantes.

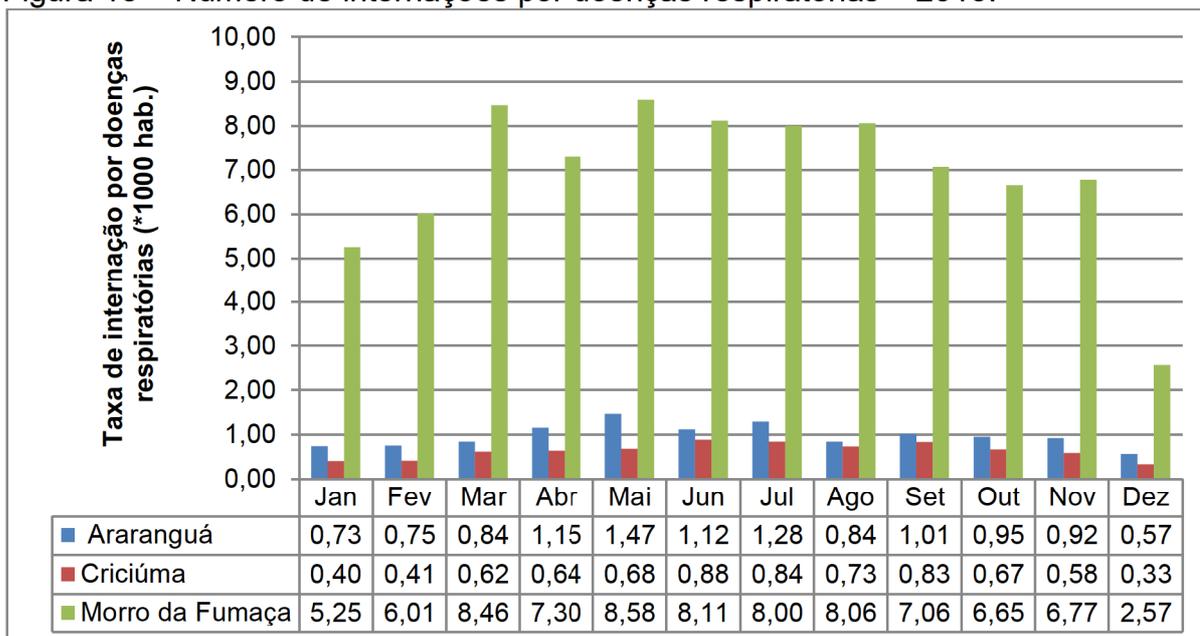
A população para os municípios de Araranguá, Criciúma e Morro da Fumaça em 2017 foi de 67.332, 211.369 e 17.532 habitantes, respectivamente. Para realizar a estimativa populacional nos anos de 2014, 2015, 2016 e 1º trimestre de 2018, utilizou-se a diferença entre a população de 2010 e 2017, dividindo o produto por 7 anos, tendo assim o crescimento estimado populacional por ano.

Figura 17 – Número de internações por doenças respiratórias – 2014.



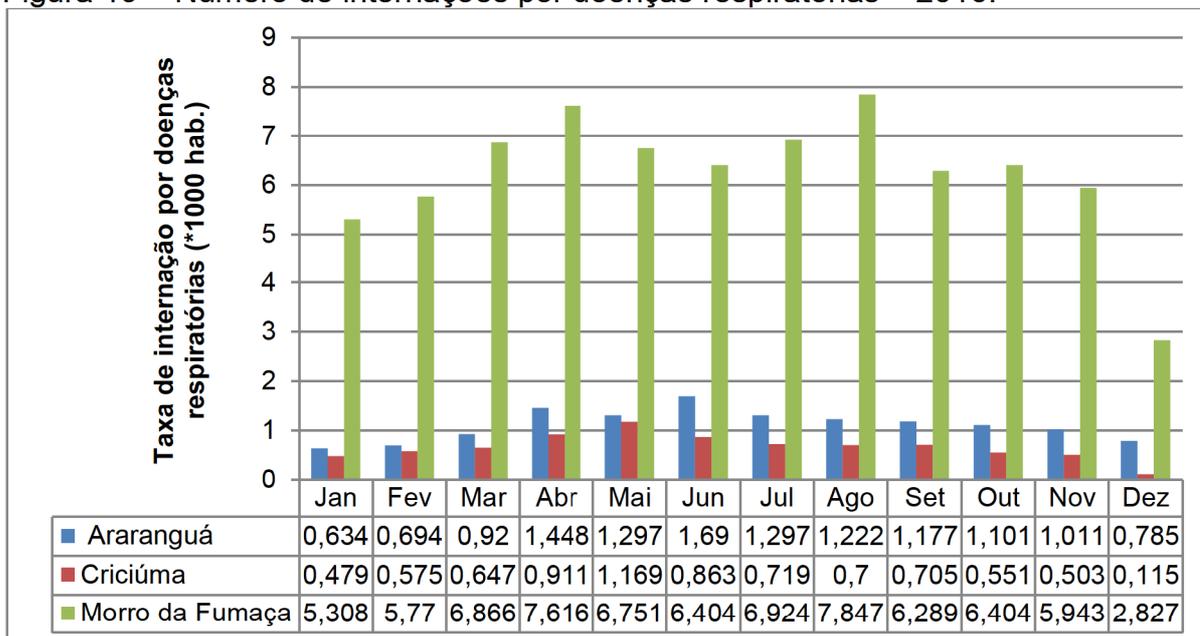
Fonte: DATASUS (2018).

Figura 18 – Número de internações por doenças respiratórias – 2015.



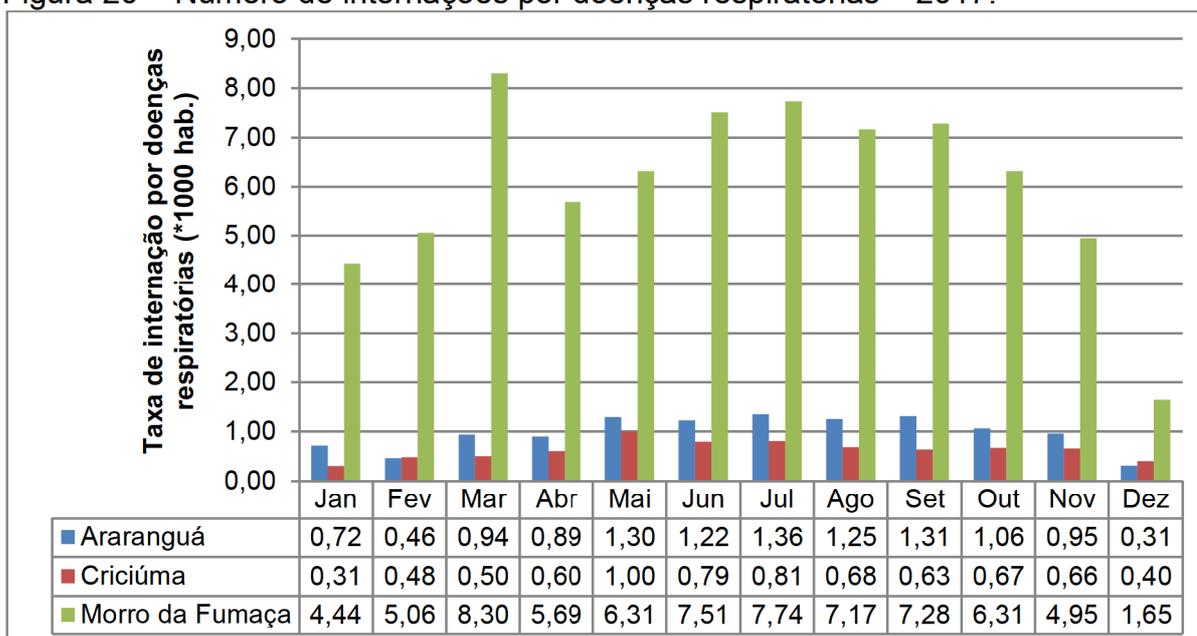
Fonte: DATASUS (2018).

Figura 19 – Número de internações por doenças respiratórias – 2016.



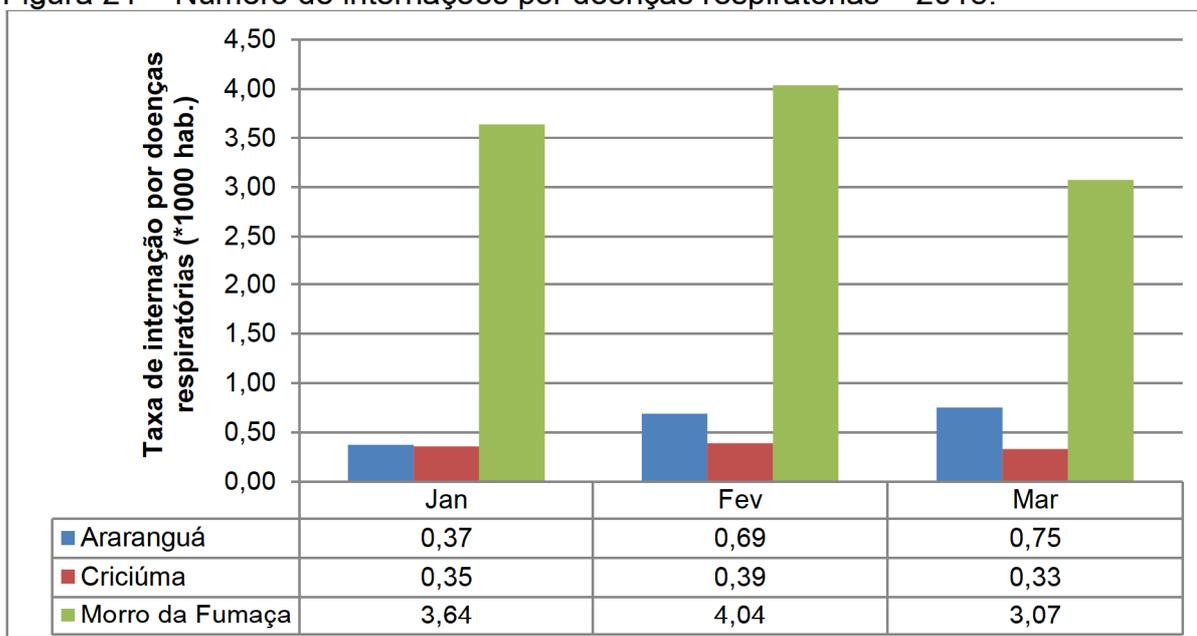
Fonte: DATASUS (2018).

Figura 20 – Número de internações por doenças respiratórias – 2017.



Fonte: DATASUS (2018).

Figura 21 – Número de internações por doenças respiratórias – 2018.



Fonte: DATASUS(2018).

Como se pode observar nos gráficos o município em estudo, Morro da Fumaça, apresentou taxas de internação por doenças do aparelho respiratório significativamente superior em relação aos outros municípios analisados. Em todos os anos e meses analisados a taxa de internação foi maior quando comparado aos outros municípios.

Historicamente o mês de maio, mês qual o monitoramento da qualidade do ar em Morro da Fumaça foi realizado, apresentou taxas de internação entre 6 a 8 pessoas a cada 1000 habitantes, com algum tipo de problema no sistema respiratório. Em relação aos meses dos anos em estudo, maio é um dos meses que apresentam resultados significativos para as internações.

Além destas situações pode-se observar que os meses com temperaturas mais baixas apresentam os maiores índices de internações por doenças do aparelho respiratório para o município de Morro da Fumaça. Destacando-se em todos os anos de estudo os meses de Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro. Alguns fatores podem explicar a ocorrência destes altos índices:

- Nos meses mais frios a dispersão atmosférica é prejudicada pelo fator da inversão térmica, fazendo com que os poluentes se mantenham por mais tempo na camada mais baixa da atmosfera, podendo prejudicar a saúde da população.
- Outro fator a ser considerado é a baixa incidência de precipitações pluviométricas nos meses de inverno, uma vez que a precipitação auxilia na lavagem dos poluentes, tanto na atmosfera quanto nos depositados em objetos.

Estes resultados podem ser indícios de que a qualidade do ar do município de Morro da Fumaça pode estar afetando a população de alguma forma negativa, mas para isto ser comprovado deve ser realizado um monitoramento de forma contínua, analisando assim a qualidade do ar em conjunto com os dados de internações por doenças do aparelho respiratório de mesmo período.

Segundo Paterson e Mihelcic (2012) o material particulado pode penetrar profundamente no trato respiratório causando câncer, arteriosclerose, agravamento de sintomas de asma e aumento de internações hospitalares, e esta última consequência pode ser verificada em Morro da Fumaça, quando em comparação com os municípios de Araranguá e Criciúma.

No Quadro 8 há um comparativo entre internações por doenças do aparelho circulatório e do aparelho respiratório, para diferentes faixas etárias no ano de 2017 para Araranguá, Criciúma e Morro da Fumaça. Em amarelo está grifado as situações mais críticas de internações por doenças do aparelho respiratório.

Quadro 8 – Morbidade hospitalar comparativo entre doenças do aparelho circulatório e do aparelho respiratório para Araranguá, Criciúma e Morro da Fumaça.

Morbidade hospitalar comparativo Araranguá – 2017													
Grupo (anos)	Menor 1	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 e mais	Total
IX. Doenças do aparelho circulatório	-	2	-	2	3	9	12	49	110	152	127	91	557
X. Doenças do aparelho respiratório	54	107	55	13	12	36	33	26	71	122	114	147	790
Morbidade hospitalar comparativo Criciúma – 2017													
Grupo (anos)	Menor 1	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 e mais	Total
IX. Doenças do aparelho circulatório	5	2	4	1	8	35	42	160	490	529	438	235	1949
X. Doenças do aparelho respiratório	217	182	67	23	20	33	43	79	179	284	240	226	1590
Morbidade hospitalar comparativo Morro da Fumaça – 2017													
Grupo (anos)	Menor 1	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 e mais	Total
IX. Doenças do aparelho circulatório	1	-	-	-	1	1	1	23	98	110	133	76	444
X. Doenças do aparelho respiratório	13	55	23	23	43	132	163	263	286	153	87	32	1273

Fonte: DATASUS (2018).

Comparando os resultados relacionados aos totais de internação no ano de 2017, para o sistema respiratório e o sistema circulatório, é possível observar que para Araranguá os valores totais foram bem próximos, 557 e 790 respectivamente, como também para Criciúma, 1949 e 1590 respectivamente. O que não ocorre nos resultados totais do município de Morro da Fumaça, que foram de 444 e 1273, retratando um índice de internação por problemas no sistema respiratório quase três

vezes maior que os índices de internação por problemas no sistema circulatório. Paterson e Mihelcic (2012), afirmam que os principais impactos causados pela poluição atmosférica são na saúde humana, aumentando a taxa de mortalidade por doenças relacionadas, custos com internações e tratamentos de saúde, além de refletir na qualidade de vida e produtividade humana.

No comparativo acima as faixas etárias que podem ser consideradas de atenção para a cidade de Morro da Fumaça foram: 1 a 4, 20 a 29, 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69 e 70 a 79. Para os outros dois municípios foram 1 a 4, 5 a 9, 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69, 70 a 79 e 80 e mais.

Segundo Martins et al. (2002) as faixas etárias mais suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição do ar sobre a saúde da população, são as crianças, adolescentes e idosos. Morro da Fumaça segue esta linha, entretanto o que se observa são outras faixas etárias, 20 a 29, 30 a 39, 40 a 49, e 50 a 59, com altos índices de internação por morbidades hospitalares ligadas ao aparelho respiratório.

As faixas etárias de 20 a 29, 30 a 39, 40 a 49, e 50 a 59 são ligadas comumente as idades que estão aptas para trabalho, e como a principal fonte de renda da população do município de Morro da Fumaça são as atividades ligadas às indústrias de cerâmicas vermelha, isso pode estar expondo essa classe de trabalhadores aos poluentes emitidos por esse tipo de atividade.

Segundo Derisio (2000) outros efeitos negativos, além dos sentidos pelos humanos na saúde, podem ser observados, por exemplo, na estética das cidades, sujando prédios, plantas e tecidos, além da corrosão em estruturas, entre outros.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou de que forma as indústrias de cerâmicas vermelha de Morro do Fumaça – SC, podem estar influenciando na qualidade do ar do município. Para tal análise foi verificado os seguintes pontos: contribuição de poluentes pelas empresas do ramo, avaliação da qualidade do ar por meio da análise de partículas totais em suspensão e comparação de dados da saúde (internações por doenças do aparelho respiratório) do município em estudo com outros da região do extremo sul de Santa Catarina. Diante disto é possível concluir que todos os objetivos propostos neste trabalho foram atendidos.

Com a análise dos relatórios das empresas de cerâmicas vermelhas clientes do laboratório, foi possível verificar que todas atendiam os padrões de lançamento previsto na resolução n. 436/2011 do CONAMA.

Na avaliação da qualidade do ar do município verificou-se que os seis dias de monitoramento apresentaram resultados dentro do estabelecido pelo padrão legal da resolução n. 03/1990 do CONAMA. Importante salientar que tal situação pode ter sido influenciada pela localização do ponto de monitoramento e pela incidência de ventos, que partiram preferencialmente dos quadrantes norte e noroeste, direções quais não há uma concentração elevada de empresas relacionadas ao ramo de produção de cerâmicas vermelhas. Com a direção de ventos partindo do ponto de menor incidência de empreendimentos, os poluentes emitidos pelas empresas durante o monitoramento podem ter sido carregados na direção oposta ao ponto de monitoramento.

Após a finalização do monitoramento foi possível observar diferenças de concentração de Partículas Totais em Suspensão amostradas assim como diferença de coloração nos filtros. Essa diferença pode ser explicada devido à paralisação dos transportes rodoviários nacionais e conseqüentemente de algumas indústrias, em Morro da Fumaça, ocasionando também menor circulação de veículos nas estradas, que contribuem com a emissão de material particulado, além das próprias indústrias que não realizaram a combustão da madeira para a produção das cerâmicas vermelhas.

Diante da comparação entre os dados da Saúde de Morro da Fumaça com Araranguá e Criciúma, observou-se uma taxa de internação mensal por doenças do Aparelho Respiratório em Morro da Fumaça muito superior aos demais municípios

analisados. Além dos dados mensais também se verificou o número de internações por doenças do trato respiratório por faixa etária no ano de 2017, verificando-se que não só a população de faixa etária mais frágil (crianças e idosos) apresentou dados altos de internação, como também as faixas etárias dos jovens e adultos do município de Morro da Fumaça.

Após a análise das emissões das indústrias de cerâmicas vermelhas clientes do laboratório, da qualidade do ar e dos dados da saúde, em conjunto, é possível inferir que mesmo os resultados de emissões atmosféricas de fontes fixas e concentrações da qualidade do ar estejam atendendo os padrões legais, a saúde da população pode estar sendo afetada de alguma forma pela poluição atmosférica. Tal fato é corroborado na comparação entre o número total de internações por doenças do aparelho respiratório (1273) com o número total de internações por doenças do aparelho circulatório (444) do ano de 2017. Ainda, na análise da taxa de internações mensais dos últimos quatro anos para doenças do aparelho respiratório, verificou-se uma diferença significativa de enfermos, sendo sempre mais crítico no município de Morro da Fumaça em relação aos municípios de Araranguá e Criciúma.

Diante de tal fato foi evidenciado que talvez as legislações estejam muito brandas ou até mesmo a fiscalização nas indústrias não esteja ocorrendo de maneira correta. Portanto é necessária a reavaliação dos padrões exigidos nas legislações, podendo torná-los mais rígidos, por parte dos órgãos do governo responsáveis pela criação de leis ambientais.

Como os dados de saúde não foram da mesma época do monitoramento, além de ter ocorrido a paralisação nacional dos transportes rodoviários e os ventos variarem muito de quadrantes, recomenda-se que outros trabalhos avaliem a qualidade do ar de forma contínua e em concomitância com os dados de saúde ligados a doenças que podem ser causadas pela poluição do ar, como também o número de fumantes no município e as residências que utilizam fogão com combustão a lenha. Além disso, sugere-se o monitoramento da qualidade do ar em dois ou mais pontos de monitoramento, garantido uma maior cobertura da área do município, podendo este ser contínuo para garantir dados mais abrangentes.

Para futuros monitoramentos da qualidade do ar sugere-se a análise de outros poluentes, como o Monóxido de Carbono. Como também a influência de outras cidades vizinhas e outros setores industriais na qualidade do ar do município de Morro da Fumaça - SC.

## REFERÊNCIAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9547. **Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume** ABNT, 1997, 14 p.

AST. Assessoria e Segurança do Trabalho LTDA. **Laboratório Ambiental**. 2013 Disponível em: <<http://www.ast.net.br/laboratorioAmbiental>> Acesso em: 04 de abril.2018.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 03 de 28 de Junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 ago.1990.Disponível em <[www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100)> Acesso em: 12 mar. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 382 de 26 de Dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 jan.1997. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520)>. Acesso em: 30 mar.2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 436 de 22 de Dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas antes de 02 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 dez. 2011. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

BRASIL. 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. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

CAMARA, V. F. et al. **Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil**. Cerâmica, [s.l.], v. 61, n. 358, p.213-218, 04 abr. 2015. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00213.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CAMARA, Vicente Francisco. **Panorama das emissões atmosféricas das olarias do sul de Santa Catarina**. 2012. 78 f. TCC (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Poluentes**. Disponível em: <[cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/](http://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/)> Acesso em: 12 abr. 2018

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L9.221**: Dutos e Chaminés de Fontes Estacionários Determinação dos Pontos de amostragem. São Paulo: São Paulo, 1990. 7 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L9.222**: Dutos e Chaminés de Fontes Estacionários Determinação da vazão dos gases. São Paulo: São Paulo, 1992. 6 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L9.223**: Dutos e Chaminés de fontes estacionárias determinação da massa molecular seca e do excesso de ar do fluxo gasoso. São Paulo: São Paulo, 1992. 5 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L9.224**: Dutos e chaminés de fontes estacionários determinação da umidade dos efluentes. São Paulo: São Paulo, 1990. 7 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L9.225**: Determinação de Dióxido de Enxofre, Névoas de Ácido Sulfúrico e Trióxido de Enxofre. São Paulo: São Paulo, 1990. 7 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L9.228**: Dutos e chaminés de fontes estacionárias determinação de dióxido de enxofres e de névoas de ácidos sulfúrico e trióxido de enxofre. São Paulo: São Paulo, 1992. 10 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

GURGACZ, Glaci; NASCIMENTO, Zinara Marcet de A.. **Metodologia do trabalho científico**: com enfoque nas ciências exatas. Joinville, SC: Sociesc, 2007. 132 p.

DATASUS. Departamento de informática do Sistema Único de Saúde. **Dados referentes às morbidades hospitalares em Morro da Fumaça e região**. 2018. Disponível em: <[datasus.saude.gov.br/](http://datasus.saude.gov.br/)>. Acesso em: 30 maio 2018.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2. ed. São Paulo: Signus, 2000. 164 p.

DIAS, Jose Wanderley Coelho. **AGV PTS (Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais Em Suspensão)**: Manual de operação. Rio de Janeiro, Energética, 2016, 123 p.

ECYCLE. **Discretamente perigosas: entenda o que são emissões fugitivas e de onde elas vêm.** 2013. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/coaantent/article/63/3075-discretamente-perigosas-entenda-o-que-sao-emissoes-fugitivas-e-de-onde-elas-vem.html>> Acesso em: 04 de abr. 2018.

GOMES, João Fernando Pereira. **Poluição atmosférica: um manual universitário.** 2. ed. Porto: Polindústria, 2010. 266 p.

GURGACZ, Glaci; NASCIMENTO, Zinara Marcet de A.. **Metodologia do trabalho científico: com enfoque nas ciências exatas.** Joinville, SC: Sociesc, 2007. 132 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática** 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas/>>. Acesso em: 30 mai 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. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 4, n. 3, p.220-229, jan. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v4n3/08.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

MFRURAL. **Morro da Fumaça – Santa Catarina.** Disponível em: [www.mfrural.com.br/mobile/cidade/morro-da-fumaca-sc.aspx](http://www.mfrural.com.br/mobile/cidade/morro-da-fumaca-sc.aspx)> Acesso em: 12 abr. 2018.

MILLER, G. Tyler; SPOOLMAN, Scott E. **Ciência ambiental.** São Paulo, SP: Cengage Learning, 2016. 464 p.

MORRO DA FUMAÇA. **Turismo.** Disponível em: [www.morrodafumaca.sc.gov.br/turismo/](http://www.morrodafumaca.sc.gov.br/turismo/)> Acesso em: 12 abr. 2018

MOUVIER, Gérard; MACHADO, Luciano Vieira. **A poluição atmosférica.** São Paulo: Ed. Ática, 1997. 104 p.

PATERSON, Kurtis G.; MIHELICIC, James R. Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. In: MIHELICIC, James R.; ZIMMERMAN, Julie Beth (Org.). **Engenharia ambiental: fundamentos, sustentabilidade e projeto.** Rio de Janeiro: LTC, 2012, p.462-524.

PAVEI, Paula Tramontin et al (Org.). **Avaliação da exposição da população de Morro da Fumaça (sc) a poluição atmosférica através do uso de bioindicadores.** Criciúma, [2015]. 40 p.

PERCON. **Princípios de funcionamento de um detector de gás.** Disponível em: <http://acessopercon.com.br/percon/sensores-de-gas-principios-e-tecnologias/>> Acesso em: 25 abr. 2018.

PHILIPPI JUNIOR, A.; MALHEIROS, T. F. Controle da Qualidade do ar. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo. (Ed). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005, p.439-484.

ROCHA, Julio Cesar; ROSA, André Henrique; CARDOSO, Arnaldo Alves. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 154 p.

SALCAS. **Analizador de Gases de combustão KANE 940**. Disponível em: <<http://www.salcas.com.br/analizador-de-gases-de-combustao-kane-940-salcas>> Acesso em: 12 abr. 2018.

SANGÃO. **Aspectos Geográficos**. Disponível em: <[www.sangao.sc.gov.br/](http://www.sangao.sc.gov.br/)> Acesso em: 12 abr. 2018

SANTA CATARINA. Lei Nº 14.675, de 13 de Abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. **Diário oficial de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 13 abr. 2009.

SANTA CATARINA. Decreto Nº 14.250, de 5 de Junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental. **Diário oficial de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 5 jun. 1981.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113 de 23 de Abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá outras providências correlatadas. **Casa Civil**, São Paulo, SP, 23abr.2013. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/DECRETO\\_SAO\\_PAULO\\_59113\\_2013.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/DECRETO_SAO_PAULO_59113_2013.pdf)>. Acesso em: 30 mar.2018.

SHREVE, R. Norris; BRINK JR., Joseph A. **Indústrias de processos químicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1997.717 p.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Eestera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**.4ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p.

SOUZA, Natan Felipe. **A qualidade do ar em Morro da Fumaça e seus efeitos sobre a saúde da população**. 2010. 78 f. TCC (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SOUZA, Thiago Augusto Bratti; PAVEI, Paula Tramontim. Avaliação da concentração dos principais poluentes atmosféricos monitorados na região sul do estado de Santa Catarina. **Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 16, n. 1153, p.1-21, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/1191/1153>>. Acesso em: 27abr.2018.

United States Environmental Protection Agency (USEPA) AP 42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Capítulo 11, Seção 3 - **Bricks and Related Clay Products** (1997). Disponível em: <[www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s03.pdf](http://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s03.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2018.

VÁLIO, Vínícios Mori. **Análise do Material Particulado Atmosférico em uma Região de São Carlos - SP**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 438 p.

**APÊNDICE I – MAPA DE LOCALIZAÇÃO PONTO DE MONITORAMENTO**



**APÊNDICE II – MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS CERÂMICAS ESTUDADAS**



## APÊNDICE III – DADOS DA AMOSTRAGEM DOS POLUENTES

Poluente	Data		Hora		Horamêtro		Temperatura °C		Pressão (mmHg)		Condição do tempo
	Inicial	final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
PTS - P01 - 22/05	22/05/18	23/05/18	15:26	15:32	13491,96	13515,86	18,1	17,9	761,3	764,9	BOM
PTS - P01 - 23/05	23/05/18	24/05/18	15:50	15:43	13515,86	13534,70	17,9	18,0	764,9	766,4	BOM
PTS - P01 - 24/05	24/05/18	25/05/18	15:55	15:10	13534,70	13557,93	18,0	19,5	766,4	765,5	BOM
PTS - P01 - 25/05	25/05/18	26/05/18	15:18	15:15	13557,94	13581,99	19,5	22,3	765,5	763,3	BOM
PTS - P01 - 26/05	26/05/18	27/05/18	15:25	15:25	13581,89	13605,91	22,3	24,7	763,3	763,5	BOM
PTS - P01 - 27/05	27/05/18	28/05/18	15:59	15:59	13605,91	13629,90	24,7	25,3	763,5	764,0	BOM

Poluente - DATA	Tempo (Horas)	Deflexão (carta)	Vazão (m³/min)	Volume Amostrado	Peso do filtro		Normalidade Titulante	Massa Coletada (gramas)	Volume Titulante (ml)	Refletância x área	Concentração ug/m³
					Inicial	Final					
PTS - P01 - 22/05	23,90	3,10	1,22	1748,09	2,7619	2,8860	-	0,1241	-	-	70,99
PTS - P01 - 23/05	18,84	2,90	1,21	1363,33	2,7779	2,8900	-	0,1121	-	-	82,23
PTS - P01 - 24/05	23,23	2,95	1,18	1650,79	2,7730	2,8820	-	0,1090	-	-	66,03
PTS - P01 - 25/05	24,05	3,00	1,19	1717,77	2,7744	2,8660	-	0,0916	-	-	53,32
PTS - P01 - 26/05	24,02	2,70	1,15	1657,91	2,7678	2,8300	-	0,0622	-	-	37,52
PTS - P01 - 27/05	23,99	3,00	1,17	1680,94	2,7671	2,8780	-	0,1109	-	-	65,98

**APÊNDICE IV – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS CERÂMICAS E DO PONTO DE MONITORAMENTO**

