



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

YANCA DOS SANTOS DA SILVA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS AGRAVOS DO SISTEMA
RESPIRATÓRIO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS-MA.**

São Luís-MA

2023

YANCA DOS SANTOS DA SILVA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS AGRAVOS DO SISTEMA
RESPIRATÓRIO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS-MA.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador (a): Prof. Dr.^a Zulimar Márta Ribeiro Rodrigues.

Co-orientador (a): Prof. Dr.^o José Aquino.

São Luís-MA

2023

Yanca dos Santos da Silva

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS AGRAVOS DO SISTEMA
RESPIRATÓRIO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS-MA.**

Prof.^a Dr.^a Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues – PPGGEO/UFMA
Orientadora

Prof. Dr^o. Ronaldo Rodrigues Araújo – DEGEO/UFMA.

Membro externo

Prof. Dr^o André Luís Silva dos Santos – PPGGEO/UFMA.

Membro interno

São Luís-MA

2023

Silva, Yanca dos Santos da.

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS AGRAVOS DO SISTEMA
RESPIRATÓRIO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS-MA / Yanca dos
Santos da Silva. - 2023.

113 p.

Coorientador(a): José Aquino.

Orientador(a): Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,
2023.

1. Cidade. 2. Qualidade do ar. 3. São Luís-MA. 4.
Saúde. I. Aquino, José. II. Rodrigues, Zulimar Márita
Ribeiro. III. Título.

DEDICATÓRIA

A Deus, primeiramente, e a toda a minha família, em especial, minha mãe, Ivone Azevedo, minha irmã, Carla Bianca e meu sobrinho, João Miguel.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus por me dar força e sabedoria, para chegar aonde cheguei.

Agadeço à FAPEMA, instituição de fomento de bolsas de pesquisa, pela qual obtive recursos necessários para efetivação e conclusão da pesquisa. Além desta, estendo meus agradecimento ao PPGGEO, que incentivou-me grandemente a continuar o desenvolvimnto da pesquisa mesmo nas circunstâncias adversas que passamos, como o momento pandêmico, período no qual precisamos ficar reclusos em casa, o que de certa forma limita as ações da pesquisa, todavia o PPGGEO, concendeu aos seus mestrandos um imenso apoio e compreensão, portanto gratidão ao corpo docente e a sua coordenação na pessoa do Professor Marcio Celeri.

Ademais, agradeço também à minha família que me apoiou desde o início dessa jornada, vibrando comigo a cada conquista e evolução nos meus estudos, em especial meu primo Igor Campos, o qual depositou em mim sua confiança dispondo-se a investir nos meus estudos. A você, querido primo, meu muitíssimo obrigada.

Agradeço, ainda, e de forma muito especial à minha mãe, Ivone Azevedo dos Santos que com muita dificuldade lutou para me ver crescer na vida profissional, investindo nos meus estudos, não apenas, com recursos financeiros, mas também com tempo para que eu me dedicasse aos estudos. Ela é a mulher que para mim é um grande exemplo, pois tudo o que estivera a seu alcance, ela proporcionou-me, levantando muitas vezes de madrugada para trabalhar como cobradora e não deixar que nada nos faltasse. A você vai o meu agradecimento especial, mulher guerreira que exerce, na minha vida, o papel de mãe-pai.

Não posso deixar de agradecer, ainda, à minha irmã Carla Bianca, que sempre me apoiou e me deu muita motivação para continuar firme na busca pelo conhecimento; esta era pessoa que me aconselhava; e aturava meus estresses e também depositou em mim sua confiança, me ajudando carinhosamente em todos os sentidos, para que eu chegasse à conclusão desta etapa acadêmica, obrigada maninha.

Além disso, ela me presenteou no período do mestrado com um lindo sobrinho, João Miguel, o qual amo imensamente e que me acompanhou nas reuniões e aulas online, ficando ao meu lado até no momento em que estava redigindo a presente dissertação, me ajudando da forma dele, trazendo a mim, ainda mais motivação para não desistir no meio do caminho, pois quando olhava para ele, podia até já está cansada para estudar e cheguei a pensar muitas vezes em desistir, mas ele foi a razão pela qual cheguei até aqui, portanto, por mais que ele esteja na fase inicial de sua vida, já possui uma influência enorme na minha realização pessoal e na profissional.

Quero agradecer, ainda, ao meu padrasto Elinaldo Ribeiro dos Santos que somou muito na minha vida acadêmica.

Ao meu tio Ivaldo Pestana, que tenho como pai e à minha tia Mercês que colaboraram imensamente na minha vida estudantil, desde quando era criança lembro que sempre se dispuseram voluntariamente em investir recursos na minha educação e, muito além de recursos, contribuíram também com muitos conselhos, os quais seguir e por isso conseguir alcançar degraus que nunca pensei que fosse capaz de chegar.

Agradeço grandemente aos meus professores que com muita eficiência e zelo compartilharam seus conhecimentos científicos comigo.

Em especial, gostaria de agradecer a minha orientadora e professora Zulimar Márita, a qual pode-se dizer que é a responsável por despertar em mim o interesse por esta temática, obrigada professora, pelo norte que me deste no momento de escolha do tema da pesquisa, confesso que foi muito desafiador para mim, mas dou graças a Deus, por ter colocado você no meu caminho para me conduzir; também és uma das pessoas responsáveis por me fazer chegar até aqui, pois com seu jeito cauteloso e com sua inteligência extraordinária, conseguiu me impactar a ponto de ser um exemplo de profissional que pretendo seguir. Por isso, agradeço mais uma vez a Deus por colocar ótimos professores no meu caminho.

Agradeço ainda, ao professor José Aquino, que me ajudou imensamente na evolução da elaboração das análises espaciais, e contribui significativamente na minha vida acadêmica e profissional, muitíssimo obrigada, professor.

Agradeço também aos meus colegas de turma, em especial a Juliana, Deysiele, Richard e o Caco, pessoas com as quais compartilhamos nossas lutas e sofrimentos que passamos juntos nesse processo, sempre dando apoio mútuo uns para com os outros. Meus caros colegas, muitíssimo obrigada por tudo, apesar da nossa turma nunca ter se encontrado presencialmente devido às circunstâncias do Covid-19, mas conseguimos construir verdadeiros laços de amizades.

E por fim, agradeço a mim mesma por ter depositado minha confiança em Deus, o qual nunca falhou e nunca falhará, seguindo firme, ciente que de Deus procedem todas as coisas.

“[...] Ebenézer: até aqui nos ajudou o Senhor”.

(1 Samuel 7.12b).

RESUMO

Destacam-se na presente pesquisa, as ocorrências de doenças respiratórias no município de São Luís, relacionando-as à dinâmica urbana e à qualidade do ar. O objetivo principal concentra-se em investigar a distribuição espacial e temporal dos registros de agravos respiratórios. Para tanto, utilizou-se o método hipotético-dedutivo, que perpassa desde a identificação da problemática até análise das informações, levando-nos a obter a inferência apenas por meio dos dados mensuráveis. Os dados secundários das doenças respiratórias foram obtidos através da base de informações da Autorização de Internações Hospitalares (AIH), disponível no endereço eletrônico do Departamento de Informações do Sistema Único de Saúde (DATASUS), no período de 2008 a 2018, com a Classificação Internacional da Doença - CID-10 J00 a J99. Os dados da frota de veículos automotores foram acessados pelo site oficial do IBGE e a informação sobre os parâmetros de qualidade do ar adquiriu-se por meio da Secretaria de Estado de Indústria e Comércio - SEINC. Além disso, aplicou-se as ferramentas de geoprocessamento no software Qgis, versão 3.16, para realizar a espacialização dos dados, com a técnica da densidade de Kernel, tendo por finalidade representar os mapas temáticos. Após a conclusão das etapas de análise espacial, notou-se que na cidade de São Luís têm-se duas áreas que apresentam condições intensamente desfavoráveis à saúde: a primeira encontra-se localizada no setor industrial da cidade denominado de DISAL e a segunda, situa-se em torno do centro da cidade. Realizou-se ainda, as análises estatísticas ao efetuar a correlação entre as doenças respiratórias e os possíveis fatores de adoecimento; para esta etapa, foi escolhida a técnica estatística da regressão linear, constatando-se que os fatores naturais, isto é, as variáveis climáticas possuem relação significativa com o adoecimento das doenças das vias aéreas. Além disso, identificou-se que grande parte do quantitativo total das fontes de poluição móveis explica a variação do adoecimento do trato respiratório. Diante do exposto, é possível afirmar que as duas principais vias que podemos trilhar para alcançar êxito na luta por melhores condições da qualidade do ar, diz respeito ao monitoramento e à conscientização, haja vista que as demais ações provêm destas, já que uma alerta e indica os pontos críticos da cidade e a outra, promove uma transformação de mentalidade, que culmina nas mudanças de atitudes diárias, visando obter melhores condições ambientais para a manutenção da qualidade de vida populacional.

Palavras-chave: Cidade. Qualidade do ar. Saúde. São Luís-MA.

ABSTRACT

The occurrences of respiratory diseases stand out in this research, as they are directly related to urban dynamics and the products generated therefrom, such as the lack of air quality. The general objective focuses on investigating the spatial and temporal distribution of records of respiratory problems in the city of São Luís-MA. The hypothetical-deductive method was used, which goes from identifying the problem to analyzing the information, leading us to obtain inference only through measurable data. Secondary data on respiratory diseases were obtained from the Hospital Admissions Authorization (AIH) information base, available at the electronic address of the Unified Health System Information Department (DATASUS), from 2008 to 2018, with the International Classification of Disease - ICD-10 J00 to J99. Data on the motor vehicle fleet were accessed through the official IBGE website and information on air quality parameters through the State Secretariat for Industry and Commerce - SEINC. Furthermore, geoprocessing tools were applied in the Qgis software, version 3.16, to perform data spatialization, using the Kernel density technique, with the purpose of representing thematic maps. After completing the spatial analysis stages, it was noted that in the city of São Luís there are two areas that present conditions that are intensely unfavorable to health: the first is located in the industrial sector of the city called DISAL and the second is located up around the city center. Also carrying out statistical analyzes when correlating respiratory diseases and possible factors for illness. For this stage, the statistical technique of linear regression was chosen, noting that natural factors, that is, climatic variables, have a significant relationship with the occurrence of airway diseases. Furthermore, it was identified that a large part of the total number of mobile pollution sources explains the variation in respiratory tract illness. In view of this, it is possible to state that the two main paths that we can take to achieve success in the fight for better air quality conditions concern monitoring and awareness, given that the other actions come from these, as an alert and indicates the critical points of the city and the other, promotes a transformation of mentality, which culminates in changes in daily attitudes, aiming to obtain better environmental conditions to maintain the population's quality of life.

Keywords: City. Air quality. Health. St. Louis-Ma.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Etapas delineadas no método hipotético-dedutivo..... | 23 |
| Figura 2. Localização da área de estudo, Município de São Luís..... | 24 |
| Figura 3. Hipótese estabelecida na pesquisa..... | 25 |
| Figura 4. Processo sistemático de execução da pesquisa..... | 26 |
| Figura 5. Classificação da correlação linear de Pearson por meio do diagrama adotado por Santos (2007)..... | 33 |
| Figura 6. Estimação da Densidade de Kernel e seu raio de influência..... | 35 |
| Figura 7. Divisão estrutural do sistema respiratório..... | 40 |
| Figura 8. Fatores que incidem sobre a ocorrência das doenças respiratórias..... | 41 |
| Figura 9. Tipos de poluição atmosférica nas cidades..... | 47 |
| Figura 10. Cronologia das Conferências Nacionais de Saúde..... | 51 |
| Figura 11. A relação entre o tamanho das partículas poluidoras do ar e seus respectivos impactos no sistema respiratório..... | 57 |
| Figura 12. Localização da área do Distrito Industrial..... | 68 |
| Figura 13. DISAL e as principais avenidas de fluxos de cargas e passageiros..... | 69 |
| Figura 14. Estações de monitoramento da qualidade do ar no DISAL..... | 72 |
| Figura 15. Análise espacial dos casos de internação por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 a 2010..... | 88 |
| Figura 16. Espacialização de óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2008 a 2010..... | 89 |
| Figura 17. Distribuição dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2011 a 2013..... | 90 |
| Figura 18. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2011 a 2013..... | 91 |
| Figura 19. Distribuição dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2014 a 2016..... | 92 |
| Figura 20. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2014 a 2016..... | 93 |
| Figura 21. Distribuição dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2017 e 2018..... | 94 |

| | |
|--|----|
| Figura 22. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2017 e 2018..... | 95 |
| Figura 23. Comparação entre os casos de internação por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 e 2018..... | 96 |
| Figura 24. Distribuição dos casos de doenças respiratórias em 2008, nas mediações do DISAL e nas principais vias..... | 97 |
| Figura 25. Formação do “corredor de evolução” dos casos de doenças respiratórias em 2016, nas mediações do DISAL e ao longo da BR-135..... | 97 |
| Figura 26. Presença do “corredor de evolução” dos casos de doenças respiratórias em 2018, nas mediações do DISAL e ao longo da BR-135..... | 98 |
| Figura 27. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2008 a 2018..... | 99 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1. Interpretação do coeficiente de correlação de Pearson..... | 32 |
| Tabela 2. Cronologia dos problemas ambientais e Conferências Mundiais sobre o meio ambiente..... | 50 |
| Tabela 3. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90..... | 54 |
| Tabela 4. Padrões de qualidade do ar sugeridos pela OMS (2006) | 55 |
| Tabela 5. Ranking dos cinco municípios maranhenses que apresentam elevado crescimento no quantitativo apenas de automóveis, entre 2008 a 2018..... | 60 |
| Tabela 6. Ranking dos cinco municípios maranhenses que apresentam elevado crescimento no quantitativo de motocicleta, entre 2008 a 2018..... | 60 |
| Tabela 7. Ranking dos cinco municípios maranhenses que apresentam elevado crescimento no quantitativo de ônibus, entre 2008 a 2018..... | 61 |
| Tabela 8. Ranking dos cinco municípios maranhenses que apresentam elevado crescimento no quantitativo de caminhão, entre 2008 a 2018..... | 61 |
| Tabela 9. Indústrias presentes na área do DISAL..... | 71 |
| Tabela 10. Classificação dos diferentes níveis de concentração de poluentes na atmosfera..... | 73 |
| Tabela 11. Respectivas taxas de emissão de poluentes, conforme as diversas fontes..... | 73 |
| Tabela 12. Principais Avenidas e as taxa de emissões..... | 110 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Crescimento no quantitativo total de veículos automotores na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 62 |
| Gráfico 2. Crescimento no quantitativo total de automóveis na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 63 |
| Gráfico 3. Crescimento no quantitativo total de motocicleta na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 63 |
| Gráfico 4. Crescimento no quantitativo total de ônibus na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 64 |
| Gráfico 5. Crescimento no quantitativo total de caminhão na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 64 |
| Gráfico 6. Diferentes fontes de poluentes atmosféricos e seus respectivos percentuais de emissão no DISAL no ano de 2017 | 75 |
| Gráfico 7. Óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís, no período de 1996 a 2018..... | 77 |
| Gráfico 8. Registro anual de internações por doenças respiratórias em São Luís-MA..... | 79 |
| Gráfico 9. Média mensal de internações por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 a 2018..... | 80 |
| Gráfico 10. Incidência de internação por doenças respiratórias em crianças e idosos..... | 81 |
| Gráfico 11. Óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís, no período de 2008 a 2018..... | 81 |
| Gráfico 12. Média mensal de óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 a 2018..... | 82 |
| Gráfico 13. Regressão entre a precipitação pluviométrica e os casos de internação por Doenças Respiratórias na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 83 |
| Gráfico 14. Regressão entre a temperatura média mensal e os casos de internação por Doenças Respiratórias na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 84 |
| Gráfico 15. Regressão entre a umidade relativa e os casos de internação por Doenças Respiratórias na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018..... | 85 |

Gráfico 16. Regressão entre o total de frota de veículos e os casos de internação por Doenças Respiratórias na cidade de São Luís-MA, entre 2008 a 2018.....86

Gráfico 17. Taxa de letalidade das doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2008 a 2018.....87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIH – Autorização de Internação Hospitalar

ALES – Assembleia Legislativa do Espírito Santo

ALUMAR – Consórcio Alumínio do Maranhão S/A

AE – Aborto Espontâneo

CCJ – Comissão de Constituição e Justiça

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce (Atual Vale S/A)

CID – Classificação Internacional de doença

CNS – Cartão Nacional de Saúde

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

DETRAN-MA – Departamento Estadual de Trânsito do Maranhão

DISAL – Distrito Industrial de São Luís

EMAP – Empresa Maranhense de Administração Portuária

FIRS – Fórum Internacional de Sociedades Respiratórias

GEE – Gases de Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IIMR – Instrumentos de Identificação de Municípios de Risco

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IQAR – Índice de Qualidade do Ar

IRA – Insuficiência Respiratória Aguda

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

MS – Ministério da Saúde

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNUE – Política Nacional de Urgência e Emergência

PRONAR – Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar

RN – Recém-Nascido

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais

SEINC – Secretaria Estadual de Indústria, Comércio e Energia do Maranhão

SEPLAN – Secretaria Estadual de Planejamento e Orçamento

SEMFAZ – Secretaria Municipal da Fazenda

SES – Secretaria Estadual da Saúde

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SUS – Sistema Único de Saúde

UPA – Unidade de Pronto Atendimento

VIGIAR – Vigilância em Saúde de População Exposta à Poluição Atmosférica

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 18 |
| 1.1 OBJETIVOS | 21 |
| 1.1.1 Geral | 21 |
| 1.1.2 Específicos | 21 |
| 2. MÉTODO APLICADO..... | 21 |
| 2.1 Procedimentos Metodológicos | 23 |
| 2.2 Análise Estatística Aplicada | 28 |
| 2.3 Técnica de Geoprocessamento Aplicada..... | 34 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 36 |
| 4. CORRELAÇÕES ENTRE SAÚDE E AMBIENTE URBANO..... | 44 |
| 4.1 Trajetória histórica das legislações ambientais e qualidade do ar. | 48 |
| 4.2 Inspeção sobre a qualidade do ar e as possíveis fontes poluidoras. | 56 |
| 4.2.1 Fontes Móveis | 58 |
| 4.2.2 Fontes Fixas | 67 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 77 |
| 5.1 Análise Espacial dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA..... | 88 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 101 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 104 |
| ANEXO 1: Evolução da legislação ambiental brasileira por períodos (1930- 2015). | 108 |
| ANEXO 2: Dados das principais vias do DISAL e suas respectivas taxas de emissões atmosféricas..... | 110 |

1. INTRODUÇÃO

No contexto histórico a ação antrópica sobre o ambiente passou a ser nitidamente perceptível e cada vez mais predatória. No anseio por constante evolução, a humanidade se dedicou expressivamente em transformar o espaço habitado, deixando de ver os elementos que compõem a natureza como seus meros integrantes, mas ressignificando-os como “recursos naturais”, subjugando-os aos seus próprios interesses sociais e econômicos.

Dessa forma, temos de um lado as condições naturais que modelam o ambiente para fins de manutenção da vida na Terra e do outro, as ações antrópicas para se adaptarem a este meio; no entanto, essas duas ações encontram-se em desequilíbrio, ou seja, fragilizadas. Como resultado desse desequilíbrio, destacam-se os impactos na qualidade do ambiente, que por sua vez implicará as mais diversas áreas do setor social, principalmente, a que diz respeito à saúde.

Conforme abordam Souza e Sant’Anna Neto (2008), este processo resulta em expressivas mudanças no meio físico e, conseqüentemente, implicará alterações na sua qualidade de vida, uma vez que esta encontra-se associada às condições ambientais. Barros (2006, p. 303), afirma que “[...] a destruição da natureza ultrapassa a esfera ambiental e atinge todos os setores: saúde, economia, defesa, justiça, educação e outros”; ou seja, os efeitos são diversos.

O autor supramencionado segue indagando se “[...] é viável o desenvolvimento sustentável, que permita o progresso econômico e ao mesmo tempo, preserve o meio ambiente? [...]” (Barros, 2006, p. 304), questiona ainda, se a relação do homem com o ambiente não pode proceder como uma adequação e não uma invasão, visto que, esta última gera alterações no ambiente natural, sem que haja mensuração dos possíveis impactos que podem causar, o que resulta em drásticas conseqüências ambiental e social.

Neste cenário, pode-se apontar a poluição do ar, conforme pontuam Braga et al. (2001):

[...] No último século tem-se assistido ao apogeu da intervenção do homem sobre o planeta, com o surgimento dos motores a combustão, com a queima de combustíveis fósseis, com o surgimento das

indústrias siderúrgicas e de produtos químicos. Esses processos não foram acompanhados de análises que pudessem avaliar seu impacto sobre o meio ambiente, a toxicidade dos resíduos produzidos ou prováveis danos à saúde. [...]. (Braga, et al. 2001. p. 59).

Dessa forma, tem-se expressivamente o reflexo da ação humana causando danos ao ambiente e à sua própria saúde. Hipócrates, na Grécia Clássica, atribuiu as ocorrências das moléstias às causas naturais, buscando explicações sobre a origem das doenças que assolavam a sociedade, correlacionando, assim, suas causas ao desequilíbrio dos elementos da natureza, isto é, terra, água, fogo e ar. Além das causas naturais, ao longo da história das Ciências da Saúde, os condicionantes sociais e econômicos também passaram a ser observados como fatores que contribuem para o desenvolvimento de certas patologias.

De uma forma geral, a intrínseca relação do ambiente e a saúde passou a ser analisada em diversas escalas para explicar o adoecimento da população. Na escala urbana, por exemplo, a qualidade do ar está diretamente relacionada ao adoecimento por doenças respiratórias. Haja vista que no setor urbano existem diversas fontes de poluentes que podem comprometer a saúde da população citadina.

Na capital do Maranhão, São Luís, destacam-se duas possíveis fontes poluidoras, móveis e fixas; a primeira diz respeito às frotas de veículos que circulam pela cidade e a segunda, às indústrias que se concentram, na sua maioria, em determinada área do município. Presume-se que esses dois fatores contribuam significativamente para com o cenário da poluição atmosférica, conseqüentemente, incidindo sobre a saúde dos ludovicenses.

A qualidade do ar já é objeto de preocupação de órgãos estaduais e pesquisas acadêmicas, como pode ser observado no relatório emitido pela Secretaria de Estado de Indústria e Comércio (SEINC, 2017), abordando a descrição dos poluentes e suas respectivas fontes na área do DISAL (Distrito Industrial de São Luís).

Além deste, aponta-se a pesquisa desenvolvida na comunidade da Vila Maranhão, situada na área do DISAL, sendo constatado que há possíveis relações entre as situações de morbimortalidade com os poluentes atmosféricos e que apesar dos níveis de poluentes atmosféricos se encontrarem de acordo com os delimitados pela legislação, ainda assim,

configuram-se como preocupantes, uma vez que continuam afetando a saúde da população adjacente, a qual pode vir a desenvolver problemas tanto respiratórios quanto cardiovasculares (VIANA, 2015).

A partir da constatação da problemática, destacada por diferentes abordagens, pontuou-se alguns questionamentos que se buscou responder na presente pesquisa: as doenças respiratórias em São Luís apresentam-se de forma sazonal? Existe um padrão de distribuição espacial de ocorrência? Qual ou quais fatores podem estar associados aos casos de adoecimento por doenças respiratórias?

Destarte, intentou-se efetuar a análise das ocorrências de doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA, partindo do pressuposto que estas têm multifatores, mas, encontram-se diretamente relacionadas à qualidade do ar. Para tanto, ampliou-se a lente de análise, buscando identificar, os possíveis fatores de adoecimento. Visando obter êxitos na investigação proposta, percorreram-se os caminhos da Geografia da Saúde, a fim de fundamentar as análises e discussão da temática sob a perspectiva ambiental (Rodrigues, 2014).

A realização da pesquisa justificou-se pela necessidade que se tem em compreender quais os principais condicionantes favoráveis à ocorrência de doenças respiratórias em São Luís-MA, na perspectiva da análise geográfica.

Além disso, a pesquisa busca corroborar com os estudos já realizados por outros autores sobre o tema; contudo, o enfoque do trabalho é estudar como tal problemática desenvolve-se na capital do estado do Maranhão.

Outro fator preponderante que impulsionou o desenvolvimento da pesquisa concentra-se na gravidade da doença, visto que a Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta as doenças respiratórias como um dos maiores problemas de saúde mundial. Somando-se ainda, ao caráter pioneiro na análise espaço-temporal, para a identificação do padrão espacial dos agravos respiratórias no Município de São Luís-MA.

Dessa maneira, estruturou-se a pesquisa da seguinte forma: primeiramente apresentando o método de análise aplicado, trazendo, em seguida, uma abordagem teórico-conceitual dos principais termos abordados pela questão em foco; tecendo a discussão sobre a relação saúde e ambiente, bem como a fundamentação teórica da correlação entre o setor urbano e as

possíveis fontes de poluição que contribuem ao adoecimento por doenças respiratórias; discorrendo no item subsequente, os resultados e discussões obtidos na pesquisa e expondo, por fim, as inferências oriundas dos resultados expostos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Analisar a distribuição espaço-temporal dos casos de adoecimento e óbitos por doenças respiratórias em São Luís-MA, no período de 2008 a 2018.

1.1.2 Específicos

- Identificar a faixa etária dos pacientes acometidos por doenças respiratórias;
- Investigar os possíveis fatores que interferem no adoecimento e óbito por doenças respiratórias;
- Mapear a distribuição espacial intraurbana por doenças respiratórias.

2. MÉTODO APLICADO

Entende-se que a pesquisa científica é um estudo objetivo que consiste em buscar respostas e explicações sobre determinados cenários adversos à sociedade. Esta investigação encontra-se “baseada na realidade de fatos e fenômenos capaz de analisar, descobrir, concluir, criar e resolver novos e antigos problemas. [...]”. (FACHIN, 2003, apud, DALFOVO; LANA; SILVEIRA, 2008, p. 02).

Para isso, faz-se necessário seguir determinados procedimentos sistêmicos, visto que estes são essenciais no desenvolvimento da pesquisa (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 83), uma vez que regem a sua execução, isto é, apresentam o caminho que será percorrido até alcançarem-se os objetivos propostos, além disso, a confiabilidade do conhecimento produzido confina-se aos métodos utilizados, pautados no raciocínio lógico.

Entretanto, os autores supramencionados, destacam ainda que na realização da pesquisa “[...] não se buscam mais as causas absolutas ou a

natureza íntima das coisas; ao contrário, *procura-se compreender as relações entre elas*, assim como a explicação dos acontecimentos, através da observação científica aliada ao raciocínio” (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 84, grifo nosso).

Com base nessa visão, discute-se o problema das doenças respiratórias na cidade de São Luís, seguindo os parâmetros proposto pelo método hipotético-dedutivo. De acordo com Suertegaray (2005), o método escolhido pelo pesquisador corresponde a sua forma de compreender e interpretar o mundo. Sobre o referido método, a autora afirma que: “[...] Neste processo, [...] as teorias são possíveis de ser validadas sem o recurso da experiência. Não obstante, ao lidar com os fatos, assume a perspectiva nomotética (comparação e inferência a partir dos dados)” (SUERTEGARAY, 2005. p. 20).

Importa-se frisar o entendimento que se tem sobre a diferenciação entre método e procedimentos metodológicos; compreendendo o primeiro como a lente pela qual deciframos o mundo, bem como as problemáticas nele encontradas, com isso, o conhecimento gerado pelo pesquisador constitui-se fortemente influenciado por suas experiências de vida; enquanto os procedimentos metodológicos dizem respeito à execução da pesquisa, isto é, às etapas que são estabelecidas para o exercício da análise.

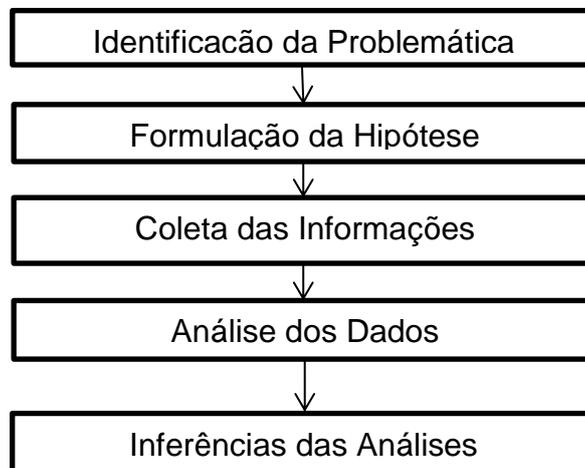
Com base nessa premissa, o método destacado no presente estudo aborda a ideia que, a resposta que se busca, encontra-se no próprio objeto de pesquisa, sendo mensuráveis suas inferências, visto que “[...] propõe a linguagem objetiva na produção do conhecimento, dando ênfase à matemática e à lógica formal na construção científica. [...]” (SUERTEGARAY, 2005. p. 21).

Dessa maneira, acredita-se que a compreensão das ocorrências das doenças respiratórias será obtida por meio da observação da sua distribuição espacial, dos possíveis fatores que contribuem; bem como a partir das análises estatísticas de correlação entre os possíveis fatores que influenciam a ocorrência de doenças respiratórias.

Para tanto, realizou-se a análise dos fatores de risco sobre as doenças respiratórias na cidade de São Luís por meio do método hipotético-dedutivo, este, por sua vez, perpassa desde a identificação da problemática até a análise das informações e nos leva a obter a inferência apenas por meio dos dados

mensuráveis. Em suma, apresentam-se na (Figura 1) as etapas evolutivas em que consiste o referido método.

Figura 1. Etapas delineadas no método hipotético-dedutivo



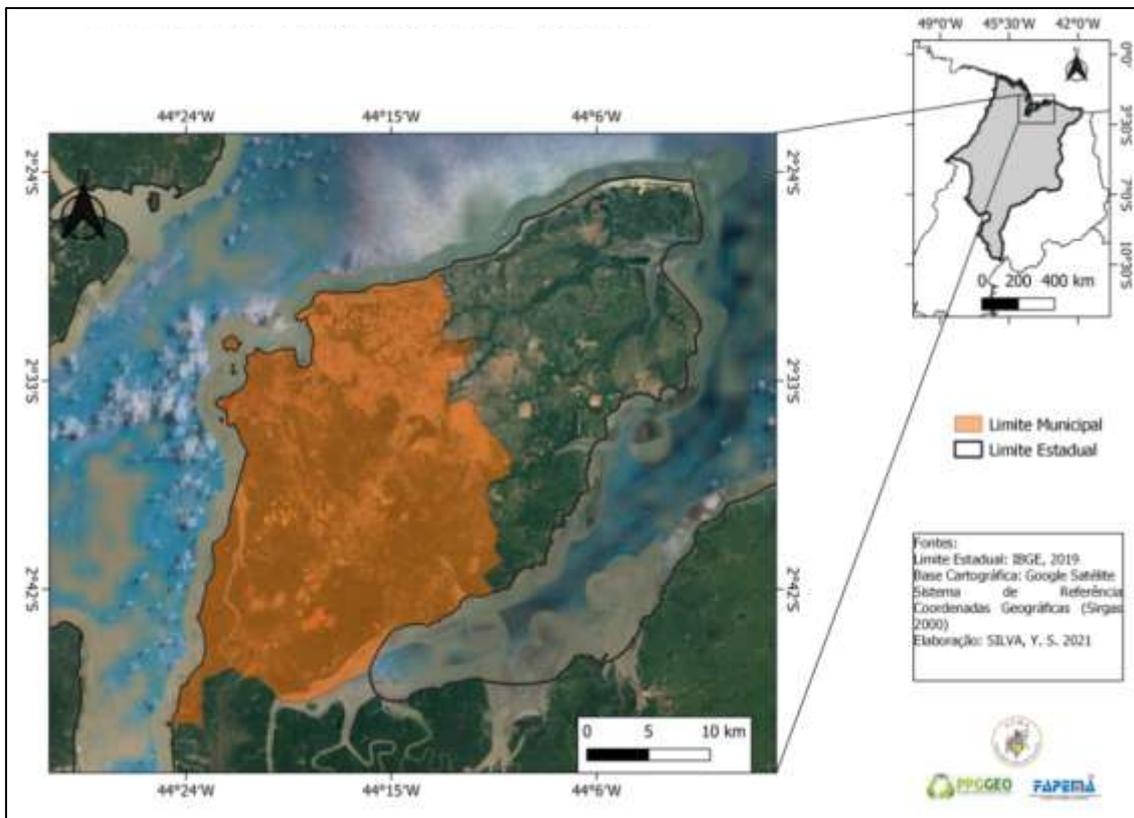
Fonte: SUERTEGARAY, 2005

2.1 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa analisou as ocorrências das doenças respiratórias no município de São Luís – Ma (Figura 2). É importante relatar que a cidade de São Luís situa-se no Golfão maranhense; posição geográfica estratégica que favoreceu aos interesses portugueses, franceses e holandeses durante o processo de fundação e crescimento, sendo a porta para o início do processo de ocupação das terras maranhenses.

Outro aspecto importante, diz respeito a sua característica climática, pois ocupa a região dos trópicos, apresentando dois períodos climáticos distintos durante o ano: o primeiro semestre é marcado por intensos níveis pluviométricos e o segundo, caracterizado pela escassez de precipitação, ou seja, têm-se um período chuvoso e outro seco no decorrer do ano, circunstância que, aliada a outros fatores, consideravelmente antrópicos, oriundos do crescimento urbano, pode favorecer a incidência de determinados agravos, uma vez que se entende que as condições climáticas podem influenciar direta ou indiretamente a saúde (MENDONÇA 2005, p. 100; 112).

Figura 2. Localização da área de estudo, município de São Luís-MA.



Fonte: IBGE, 2021

No presente recorte espacial, analisamos as correlações possíveis entre os casos de doenças respiratórias e os de adoecimento, dentre eles, englobam-se tanto os fatores naturais da cidade, as variáveis climáticas, quanto os fatores antrópicos, por exemplo, as possíveis fontes fixas e móveis de poluição do ar.

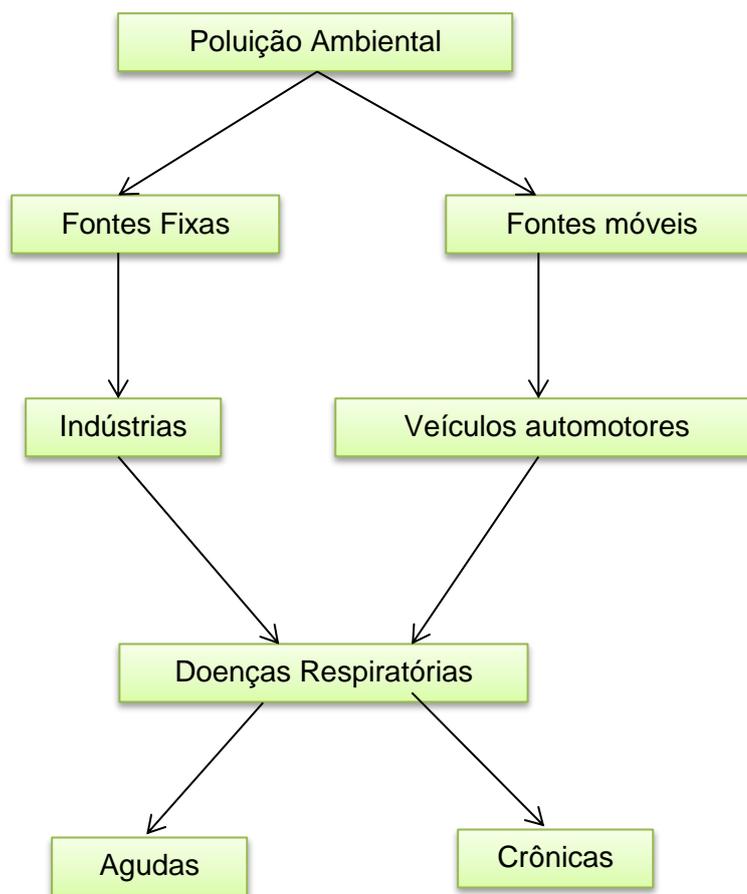
Quanto aos fatores de poluição móveis, destacam-se os veículos automotores como sendo os principais meios de poluição do ar nas áreas urbanizadas (Guerra e Cunha, 2001); os referidos autores entendem que os veículos automotores são os principais fatores responsáveis de emissão de monóxido de carbono e hidrocarboneto, gerando impactos significativos na saúde da população.

Destes impactos, pode-se pontuar tonturas e vertigens, causados pelo monóxido de carbono, além de alterações no sistema nervoso central, podendo ser fatal em elevados níveis nos ambientes fechados, enquanto o

hidrocarboneto, pode afetar o aumento dos casos de câncer no pulmão, sendo ainda responsável por provocar irritação nos olhos, nariz, pele e aparelho respiratório. Ou seja, provavelmente um dos principais impactos do aumento da frota de veículo automotores pode se concentrar sobre a saúde, mais especificamente para problemas no aparelho respiratório.

Dessa maneira, investigou-se, com base no método hipotético-dedutivo, as possíveis causas para o adoecimento e óbitos de agravos do sistema respiratório no município de São Luís-MA, tendo como hipótese que a ocorrência das doenças respiratórias é multifatorial, podendo ser considerada como um bioindicativo do elevado nível de poluição atmosférica; o qual compromete a qualidade do ar, presumindo, assim, que há expressivas concentrações de poluentes e materiais particulados na atmosfera que são nocivos à saúde. Sendo tal hipótese detalhada na (Figura 3).

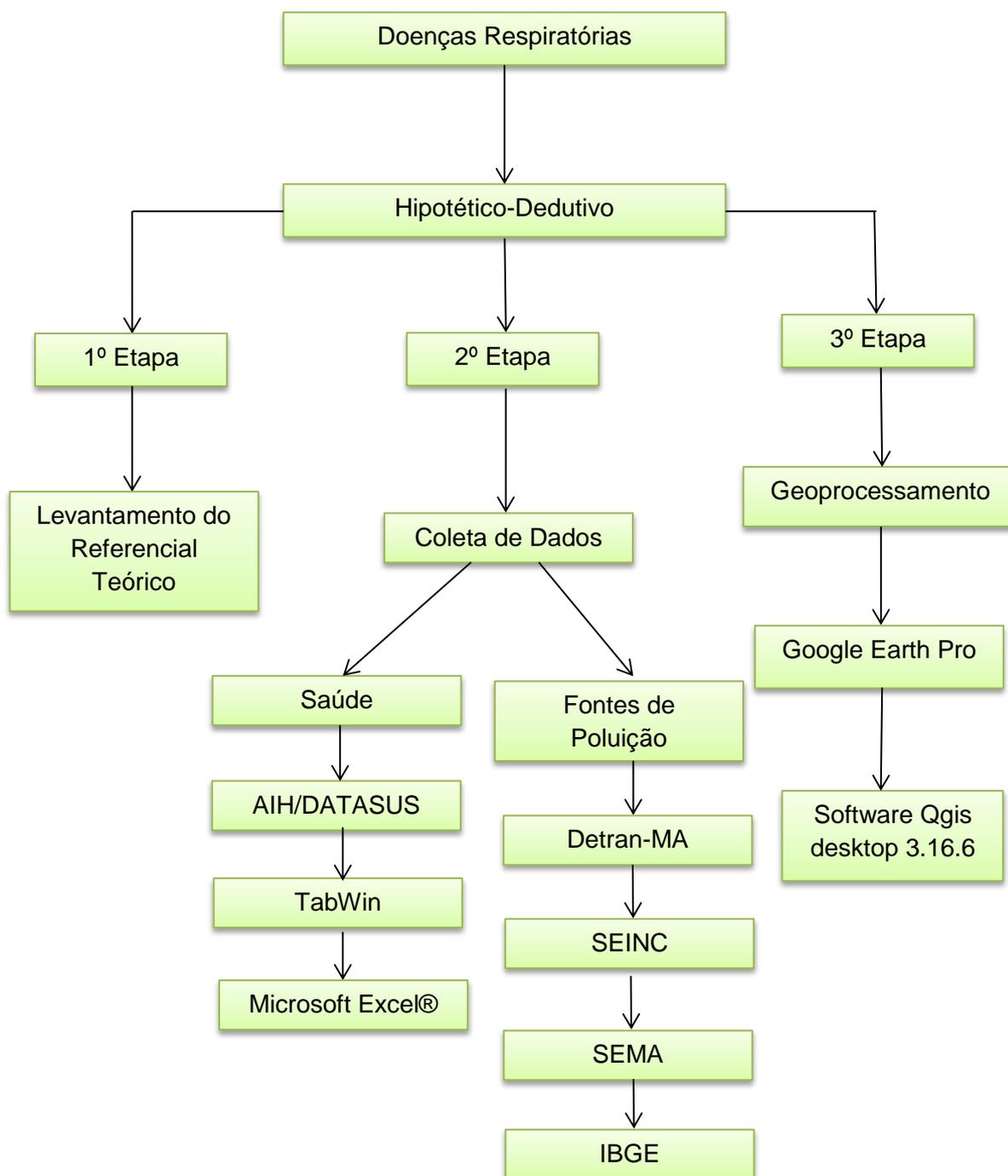
Figura 3. Hipótese estabelecida na pesquisa



Elaboração: SILVA, Y. S., 2021

Sob tal perspectiva, pautaram-se a investigação e os procedimentos de coleta de dados para se efetuar a inferência sobre a problemática em destaque. Para tanto, a realização desta pesquisa foi organizada em três etapas, conforme a (Figura 4). A primeira consistiu no levantamento bibliográfico; a segunda deu-se por meio da coleta de dados e na terceira efetuaram-se a análise e espacialização destes.

Figura 4. Processo sistemático de execução da pesquisa.



Elaboração: SILVA, Y. S., 2021.

Na primeira etapa, realizou-se a seleção dos artigos, teses, dissertações que versam sobre a temática. Por sua vez, na segunda etapa, concentrou-se na aquisição dos dados de doenças respiratórias através da base de informações da Autorização de Internações Hospitalares (AIH), disponível no endereço eletrônico do Departamento de Informações do Sistema Único de Saúde (DATASUS).

Por meio deste, adquiriram-se as informações do quantitativo de internações por doenças respiratórias na cidade de São Luís, onde foi selecionado o agravo através do código da décima revisão da Classificação Internacional da Doença - CID-10 J00 a J99; compreendendo o período de 2008 a 2018; efetuando a conversão dos dados por meio do software TabWin (disponibilizado para download na plataforma do DATASUS) a fim de se realizarem o processo de tabulação e suas análises, no Microsoft Excel®.

Em seguida foi concretizado o procedimento de elaboração de tabelas, executando a ferramenta filtragem dos dados, onde foram selecionadas as seguintes variáveis: CEP; MUNIC_RES, que dizem respeito ao município de residência do paciente que, neste caso, destaca-se a cidade de São Luís; DIAG_PRINC, compreendendo a identificação do agravo; ÓBITOS e CID_MORTE, indicando o agravo que ocasionou o óbito. Assim, as inferências levantadas foram oriundas do processo de análises dessas variáveis.

A terceira etapa da pesquisa concentrou-se na elaboração de mapas por meio das ferramentas de geoprocessamento do software Qgis desktop 3.16.6; executando-se a técnica de estimativa de densidade de Kernel, para fins de identificação das áreas de concentração de casos, etapa que foi de suma importância para inferência e prosseguimento nas correlações entre o adoecimento de doenças respiratórias e os possíveis fatores de influência. Por fim, realizou-se análise estatística de correlação entre estes.

Os dados referentes às frotas de veículos por ano foram obtidos por meio do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no período de 2008 a 2018, contendo as análises estatísticas realizadas pelo DETRAN-MA.

Os dados referentes ao setor industrial e, de certa forma, aos níveis de poluentes emitidos por diferentes fontes antrópicas, foram coletados na

Secretaria de Estado de Indústria e Comércio (SEINC), por meio do Relatório de dimensionamento da qualidade do ar no Distrito Industrial (DISAL), publicado em 2017, com a finalidade de ser instalada, no DISAL, as estações de monitoramento da qualidade do ar.

Quanto aos dados meteorológicos (pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar), foram oriundos da PCD meteorológica (Plataforma de Coleta de Dados) instalada na cidade de São Luís – MA, localizada na latitude: 2° 35' S e longitude: 44° 12' W com 62 m, ID 32003, zelada e controlada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), contemplando o mesmo período de análise dos dados de doenças respiratórias.

2.2 Análise Estatística Aplicada

Para realizar análise estatística sobre determinado estudo, faz-se necessário, primeiramente, estabelecer uma hipótese, a qual será submetida às inferências estatísticas, que terá sua veracidade atestada ou negada ao final da análise.

Diante disso, define-se hipótese estatística como sendo a “[...] afirmação sobre o valor de um parâmetro de determinada população, [...] qualquer medida numérica calculada a partir de todos os indivíduos de uma população” (HIRAKATA, et al. 2019, p.182); ou seja são inferências pré-estabelecidas a partir de um valor mensurável, previamente calculado, que será submetido a procedimentos estatísticos para verificação da sua veracidade, isto é, para sua validação ou não, uma vez que uma hipótese, ao final dos procedimentos estatísticos, pode ser rejeitada ou aceita.

Essa verificação que a hipótese é submetida estatisticamente é estabelecida pelo teste de hipótese. De acordo com Hirakata (2019), o teste de hipótese é o meio pelo qual podemos verificar a veracidade da afirmação apresentada, sendo esta associada a um risco máximo de erro, “[...] por definição, um teste de hipótese é uma regra de decisão para aceitar ou rejeitar uma hipótese, com base nas informações fornecidas pelos dados coletados em uma amostra e, por isso, envolve um risco de afirmar algo errado” (HIRAKATA, et al. 2019, p.182).

Dessa forma, entende-se que ao levantarmos uma hipótese baseada em dados previamente coletados e mensurados, estamos sujeitos a um determinado risco, isto é rejeitar a hipótese quando ela for verdadeira, ou aceitá-la quando for falsa. Por conta disso, “[...] cada teste de hipótese inclui exatamente duas hipóteses sobre a população em estudo (nem mais, nem menos) [...]” (HIRAKATA, et al. 2019, p.182).

Vale atentarmos que os autores enfatizam bem quanto à quantidade de hipótese, a fim de deixar esclarecida a rigorosa quantidade de hipóteses que estabelecemos no estudo. Dessa maneira, identificamos a primeira como hipótese nula (H_0); segundo os autores, esta é defendida como verdadeira até que, estatisticamente, seja comprovado o contrário.

A segunda identifica-se como hipótese alternativa (H_1), esta representa “[...] uma afirmação de que o parâmetro de interesse difere daquele definido na hipótese nula, de modo que as duas hipóteses sejam complementares [...]” (HIRAKATA, et al. 2019, p.182).

Nesse caso, fazendo uma analogia com as estruturas lógicas estudadas em Raciocínio Lógico, podemos dizer que a hipótese alternativa configura-se em ser a negação da hipótese nula, isto é, se em um determinado estudo H_0 afirma que há diferença entre determinados parâmetros, H_1 , por sua vez, defenderá que não há essa diferença, submetendo, assim, a hipótese nula aos procedimentos estatísticos para verificar sua veracidade.

Destarte, os autores traçam um passo a passo que norteou a análise estatística do presente estudo. Este consiste em duas etapas principais, contendo subdivisões definidas por fases do procedimento; a primeira etapa concentra-se no planejamento do estudo, no qual serão definidos o objetivo e o seu desfecho, sendo de suma importância essa primeira parte, pois o objetivo, segundo os autores, norteará o delineamento do estudo e da metodologia a ser empregada.

Após essa fase segue-se para a formulação das hipóteses H_0 e H_1 , em seguida, avança-se para a segunda etapa, na qual será efetuada a análise do teste de hipótese que perpassa desde a definição do teste estatístico mais adequado, até a decisão estatística, isto é, rejeitar ou não a hipótese nula, e assim, alcançarmos a conclusão final que consiste na interpretação da decisão estatística.

Nesse sentido, este procedimento não é realizado apenas para dizermos se rejeitamos ou não a hipótese nula, mas, para, além disso, afirmarmos o porquê de termos chegado a tal decisão e, portanto, será possível interpretar o que os valores probabilísticos comunicam para defender-se, estatisticamente, a veracidade ou não da hipótese estabelecida. Logo, este procedimento é de suma importância para a confiabilidade da pesquisa e dos seus resultados.

Com base nessa visão, efetuou-se, no presente estudo, a análise entre as doenças respiratórias e as frotas de veículos: particulares (automóveis e motocicletas), transporte de cargas (caminhão, caminhoneta e caminhonete) e transporte coletivo (ônibus). Para essa correlação estatística, formulou-se a seguinte hipótese nula, H_0 : Quanto maior o crescimento no quantitativo total na frota de veículos, maior são os registros de doenças respiratórias. Sendo a hipótese alternativa (H_1) a negação da hipótese nula.

Além desta correlação, verificou-se a necessidade de efetuar a análise estatística entre as doenças respiratórias e as variáveis climáticas (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar). Nesta, elaborou-se a seguinte hipótese nula, H_0 : as doenças respiratórias possuem uma sazonalidade, na qual encontra-se a hipótese alternativa (H_1) como negação da hipótese nula. O que nos leva para realização da próxima etapa que diz respeito à aplicação do método estatístico escolhido para verificação da hipótese pré-estabelecida.

A metodologia empregada para a verificação das correlações foi a análise de regressão linear simples e múltipla, escolhida com base nos estudos de Almeida (2014), que utilizou o referido modelo estatístico para correlacionar as doenças respiratórias e as variáveis climáticas no Distrito Federal.

A estatística de correlação visa apontar a intensidade com que as variáveis estão associadas, conforme aponta Rodrigues (2012, p.17): "A análise de correlação tem como objetivo a avaliação do grau de associação entre duas variáveis, x e y , ou seja, mede a 'força' de relacionamento linear entre as variáveis x e y ". Sendo essa a razão pela qual se optou em utilizar este instrumento estatístico, pois representa, de forma significativa, a relação existente entre as variáveis, visto que:

[...] a preocupação é sempre com a dependência estatística entre variáveis. Trabalha-se com variáveis aleatórias, que têm uma distribuição de probabilidade. Não há nenhum enfoque em relações determinísticas ou funcionais [...]. (CHEIN, 2019, p. 10).

Portanto, tem-se a finalidade de compreender, por meio da análise de regressão linear, se há ou não dependência entre as variáveis x e y , bem como, indicar a intensidade de correlação. Na análise de regressão linear “ x ” é a variável independente, e “ y ” a variável dependente.

Dessa forma, no presente estudo, entende-se como variável dependente, isto é, y , as doenças respiratórias; e como variável independente os possíveis fatores que influenciam os registros dos agravos do sistema respiratório, são eles: frotas de veículos (particulares, transportes de carga e coletivos) e variáveis climáticas (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar).

A relação entre as variáveis é quantificada pelo coeficiente de correlação linear de Pearson, o qual é dado pela seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2)(\sum (y_i - \bar{y})^2)}}$$

R , coeficiente de correlação linear para uma amostra;

n , número de pares de dados presentes;

Σ , adição dos itens indicados;

Σx , soma de todos os valores de x ;

Σx^2 , elevar ao quadrado cada valor de x e somar os resultados;

$(\Sigma x)^2$, representa somar os valores de x e elevar o total ao quadrado;

Σxy , representa o produto do valor de x pelo correspondente valor de y e somar todos esses produtos;

x , variável independente (frota de veículos e as variáveis climáticas);

y , variável dependente (doenças respiratórias).

A partir do resultado de R_{xy} , podem-se obter as inferências quanto à direção e à intensidade da relação que existe entre as variáveis x e y . De acordo com Rodrigues (2012), “[...] Não existe uma “classificação” unânime da correlação [...]” Por conta disso, a autora, optou por seguir a classificação

apresentada por Santos (2007), em que também se baseia a presente análise; dessa forma, apresenta-se na (Tabela 1), a interpretação da classificação considerada por Santos (2007).

Tabela 1. Interpretação do coeficiente de correlação de Pearson

| COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO | CORRELAÇÃO |
|---------------------------|-------------------|
| $R_{XY} = 1$ | Perfeita positiva |
| $0,8 \leq R_{XY} < 1$ | Forte positiva |
| $0,5 \leq R_{XY} < 0,8$ | Moderada positiva |
| $0,1 \leq R_{XY} < 0,5$ | Fraca positiva |
| $0 \leq R_{XY} < 0,1$ | Ínfima positiva |
| 0 | Nula |
| $-0,1 \leq R_{XY} < 0$ | Ínfima negativa |
| $-0,5 \leq R_{XY} < -0,1$ | Fraca negativa |
| $-0,8 \leq R_{XY} < -0,5$ | Moderada negativa |
| $-1 \leq R_{XY} < -0,8$ | Forte negativa |
| $R_{XY} = -1$ | Perfeita negativa |

Fonte: Santos (2007; apud Rodrigues, 2012)

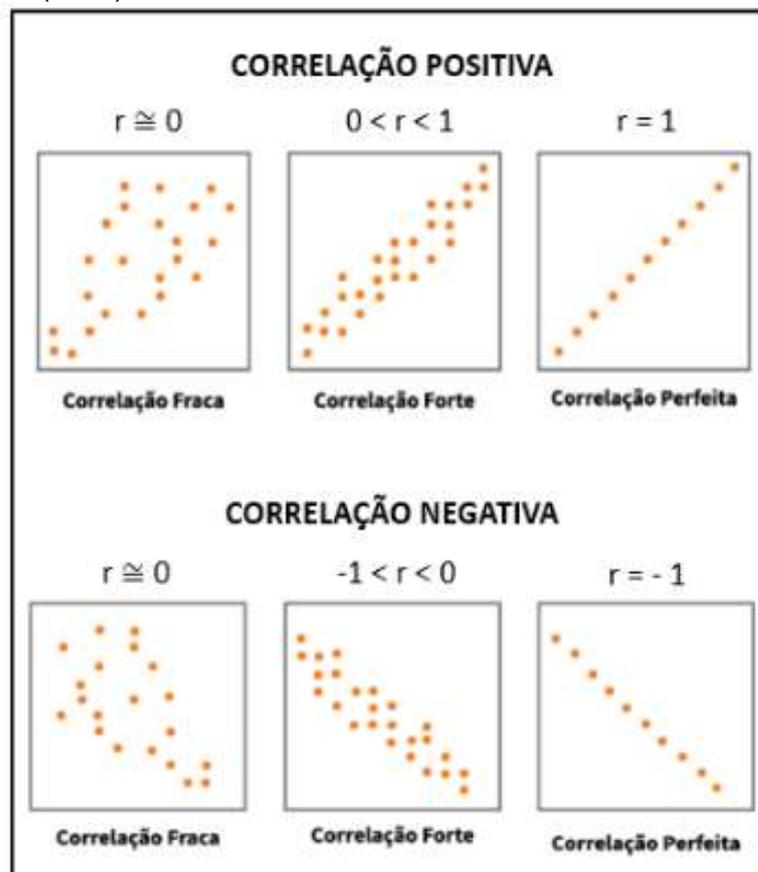
A representação da análise de correlação é dada por meio de um gráfico de dispersão, no qual se tem uma reta que indica o tipo de relação entre as variáveis x e y , isto é, se estas possuem relação direta (reta inclinada para cima) ou inversa (reta inclinada para baixo); além disso, é possível observar no diagrama se são fortes ou fracas, por meio da aproximação dos pontos em relação à reta.

Vale destacar ainda, a diferença entre o coeficiente linear de Pearson e o coeficiente de determinação, que de acordo com Rodrigues (2012), enquanto o coeficiente linear de Pearson está voltado para medir a intensidade da relação entre as variáveis x e y ; o coeficiente de determinação, que é o quadrado do coeficiente linear de Pearson, está voltado a indicar a explicação da reta de regressão.

Dessa forma, a autora afirma que: “quanto mais próximo de 1 estiver o valor do coeficiente de determinação, maior a percentagem da variação de y explicada pela reta estimada e, por conseguinte, maior a qualidade do

ajustamento”. (RODRIGUES, 2012, p. 18). A (Figura 5) ilustra os modelos de classificação dos diagramas adotados por Santos (2007, apud Rodrigues, 2012).

Figura 5. Classificação da correlação linear de Pearson por meio do Diagrama adotado por Santos (2007)



Fonte: RODRIGUES, 2012

Na análise de regressão linear, pode-se optar por considerar apenas uma variável independente - esta denomina-se como regressão linear simples - mas também é possível realizar uma análise com mais de uma variável independente em conjunto, esta por sua vez, chama-se de regressão linear múltipla.

Na presente pesquisa, realizaram-se os dois tipos de análises, tanto a simples, isto é, apresentando um diagrama para cada variável, quanto a múltipla, unindo todas as variáveis a fim de identificar se existe uma dependência entre as variáveis como um todo; sobretudo, por considerar a multicausalidade das doenças respiratórias.

2.3 Técnica de Geoprocessamento Aplicada

Nas análises em saúde, geralmente se trabalha com eventos pontuais, que possuem seus quantitativos dispostos em tabelas e gráficos, todavia, para realização de um estudo aprofundado, devem ser aplicadas outras ferramentas que nos levem a ampliar a lente de análise para além dos dados numéricos.

Para tanto, empregaram-se as ferramentas de geoprocessamento para efetuar a espacialização dos dados. Nesta, primeiramente, realizou-se o georreferenciamento dos endereços dispostos nos dados coletados, ou seja, a variável referente ao Código de Endereçamento Postal (CEP), plotando os pontos no Google Earth pro, para obter o georreferenciamento; gerando um arquivo do tipo KML que fora executado no software Qgis, versão 3.16.6.

Em seguida, aplicou-se o geoprocessamento no software Qgis, versão 3.16.6, no qual foi empregada a técnica da densidade de Kernel, a fim de apresentar a densidade dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís.

A densidade de Kernel é uma das técnicas de geoprocessamento utilizada para analisar eventos pontuais; por conta disso seu uso é indispensável nas análises em saúde, de acordo com Rizzatti et al (2020, p. 44):

A densidade de Kernel consiste em quantificar as relações dos pontos dentro de um raio (R) de influência, com base em determinada função estatística, analisando os padrões traçados por determinado conjunto de dados pontuais, estimando a sua densidade na área de estudo.

Efetuu-se a estimativa por meio da aplicação de execução da ferramenta da matriz de distância e, após a conclusão deste processo, pôde-se realizar o cálculo do Raio de Influência para geração do Kernel, aplicando assim, a seguinte fórmula: $R = \bar{X} \pm \bar{X}_\sigma$ (RIZZATTI et al. 2020, p. 47), onde:

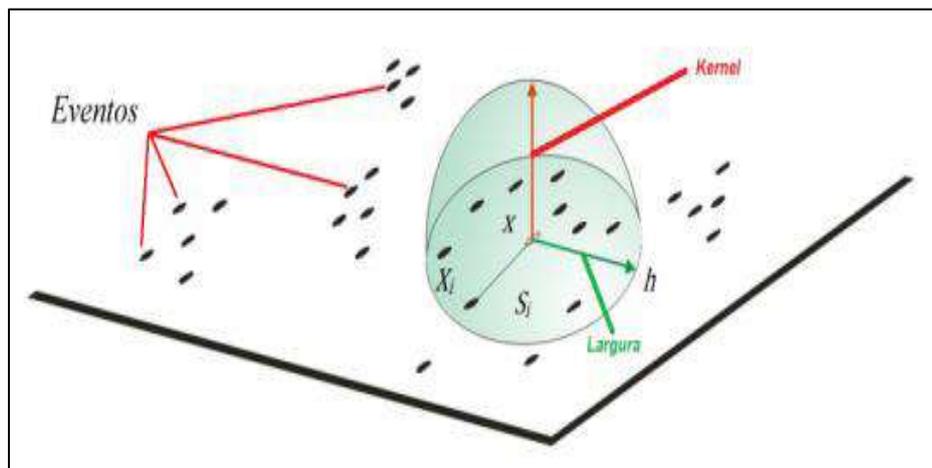
R = Raio de influência

\bar{X} = Média da média das distâncias entre os pontos

\bar{X}_σ = Média do desvio padrão

Pode-se observar na (Figura 6), a representação da análise efetuada por esta função para geração do mapa de calor, que leva em consideração as proximidades e quantidade de pontos dispostos em determinado raio de abrangência.

Figura 6. Estimação da densidade de Kernel e seu raio de influência



Fonte: OLIVEIRA et al., 2019, p. 3

Por meio desta análise elaborou-se a espacialização dos casos de internação por doenças respiratórias na cidade de São Luís, a fim de verificar além da concentração dos casos, também a dinâmica em sua área de abrangência, bem como identificar se há um padrão espacial na distribuição do agravo.

Haja vista que estas são as principais razões pelas quais se aplica a técnica da densidade de Kernel, conforme pontuam Câmara e Carvalho (2004, p. 2) ao ressaltar que: “Nosso interesse primário ao analisar padrões de distribuição de pontos é determinar se os eventos observados exibem algum padrão sistemático, em oposição a uma distribuição aleatória [...]”.

Com isso, entende-se ser esta uma das principais ferramentas de análise para a obtenção de maiores elucidções às indagações que a problemática da saúde suscita-nos a refletir.

Com essa perspectiva, elaborou-se o mapa de distribuição e densidade espacial das doenças respiratórias, com o intuito de observar e compreender sua disposição na capital do Maranhão, bem como identificar as áreas de concentração significativa do agravo. Como forma de aprofundamento na

investigação, sobrepôs-se no mesmo mapa as shapefiles do setor industrial e das principais vias terrestres urbanas, visando elucidar possíveis correlações entre as variáveis consideradas como fontes móveis e fixas de poluição atmosféricas e o arranjo espacial das doenças respiratórias. Como base para representação da área de estudo, empregaram-se as seguintes shapes e suas respectivas fontes: o Limite da Unidade Federativa, obtida por meio do site do IBGE e o limite municipal, por meio da Secretaria Municipal da Fazenda (SEMFAZ).

As shapes pontuais, que são referentes aos casos de doenças respiratórias, foram processadas por meio das etapas descritas anteriormente; já as shapes de linha, referente às principais avenidas, foram obtidas através do processo de vetorização, realizando a edição na base do Google Maps; assim como a shape poligonal do DISAL, a qual também foi vetorizada, porém usando, como modelos, as imagens apresentadas pela SEINC no relatório de dimensionamento da qualidade do ar (2017), a fim de vetorizar corretamente a área que corresponde ao Distrito Industrial de São Luís.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

As doenças respiratórias acontecem devido à alteração no funcionamento dos órgãos que compõem o sistema respiratório. Este desequilíbrio nas vias aéreas, tanto superiores quanto inferiores, está intrinsecamente relacionado às condições do ar que se respira, e estão mundialmente classificadas como uma das principais causas de óbitos. Dessa forma, as doenças do aparelho respiratório podem ser compreendidas como um bioindicador da qualidade do ar ou mesmo da falta desta.

O termo indicador é a derivação do verbo indicar, oriundo do latim “*indicare*” que, por sua vez, significa revelar, propor ou expor, isto é, que dá a conhecer sobre determinado assunto ou fato.

Assim, podemos dizer que os indicadores são elementos ou variáveis que podem nos trazer um alerta sobre determinada situação. Estes são utilizados em diversos tipos de análises, aliás, estão presentes em tudo o que

nos rodeia. Os indicadores chamam nossa atenção sobre determinado fato, apontando se determinado cenário encontra-se bom ou ruim.

Alguns pesquisadores definem-os como:

[...] instrumentos que valoram fenômenos para permitir a mensuração do estado de diferentes escalas espaciais e temporais. Quando transformados em informação, eles se tornam ferramentas para conhecimento e avaliação do território. Na atualidade, *indicadores são utilizados para avaliar, medir e monitorar fatores distintos, em diferentes realidades.* (ADÃO; POLETTE. 2016, p. 327, grifo nosso).

Na área da saúde, há diversos indicadores que alertam sobre a qualidade da oferta deste serviço à sociedade. Sabendo-se que as doenças podem também agir como indicadores de certas alterações ou desequilíbrios ambientais, nesta perspectiva, apontam-se as doenças respiratórias, que se constituem como aquelas que mais afetam a sociedade mundial, tendo como principais sintomas: tosse, dificuldades de respiração, expectoração e dispneia (BARRETO; SILVA; NOMURA; et al., 2020, p. 2).

Assim como na saúde, o meio também possui indicadores que assinalam a configuração do seu real estado. Destacamos, nesse sentido, a qualidade do ar, que tem diversos elementos que atuam como indicador do real cenário de poluentes presentes na atmosfera. Somado a estes, apontam-se as ocorrências das doenças respiratórias como indicador de que o ar presente na atmosfera se encontra de certa forma comprometido com diferentes poluentes, causando fragilidade na saúde das pessoas.

Dessa maneira, pondera-se que o ser humano em si pode ser classificado como um bioindicador, visto que ao se expor a condições adversas a sua saúde, isto é, a fatores de risco, pode ser acometido com as infecções respiratórias, agindo, portanto, como bioindicador de que o ambiente em que vive encontra-se desfavorável à saúde (ALIER, 2007).

Além do ser humano, há outros organismos vivos que atuam como bioindicador da qualidade do ar, dentre eles apontam-se os líquens, estes possuem grande contribuição na biomonitoração da poluição atmosférica, conforme demonstrou o estudo apresentado por Bitencourt, Cardoso, Schein, et al. (2017):

O biomonitoramento é mundialmente conhecido como um método de análise experimental indireto na avaliação da qualidade ambiental, utilizando-se de organismos vivos que respondem ao estresse promovido por substâncias poluentes que se acumulam em seus

tecidos, ocasionando modificações bioquímicas, fisiológicas e morfológicas (BITENCOURT, CARDOSO, SCHEIN, et al. 2017, p. 1).

Esses organismos são geralmente denominados bioindicadores uma vez que são resistentes e têm estreitas relações ecofisiológicas com a atmosfera, motivo pelo qual constituem uma ferramenta promissora para a bioindicação da poluição atmosférica, conforme apontam Martins, Käffer e Lemos (2008, p. 426):

[...] Os líquens são reconhecidos por serem muito sensíveis à poluição atmosférica e, desde o século XIX, são utilizados como bioindicadores, sendo objeto de vários trabalhos que visam o controle das alterações atmosféricas.

Compreende-se, deste modo, a importância do uso dos indicadores e/ou bioindicadores, tanto para o ambiente quanto para a saúde, pois através destes é possível atentar-se para problemáticas que outrora não se tinha noção sobre seu real estado.

Quanto ao uso de indicadores no monitoramento da qualidade do ar, a Secretaria de Saúde de São Paulo realizou estudo sobre a qualidade do ar da cidade de São Paulo utilizando duas classificações de indicadores: na primeira, classifica-os como “indicadores de exposição”, compreendendo a concentração de material particulado e a taxa de motorização; na segunda, classificam-nos como “indicadores de efeito”, compreendendo as ocorrências de doenças respiratórias (SES-SP, 2019).

É importante, observar a forma como os referidos indicadores foram classificados, destacando, no primeiro, alguns elementos que podem comprometer a qualidade do ar quando se apresentam em níveis elevados; no segundo, já identifica-se um indicador de consequência, o que nos leva à premissa que, se há crescentes registros das doenças do trato respiratório, logo acende-se um alerta quanto aos parâmetros atmosféricos, isto é, sobre o estado da qualidade do ar.

Tais indicadores são utilizados para se obter esclarecimento sobre os parâmetros referentes à qualidade do ar, e, além disso, apontar quais dos poluentes possuem maior concentração, tornando a saúde vulnerável a diversos tipos de infecções respiratórias.

As doenças respiratórias, também foram classificadas como indicadores de saúde no estudo feito sobre a qualidade do ambiente de trabalho de indústria de cerâmicas (RONDON, SILVA, BOTELHO, 2011). Neste, os autores identificaram que há considerável associação da poluição do ar no ambiente de trabalho com as inúmeras ocorrências de infecção respiratórias dos funcionários, fato que os autores apontaram como doenças respiratórias ocupacionais; haja vista que também se devem levar em consideração os aspectos e hábitos individuais de cada trabalhador, bem como outros fatores que podem propiciar para a evolução do quadro epidemiológico sobre a saúde do trabalhador.

Diante do exposto, reafirma-se serem, os indicadores, importantes na tomada de conhecimento sobre diversas situações sociais e ambientais, uma vez que revelam se determinadas circunstâncias se encontram favoráveis ou adversas à qualidade de vida no ambiente social e, principalmente, de trabalho, conforme acima destacado.

Compreende-se ainda que a área da saúde possua diversos indicadores que marcam o cenário de evolução de determinados agravos, tais como as doenças respiratórias, já mencionadas. Nesta visão, podemos destacar as taxas de mortalidade e internação como um dos principais indicadores que mostram a situação epidemiológica da saúde pública, além disso, Ferrari (2017) defende que as análises dos indicadores são essenciais para o desenvolvimento de sistemas de saúde para a população, além de favorecer ainda, na elaboração de políticas públicas para garantir um serviço de saúde pública de qualidade.

Portanto, considera-se que a ocorrência das doenças respiratórias pode ser considerada um indicador da interface saúde e ambiente.

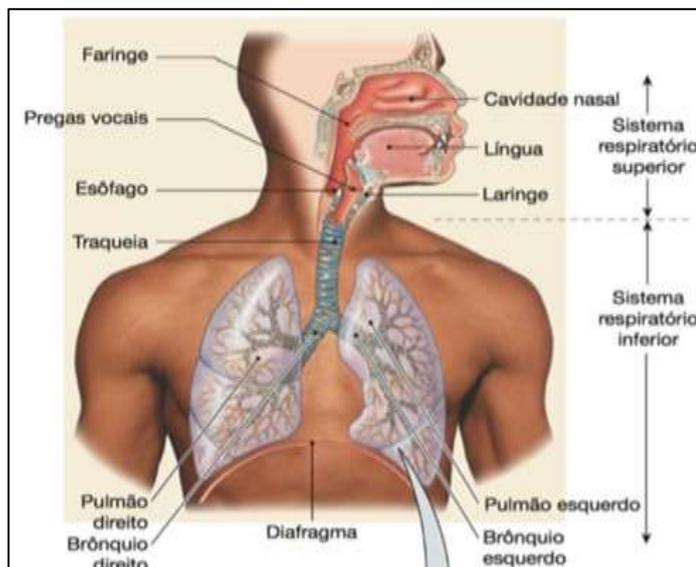
Frauches et al. (2017, p. 02) afirmam que:

Doenças respiratórias são um importante problema de saúde pública [...]. De etiologia infecciosa ou não infecciosa, podem acometer tanto as vias aéreas superiores (nariz e fossas nasais, seios perinasais, boca, faringe e laringe), estendendo-se ao ouvido médio, quanto as vias aéreas inferiores (traqueia, brônquios, bronquíolos e pulmões). Esta última localização apresenta, em geral, maior gravidade.

Conforme mencionado pelos autores acima, a estrutura funcional do sistema respiratório é marcada pela divisão das vias aéreas superiores e

inferiores (Figura 7), que compreendem o meio nos quais podem se desenvolver as patologias, sendo neste último as áreas que mais apresentam agravos de altos riscos à saúde.

Figura 7. Divisão estrutural do sistema respiratório



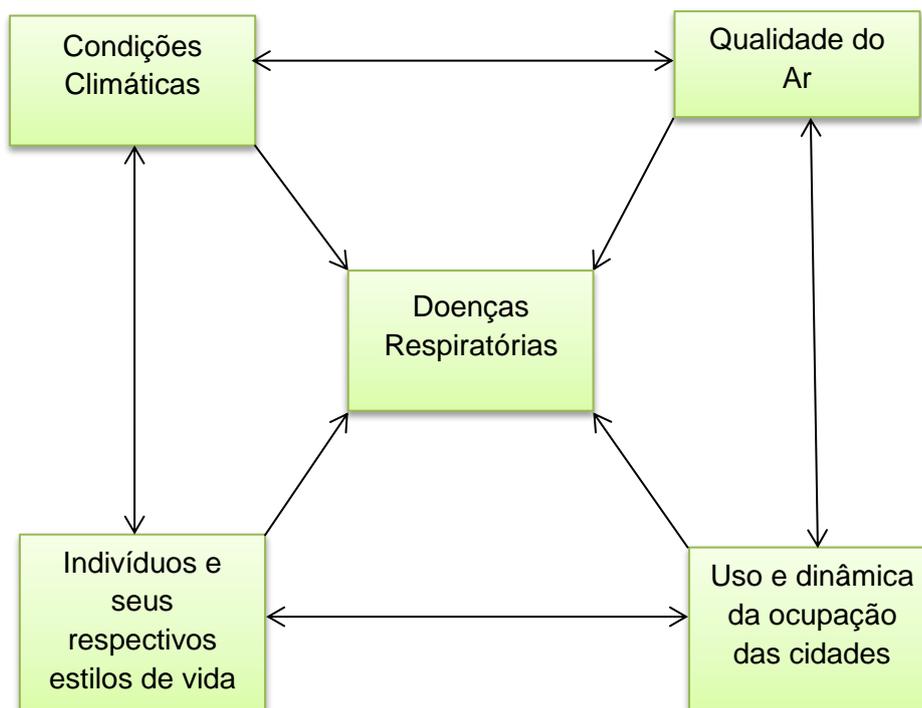
Fonte: SILVERTHORN, 2011

Quanto ao desenvolvimento das doenças respiratórias, os referidos autores seguem destacando que estas são expressivamente favorecidas por alguns fatores ambientais e sociais que fragilizam a saúde humana tornando-a vulnerável ao acometimento de agravos das vias aéreas, dessa forma, declaram:

Alguns aspectos constituem fatores de risco, como período de inverno, número de moradores no domicílio, baixa condição socioeconômica, idade, tabagismo passivo, baixa escolaridade e pouca idade materna, desnutrição infantil, cultura familiar e maior exposição a poluentes atmosféricos (FRAUCHES et al. 2017, p. 02).

Diante disso, observa-se que as principais características da ocorrência de doenças respiratórias, diz respeito a sua multicausalidade. Por conta disso, apontam-se os diversos fatores com os quais a ocorrência de doenças respiratórias pode estar relacionada (Figura 8), visando contemplar uma percepção geral sobre seus fatores de riscos.

Figura 8. Fatores que podem incidir sobre a ocorrência das doenças respiratórias.



Elaboração: SILVA, Y. S., 2021

Dessa forma, é possível cogitar sobre os fatores que atribuem um caráter multicausal aos agravos do sistema respiratório. Tais padecimentos são influenciados tanto pelos condicionantes ambientais; tais como as condições climáticas que regem os períodos seco e chuvoso, como no caso do município de São Luís, que podem favorecer à sazonalidade da doença; quanto pelos parâmetros de qualidade do ar que se encontram diretamente relacionados à evolução do quadro epidemiológico da cidade.

Além desses, incluem-se o aspecto social, que diz respeito às transformações antrópicas sobre o meio, bem como a realização das suas atividades comerciais e industriais; diante disso, têm-se a impressão que o desenvolvimento socioeconômico obstrui as vias respiratórias da cidade, uma vez que pode favorecer a poluição ambiental, fragilizando, assim, a saúde pública.

Quanto à correlação entre poluição atmosférica e as doenças respiratórias, Cançado et al. (2006, p. 5) ao tecerem a definição sobre poluição atmosférica, ratificam esta correlação, discorrendo que:

A poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias estranhas na atmosfera, resultantes da atividade humana

ou de processos naturais, em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem estar dos seres vivos.

Dessa forma, pode-se afirmar que os impactos causados, pela poluição atmosférica, na saúde são comprovados cientificamente; contudo há outros fatores que também podem tornar a saúde pública ainda mais vulnerável, conforme pontua o Fórum Internacional de Sociedades Respiratórias (FIRS) (2017, p. 09), assegurando que:

Embora a deficiência respiratória cause incapacidade e morte em todas as regiões do mundo e em todas as classes sociais, a pobreza, a aglomeração, as exposições ambientais e, em geral, as más condições de vida aumentam a vulnerabilidade [...].

Comunga-se com tais afirmações, por compreendermos a inevitável relação que os agravos do sistema respiratório possuem com a qualidade do ar ou com a falta desta, mas cientes que também há diversos fatores, conforme foram apontados pelos autores já mencionados, que favorecem o adoecimento por agravos das vias aéreas superiores e inferiores.

Quanto a estes agravos, o Fórum Internacional de Sociedades Respiratórias (FIRS, 2017, p. 09), apresenta dados significativos para a contextualização da problemática, pontuando que:

As doenças respiratórias impõem uma imensa carga para a saúde mundial, e cinco doenças respiratórias estão entre as causas mais comuns de morte em todo o mundo. Estima-se que 65 milhões de pessoas sofrem da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) moderada a grave [...] 334 milhões de pessoas em todo o mundo têm asma. Durante décadas, as infecções agudas do trato respiratório inferior estiveram entre as 3 principais causas de morte e incapacidade entre crianças e adultos [...]. Em 2015, 10,4 milhões de pessoas desenvolveram tuberculose [...] A neoplasia letal mais comum no mundo é o câncer de pulmão, que mata 1,6 milhão de pessoas por ano e os números estão crescendo [...]. Mais de 100 milhões de pessoas sofrem de transtornos respiratórios do sono. Milhões vivem com hipertensão pulmonar. Mais de 50 milhões de pessoas lutam com as doenças pulmonares ocupacionais. As doenças respiratórias representam mais de 10% de todos os anos de vida perdidos ajustados por incapacidade [...]. Uma métrica que estima a quantidade de perda de vida ativa e produtiva devido a alguma doença, perdendo apenas para as doenças cardiovasculares (incluindo o acidente vascular cerebral).

Diante de tais dados, nota-se a gravidade da doença, bem como a forma como esta vem evoluindo no tempo e no espaço, motivo pelo qual tem sido um dos principais temas a ser debatido nos dias atuais.

Quanto a estes debates, nota-se a contribuição da Geografia da Saúde ao analisar o processo saúde-doença por meio das interações socioespaciais que ocorrem na cidade. Segundo Rodrigues (2014), este campo do saber tem diferentes objetivos, dentre os quais, efetuar a correlação das ocorrências epidemiológicas e o espaço urbano.

[...] analisando a influência da situação das cidades, a natureza dos solos, os tipos de águas, os ventos e os modos de vida que contribuiriam para a saúde da população. O estudo da relação saúde/ambiente originou-se, dessa forma, permeando os saberes da Geografia e da Medicina. Posteriormente veio a constituir-se em um novo campo interdisciplinar de pesquisa, a Geografia da Saúde. (RODRIGUES, 2014, p. 15)

Esta, por sua vez, tem exercido aportes significantes na elucidação das causas e do comportamento epidemiológico do espaço urbano, no qual se desenvolvem as relações socioambientais. Na perspectiva que se insere a discussão, observa-se que a qualidade ambiental urbana se encontra cada vez mais susceptível às consequências da ação humana, principalmente no que diz respeito à qualidade do ar, consideravelmente essencial para vida. De acordo com Braga et al. (2001):

A poluição do ar tem sido, desde a primeira metade do século XX, um grave problema dos centros urbanos industrializados, com a presença cada vez maior dos automóveis, que vieram a somar com as indústrias, como fontes poluidoras. (BRAGA, et al. 2001, p. 59)

Diante disso, Vianna (2015) apresenta inúmeros conceitos sobre o termo poluição, como sendo esta a alteração do padrão natural do ambiente, tornando-o nocivo à saúde. A esse respeito, Valle (2004) apud Viana (2015) assinala que a:

Poluição ambiental pode ser definida como toda ação ou omissão do homem que, pela descarga de material ou energia atuando sobre as águas, o solo, o ar, causa desequilíbrio nocivo, seja ele de curto, seja ele de longo prazo sobre o meio ambiente. A definição do agente causador de poluição é dada como ser uma pessoa física ou jurídica de direito público ou privado, responsável direta ou indiretamente pelas atividades causadoras da degradação ambiental. (VALLE, 2004, apud VIANA, 2015, p. 24).

Portanto, pondera-se que a poluição ambiental se encontra intrinsecamente relacionada às ocorrências de inúmeras epidemias, das quais se apontam as doenças respiratórias, que segundo Silva Filho et al. (2017),

caracteriza-se por ser “[...] infecções que causam obstrução da passagem de ar tanto a nível do trato respiratório superior como inferior e estão entre as infecções de maior índice de morbimortalidade do mundo” (SILVA FILHO; et al. 2017, p. 07).

Por conta disso, as doenças que afetam o sistema respiratório vêm configurando-se como um dos graves problemas de saúde nos últimos tempos. Este cenário instigou aos pesquisadores de diversas áreas do conhecimento a dedicarem seus estudos à elucidação dos aspectos inerentes as suas principais causas.

4. CORRELAÇÕES ENTRE SAÚDE E AMBIENTE URBANO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o termo saúde define-se por ser “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afecções e enfermidades” (OMS, 2003, p. 01). Esta definição é o resultado de um incremento conceitual, substituindo a noção que se teve por um longo período de tempo que a saúde era simplesmente a ausência de doenças biomédicas.

Diante de tal definição, agora é aceito que melhores resultados de saúde desempenham papel na redução da pobreza, pois as doenças são grandes indicadores de desigualdade social. Por conta disso, diversos estudos e pesquisas científicas sobre determinadas patologias, têm baseado suas análises na relação saúde e ambiente e é nessa instância que se insere o campo da Geografia da Saúde.

De acordo com Rodrigues (2014. p. 15), historicamente a interface saúde e ambiente, “[...] foi sendo representada e acrescida de novas teorias que ressaltavam tal ligação [...]”, uma destas teorias que a autora menciona, diz respeito à teoria miasmática, elaborada a partir do médico Hipócrates no Século IV a.C. e influenciou os conhecimentos da área médica até o século XVIII, quando a teoria microbiana entra em ascensão. A teoria miasmática presumia que as doenças eram transmitidas por meio do ar, da água e do solo,

isto é, suas causas encontravam-se interligadas aos aspectos ambientais ou geográficos.

Dessa maneira, as características geográficas do lugar passaram a ser um dos aspectos considerados no diagnóstico das doenças. Segundo Rodrigues (2014, p.18), Hipócrates, ao propor um viés ambiental para buscar as explicações quanto às origens das doenças, produziu um “verdadeiro guia médico de geografia urbana da saúde, levando-se a pressupor que havia de fato uma maior atenção para as doenças originadas no espaço urbano”.

A despeito da influência da cidade, mencionada na obra hipocrática, deveriam ser considerados ainda o tipo de água utilizada pelos habitantes, o solo, a vegetação, a geomorfologia, as estações do ano, entre outros; como elementos importantes para avaliar o tipo de doenças que poderia afetar a saúde de seus habitantes. Nota-se um discurso médico marcado pela concepção naturalista das doenças, entendendo que o ambiente como todo teria uma influência muito maior sobre o organismo humano (RODRIGUES, 2014, p.19).

A partir dos argumentos expostos, compreende-se que sem um estudo prévio sobre os ambientes físico e social não será possível estabelecer-se um diagnóstico sobre a situação da saúde pública da cidade que se encontra diretamente dependente da qualidade do meio, Sperandio (2006); dessa forma, é importante voltar a atenção ao ambiente, pois neste podemos encontrar a resposta sobre as ocorrências dos eventos epidêmicos ou endêmicos das doenças.

Destarte, temos a seguinte assertiva: “O ambiente, origem de todas as causas de doenças, deixa de ser natural para revestir-se do social. É nessas condições de vida e trabalho do homem que as doenças deverão ser buscadas.” (SOUZA e SANT’ANNA NETO, 2008, p. 119). Rodrigues (2014, p. 26) afirma que os incipientes registros de doenças na história da humanidade foram realizados a partir da formação das primeiras cidades, que as “evoluções do espaço urbano culminaram certo aglomerado populacional, chamando assim, mais atenção sobre os tipos de ocorrências das patologias desenvolvidas no espaço urbano”.

Compreende-se que historicamente o espaço urbano, possui intrínseca relação com as formas de adoecimentos dos seus moradores, uma vez que as intervenções realizadas podem acarretar impactos tanto ambientais, quanto sociais. De acordo com Rodrigues (2014, p. 22):

[...] o espaço urbano originalmente favoreceu a dinâmica econômica, política, cultural e social. Portanto, foi essencialmente um espaço dinâmico e diferenciado, que se revelou e se modificou no atendimento aos anseios das sociedades que o ocupava e construíram. [...].

Sob esta perspectiva do ambiente construído, a autora argumenta que neste concebeu-se o registro de inúmeras patologias, desde o seu contexto histórico, expressando que “A historiografia ocidental, ao abordar a origem de diversas doenças, reforça o ambiente urbano como *locus* de disseminação. [...]” (RODRIGUES, 2014, p. 23). Observa-se assim que, o espaço produzido pela lógica do capital possui efeitos significativos sobre a saúde, haja vista a influência que um incide sobre o outro.

Tal interação pode acarretar alterações significativas do ambiente, como é o caso da qualidade do ar, uma vez que esta torna-se imensamente vulnerável no setor urbano, a isto atribui-se o fato de que a cidade concentra um fluxo acentuado de veículos, que são considerados, por alguns teóricos, como fontes móveis de poluição do ar.

Saldiva (2018), mencionando pesquisa realizada em seis regiões metropolitanas do Brasil, quais sejam: Recife, Salvador, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, apontou que os veículos são responsáveis por mais de 60% dos poluentes emitidos.

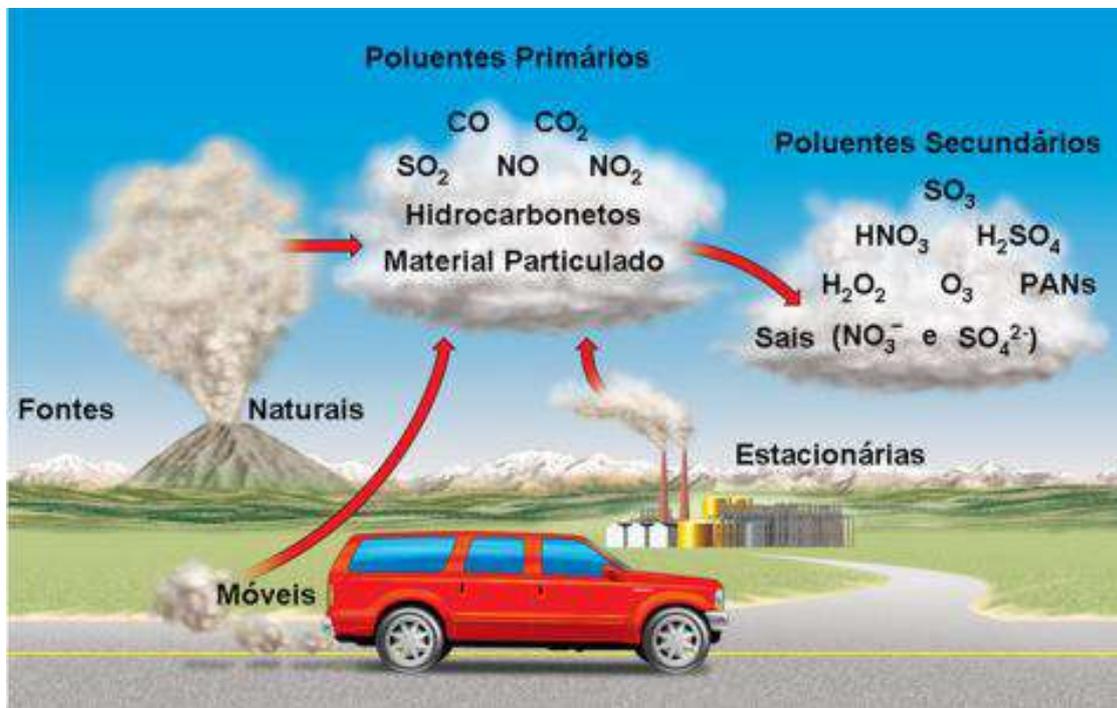
Além deste fator, pode-se presumir outro condicionante à emissão de poluentes na atmosfera, isto é, o setor industrial. Nesta mesma perspectiva, Castro, Araújo e Silva (2013, p. 108), destacam estes dois, como sendo as principais fontes de poluição atmosférica:

Os veículos automotores e as atividades industriais estão ligados diretamente a problemas ambientais e de saúde pública, uma vez que as emissões veiculares, juntamente com as emissões de fontes estacionárias, são as principais responsáveis pela presença dos mais variados compostos na atmosfera [...].

Com isso, nota-se que as cidades estão submetidas a diversos tipos de poluição, que incidem diretamente sobre a atmosfera, capazes de alterar os parâmetros normais no setor urbano (Figura 9). Nesta, podemos ressaltar as diversas fontes de poluição, bem como os compostos que eles emitem ao ambiente. São notáveis as presenças das indústrias como fontes estacionárias

e dos veículos como fontes móveis; para além destes, observam-se as fontes naturais representadas na (Figura 9), pelas emissões vulcânicas.

Figura 9. Tipos de poluições atmosféricas possíveis nas cidades



Fonte: ALBUQUERQUE, 2020, p. 2

Diante disso, ressaltam-se dois tipos de poluição, isto é, antrópica, gerada no setor urbano, tais como as duas fontes já mencionadas (fixas e móveis), bem como os lixões a céu aberto e as queimadas, contribuindo maciçamente para o desenvolvimento de doenças do trato respiratório; e os naturais, contemplando as erupções vulcânicas, processos biológicos, incêndios espontâneos e variações climáticas (ALBUQUERQUE, 2020, p. 3).

Sincronicamente, à medida que as ações antrópicas foram se intensificando e sendo, os seus impactos, cada vez mais perceptíveis, os principais órgãos internacionais e multilaterais, como a ONU e o Banco Mundial, pressionaram os mais diversos países a estabelecerem diretrizes que defendessem a manutenção da qualidade ambiental. Dentre estes, encontra-se o Brasil, que após as pressões internacionais e multilaterais, desenvolveu as primeiras legislações ambientais, tendo início a partir da década de 1930 “desde então, o país tem avançando gradualmente no processo de

institucionalização das políticas públicas de meio ambiente” (MOURA, 2016, p.15).

No decorrer da sua evolução, quanto aos aspectos legais, foram estabelecidas diversas leis ambientais (Anexo 1), dentre estas, destaca-se a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei no 6.938/81) “[...] que criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e instituiu os princípios, as diretrizes, os instrumentos e atribuições para os diversos entes da Federação que atuam na política ambiental nacional” (MOURA, 2016, p.15). Por conseguinte, este é um dos marcos na legislação ambiental, estabelecido com a finalidade de assegurar a qualidade do meio no qual se desenvolvem as atividades sociais.

4.1 Trajetória histórica das legislações ambientais e qualidade do ar.

A atmosfera é uma camada de ar constituída por diversos gases que envolvem a Terra, sendo marcada por sua dinamicidade e sujeita a modificações das suas características habituais.

Tais alterações podem ser provenientes de eventos naturais, como as erupções vulcânicas, ou por meio das ações humanas, considerada, atualmente, como um dos principais agentes modificadores dos parâmetros atmosféricos, principalmente, após o advento da Revolução Industrial no século XVIII.

Desta forma, a preocupação com o ar que respiramos e o impacto na saúde é relativamente antiga, sendo um dos primeiros registros históricos, o episódio de poluição que ocorreu na Inglaterra em 1952, quando houve uma inversão térmica, com formações de nuvens que eram compostas expressivamente por materiais particulados e enxofre, que somados à névoa produziu um fenômeno denominado de “smog¹”, o que resultou no aumento de 4.000 mortes por poluição do ar (PAULISTA, 2019).

As ações antrópicas são consideradas como predatórias ao ambiente, pois com as atividades industriais o homem passou a despejar na atmosfera

¹ Etimologia da palavra: smoke (fumaça), fog (neblina); termo usado para referir-se ao acúmulo da poluição do ar, no meio urbano, que formam uma neblina de fumaça de poluentes atmosféricos.

diversas substâncias e materiais particulados que alteram o padrão atmosférico, refletindo, ainda, na saúde populacional.

Para Castro, Araújo e Silva (2013, p. 108):

Nas últimas décadas vem sendo registrado um significativo aumento nas concentrações de substâncias perigosas no ambiente atmosférico, o que é motivo de **preocupação global**. Tal fato é decorrente de atividades desenvolvidas pela espécie humana. Poluentes atmosféricos causam efeitos verdadeiramente adversos, principalmente em cidades com elevado grau de urbanização e atividade industrial. (CASTRO; ARAÚJO e SILVA, 2013, p. 108. Grifo nosso)

Cabe mencionar que os problemas ambientais, na escala mundial, impulsionaram a realização de diversas conferências mundiais, (Tabela 2) com o intuito de reunir vários países para debaterem sobre as questões ambientais que passou a ser pauta principal nas agendas globais.

Considera-se que o chamado movimento ambientalista - que se manifestou junto com a realização das grandes conferências mundiais - representou, também, a aproximação e a ampliação de duas importantes categorias que permeiam a presente pesquisa, o ambiente e a saúde; sobretudo, diante da complexidade na resolução de problemas como as doenças humanas e a degradação ambiental. As aproximações entre os novos debates sobre ambiente e saúde culminaram em um novo escopo de abordagem: a saúde ambiental.

O campo da saúde ambiental procura relacionar a saúde humana aos fatores do meio ambiente natural e antrópico que a determina, a condiciona e a influencia, por meio de uma proposta interdisciplinar, indo ao encontro da necessidade de construir marcos, capazes de intermediar a complexa relação entre meio ambiente-saúde-desenvolvimento econômico e social. Para tanto, sua construção exigiu um novo entendimento dos conceitos de natureza (meio ambiente) e de saúde (RAMOS, 2013, p.75).

Ainda segundo Ramos (2013) a interface entre ambiente e saúde foi gradualmente incluída nos marcos das legislações brasileiras.

Tabela 2. Cronologia dos problemas ambientais e Conferências Mundiais sobre o meio ambiente.

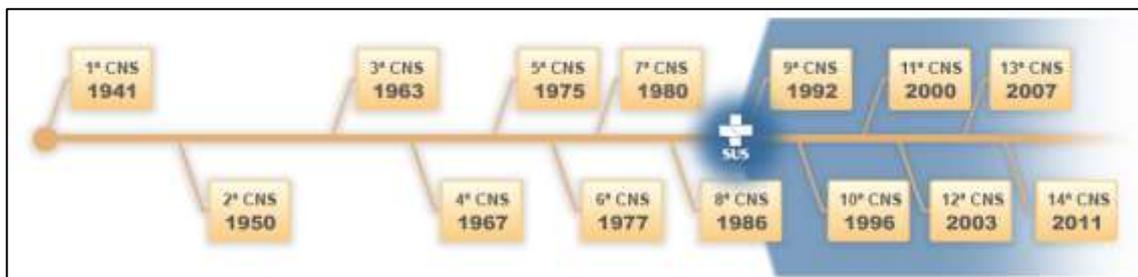
| CRONOLOGIA DA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL | | |
|--------------------------------------|--|---|
| 1760 (Séc. XVIII) | 1ª Revolução Industrial | Mecanização, Introdução da máquina à vapor e do carvão. |
| 1870 (Séc. XIX) | 2ª Revolução Industrial | Produção em massa, linha de montagem com base em petróleo e eletricidade. |
| 1950 (Séc. XX) | 3ª Revolução Industrial | Produção automatizada, utilizando computadores, eletrônicos e TI. |
| 1952 (Séc. XX) | Grave episódio de poluição em Londres ("smog"). | Cerca de 4.000 mortes. |
| 1972 (Séc. XX) | 1ª Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano em Estocolmo | Criação da agenda mundial de discussões sobre o meio ambiente, instrumentalizou a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e instituiu o Dia Mundial do Meio Ambiente. |
| 1987 (Séc. XX) | Protocolo de Montreal | Tratado internacional que visa proteger a camada de Ozônio por meio da eliminação da produção e do consumo das substâncias responsáveis por sua destruição (SDO). |
| 1992 (Séc. XX) | Conferência das Nações Unidas (Cúpula da Terra - ECO-92) | Firmou o consenso que as nações mais desenvolvidas eram as maiores responsáveis pelos perigos ao meio ambiente, e, os países ainda em desenvolvimento necessitavam de suporte financeiro e tecnológico para atingir um modelo sustentável de crescimento. |
| 2000 (Séc. XX) | Declaração do Milênio | Descreve os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, incluindo a sustentabilidade ambiental. |
| 2014 (Séc. XXI) | Assembleia das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente | A camada de ozônio mostra sinais de recuperação, surgem evidências de que a camada de ozônio está se curando graças ao Protocolo de Montreal, enfatizando o poder da ação coletiva. |
| 2015 (Séc. XXI) | Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável | Adoção dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como parte de uma nova agenda global. |
| 2019 (Séc. XXI) | Cúpula de Ação Climática | Teve como objetivo apresentar novos caminhos e ações práticas para mudar a resposta global para uma marcha mais alta no enfrentamento das alterações climáticas. |
| 2020 (Séc. XXI) | Assembleia Geral das Nações Unidas | Visa aumentar a restauração de ecossistemas degradados e destruídos como uma medida comprovada para combater a crise climática. |
| 2021 (Séc. XXI) | Cúpula do Clima | Concordaram em reduzir o uso de carvão, acabar com os subsídios aos combustíveis fósseis "ineficientes" e antecipar suas metas climáticas. |

Fonte: portal do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Concomitante a essas conferências mundiais sobre a problemática ambiental, no Brasil, realizava-se desde 1941, as Conferências Nacionais de Saúde (Figura 10), que buscavam não apenas avaliar a situação da saúde pública no país, mas também apontar diretrizes que resultassem na melhoria e eficácia na prestação deste serviço à sociedade. Um dos grandes marcos, se

deu na 8ª Conferência Nacional de Saúde, realizada em 1986, na qual, justamente, alcançou-se a criação do Sistema Único de Saúde (SUS). (FIOCRUZ, 2008).

Figura 10. Cronologia das Conferências Nacionais de Saúde



Fonte: portal FIOCRUZ

As conferências debateram sobre a saúde em geral e a ampliação do próprio conceito de saúde, considerando que antigas e novas doenças se sobrepõem e acompanham as alterações ocorridas na composição da população mundial.

Neste novo cenário, a expectativa de vida da população aumentou, houve a redução das doenças infecciosas, mas, teve também o aparecimento das doenças crônico-degenerativas. “Embora os avanços da tecnologia médica pudessem controlar várias doenças infecciosas, algumas delas ressurgiram no mundo com novas identidades e com novos padrões de comportamento [...]. Velhas e novas, mas o cenário é outro” (PIGNATTI, 2004, p. 138). Neste novo contexto, havia doenças que careciam de atenção especial, como por exemplo, as doenças respiratórias, advindas das substâncias nocivas produzidas pelo crescimento industrial em que a humanidade vive.

Foi necessário reunir representantes de diferentes países para estabelecerem rumos pelos quais fosse possível mitigar a problemática que só tende a aumentar cada vez mais, pois à medida que o mundo se industrializa, as vias respiratórias absorvem os poluentes atmosféricos que as obstruem.

A partir daí, em 2001, que especialistas em doenças respiratórias do mundo todo formaram uma cooperativa denominada “Fórum das Sociedades Respiratórias Internacionais (FIRS)”, com a intenção de demonstrar a pertinência das doenças respiratórias para a saúde mundial. (FIRS, 2013). Por

meio desse fórum surgiu o documento intitulado: “Doenças respiratórias no mundo: Realidades de Hoje – Oportunidades para o Amanhã”.

Enquanto isso, no Brasil, a problemática da qualidade do ar intensificava-se, com destaque para a década de 70, quando foi registrado um acentuado avanço no setor industrial, expressivamente, na região Sudeste. Nesse mesmo contexto, pode-se citar, como um dos principais fatos que impulsionou, ainda mais, as atenções à qualidade do ar, o evento ocorrido entre as décadas de 1970 e 1980, em Cubatão, cidade do litoral de São Paulo, quando as chuvas ácidas provocaram inúmeros efeitos nocivos tanto ao meio ambiente quanto na saúde populacional.

Pressões internacionais, conforme mencionado anteriormente, fizeram o Brasil publicar, em 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), resultado de inúmeras discussões referentes ao meio com o intuito de reequilibrar a interação entre o homem e a natureza, uma vez que os recursos naturais são necessários à sua sobrevivência, contudo este deve ter consciência sobre até que ponto pode retirar ou mesmo usufruir do meio sem que resulte em impactos severos, isto é, degradação² e poluição³ do ambiente natural. Por conta disso, a PNMA:

[...] tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana [...]. (PNMA, 1981, art. 1º).

Para tanto, estabeleceu-se o Sistema Nacional do Meio Ambiente – (SISNAMA), arrolada, ainda, ao Órgão consultivo e deliberativo: Conselho Nacional Do Meio Ambiente – (CONAMA). O primeiro visa realizar o controle das atividades executadas, a fim de fiscalizá-las em suas respectivas jurisdições (Artigo. 6º., da Lei 6.938/81, com as alterações da Lei 8.028/90).

² “Degradação da qualidade ambiental: É a alteração adversa das características do meio ambiente [...]” (PNMA, 1981, art. 3º, inciso II).

³ “Poluição: É a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a bioma; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos [...]”. (PNMA, 1981, art. 3º, inciso III, alíneas a, b, c, d, e).

Enquanto que o CONAMA define-se como órgão consultivo pelo fato de possuir uma regulamentação ampla, por meio da Resolução Nº 491, de 19 de Novembro de 2018, que versa sobre os parâmetros da qualidade do ar, servindo, assim, como referência para criação das leis ambientais mais específicas, como as Estaduais e Municipais.

Foi por meio do CONAMA que se estabeleceram regras quanto à qualidade do ar, apontando, assim, os padrões atmosféricos (Tabela 3) os quais devem ser obedecidos pelas principais atividades humanas que oferecem certo risco às condições do ar.

Além disso, algumas ações, como forma de monitorar os efeitos da poluição sobre a saúde pública - foram estruturadas pelo Ministério da Saúde, como por exemplo, a Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (Vigiar), em 2001; bem como os “Instrumentos de Identificação de Municípios de Risco (IIMR)” organizado dentro do VIGIAR.

Mais recentemente, no dia 6 de julho de 2022, foi aprovado, pela Comissão de Constituição e Justiça (CCJ), na câmara dos deputados, o Projeto de Lei 10521/18 que institui a Política Nacional de Qualidade do Ar e cria o Sistema Nacional de Informações de Qualidade do Ar; esta por sua vez, visa “[...] assegurar a preservação da saúde pública, do bem-estar e da qualidade ambiental.” (Agência Câmara de Notícias, 2022).

Tais projetos de leis, visam à concretização das legislações anteriores e dos parâmetros ditados pelo CONAMA, devido ao agravante cenário da poluição do ar advinda das ações antrópicas que refletem tanto em impactos ambientais quanto sociais, principalmente, no que diz respeito à saúde populacional.

Assim, para garantir o controle dos padrões de qualidade do ar, a resolução do CONAMA nº 05, de 15 de junho de 1989, criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar — PRONAR —, visando:

[...] promover a orientação e controle da poluição atmosférica no país, envolvendo estratégias de cunho normativo, como o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte, a implementação de uma política de prevenção de deterioração da qualidade do ar, a implementação da rede nacional de monitoramento do ar e o desenvolvimento de inventários de fontes e poluentes atmosféricos prioritários. (Ambiente Brasil, 2021).

Por padrão de qualidade do ar, entende-se que seja o cenário no qual há uma concentração de substâncias dos gases que compõem a atmosfera que não apresenta um caráter nocivo ao ser humano, ou seja, uma quantidade que seja favorável até mesmo para a manutenção da vida na Terra, sendo esta, composta por um “ar limpo”; todavia, quando tais padrões são ultrapassados, isto é, quando ele extrapola o seu quantitativo habitual, tem-se o que denomina-se de poluição do ar. Desta forma, o CONAMA nº03/90, classifica os padrões (Tabela 3) em primário e secundário, sendo:

Padrões Primários de Qualidade do Ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
Padrões Secundários de Qualidade do Ar 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. (CONAMA nº03/1990, art. 2º, incisos I e II, grifo nosso).

Tabela 3. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/90.

| Poluente | Referência temporal | Valor estabelecido em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
|--|---------------------|--|-------------------|
| | | Padrão primário | Padrão secundário |
| Partículas Totais em Suspensão (PTS) | 24 horas | 240 | 150 |
| | Anual ^a | 80 | 60 |
| Partículas inaláveis (MP ₁₀) | 24 horas | 150 | 150 |
| | Anual ^b | 50 | 50 |
| Dióxido de enxofre (SO ₂) | 24 horas | 365 | 100 |
| | Anual ^b | 80 | 40 |
| Monóxido de carbono (CO) | 1 hora | 40.000 (35ppm) | 40.000 (35ppm) |
| | 8 horas | 10.000 (9ppm) | 10.000 (9ppm) |
| Dióxido de nitrogênio (NO ₂) | 1 hora | 320 | 190 |
| | Anual ^b | 100 | 100 |
| Fumaça | 24 horas | 150 | 100 |
| | Anual ^b | 60 | 40 |
| Ozônio (O ₃) ^c | 1 hora | 160 ^c | 160 |

a Média geométrica

b Média aritmética

c Não pode ser excedido mais de uma vez ao ano.

Quanto aos poluentes atmosféricos, o CONAMA nº03/90 compreende que sejam:

[...] qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora. Prejudicial à segurança. Ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade [...]. (CONAMA nº03/1990, Parágrafo Único, incisos I, II, III e IV).

Ou seja, é a concentração de substâncias ou materiais particulados que tornam o ambiente nocivo, incidindo principalmente na saúde populacional. Além disso, a OMS, já buscava situar os seus possíveis padrões atmosféricos (Tabela 4) que pudessem ser configurados como favoráveis à saúde.

Os valores de referência adotados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) estão presentes no documento intitulado “*Air Quality Guidelines Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*”. [...] esses valores de referência variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que por sua vez dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. [...] A adoção dos padrões da OMS é ainda mais interessante no caso do MP_{2,5} uma vez que o CONAMA 03/90 não traz um valor de referência para tal poluente [...]. (RT-AIR 69-16. 2017, p. 03).

Tabela 4. Padrões de qualidade do ar sugeridos pela OMS (2006)

| Poluente | Referência temporal | Valor estabelecido em µg/m ³ |
|---|---------------------|---|
| Partículas inaláveis (MP ₁₀) | 24 horas | 50 |
| | Anual | 20 |
| Partículas respiráveis (MP _{2,5}) | 24 horas | 25 |
| | Anual | 10 |
| Monóxido de carbono (CO) | 1 hora | 30.000 |
| | 8 horas | 10.000 |
| Dióxido de nitrogênio (NO ₂) | 1 hora | 200 |
| | Anual | 40 |
| Ozônio (O ₃) | 8 horas | 100 |
| Dióxido de enxofre (SO ₂) | 24 horas | 20 |

Fonte: SEINC, RT-AIR 69-16, 2017

Desta maneira, compreende-se que os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde são diversos, podendo ser indicados por meio da presença dos sintomas como dores de cabeça, inflamação nos olhos, na garganta, apresentar problemas cardiovasculares, problemas do aparelho reprodutor e, ainda, do sistema respiratório. Com isso, a temática sobre a qualidade do ar, tornou-se um problema para o ambiente e a saúde, o que a configurou como uma Política Pública.

4.2 Inspeção sobre a qualidade do ar e as possíveis fontes poluidoras.

Pode-se afirmar que um dos fatores que possui relevância para garantir a boa saúde populacional é a qualidade do ar, uma vez que o processo de respiração, que consiste na troca gasosa – entre os seres vivos e o ambiente – que exige substâncias vitais para o bom funcionamento do organismo vivo. Na medida em que há alterações nas concentrações de poluentes no ar, os primeiros a sentirem os efeitos são os seres vivos, dentre os quais se inserem os humanos.

Diferentes estudos já realizados analisaram os efeitos que a poluição do ar gera na saúde pública. Como por exemplo, Moreira; Lopes (2004), que investigaram sobre as patologias respiratórias no período neonatal e constataram que as doenças respiratórias são as principais causas de internações de recém-nascidos (RN) na cidade do Rio de Janeiro.

Ressalta-se o estudo realizado por Cançado (et al., 2006) que contempla a temática sobre as “Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica”, expondo a perspectiva que:

A poluição do ar causa uma resposta inflamatória no aparelho respiratório induzida pela ação de substâncias oxidantes, as quais acarretam aumento da produção, da acidez, da viscosidade e da consistência do muco produzido pelas vias aéreas, levando, conseqüentemente, à diminuição da resposta e/ou eficácia do sistema mucociliar [...]. (CANÇADO, et al. 2006, p. 7).

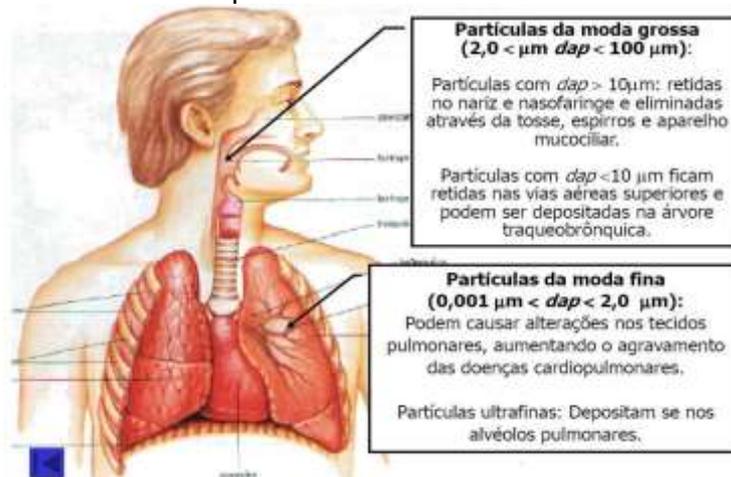
Além deste, destacam-se as inferências feitas por Rosa, Ignotti, Hacon e Castro (2008), abordando as internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra – Amazônia Brasileira, que assinalou um crescimento substancial no número de internações por doenças respiratórias, com destaque para os casos de pneumonia e Insuficiência Respiratória Aguda (IRA).

No Espírito Santo, alguns casos foram o propulsor para que a Assembleia Legislativa do Estado fizesse, no ano de 2015, um levantamento dos efeitos dos poluentes sobre o sistema respiratório, após inúmeras queixas quanto ao elevado índice de poluição atmosférica no território.

No anseio por atender à demanda da sociedade, o referido órgão elaborou o documento denominado como “Relatório Circunstanciado CPI do

‘Pó Preto’⁴” (Resolução nº 3.931/2015); neste constatou-se que os tamanhos das partículas dos poluentes possuem diferentes impactos no sistema respiratório do ser humano (Figura 11).

Figura 11. A relação entre o tamanho das partículas poluidoras do ar e seus respectivos impactos no sistema respiratório



Fonte: ALES, Resolução nº 3.931/2015. p. 17

Por meio da (Figura 11), pode-se notar a relação entre a ação dos poluentes do ar e o adoecimento por doenças das vias respiratórias e ela serve de base para se discutirem sobre quais os possíveis fatores que podem contribuir para o problema da qualidade do ar na cidade de São Luís, objetivando destacar as possíveis fontes poluidoras que contribuem para a emissão de compostos nocivos à saúde pública, causando desequilíbrio nos órgãos que compõem o sistema respiratório.

Quanto a esses poluentes, Almeida (2013), reitera que suas principais fontes são industriais, mas, também, veiculares. Ao descrever sobre as mais diversas substâncias nocivas à saúde, Castro, Araújo e Silva (2013, p.2), corroboram com o pensamento de Almeida (2013) ao assegurar que:

Os veículos automotores e as atividades industriais estão ligados diretamente a problemas ambientais e de saúde pública, uma vez que as emissões veiculares, juntamente com as emissões de fontes estacionárias, são as principais responsáveis pela presença dos mais variados compostos na atmosfera.

⁴ Termo utilizado para se referir aos materiais particulados.

Devido a tais assertivas, que os referidos autores ressaltam a importância do monitoramento da qualidade do ar, como forma de verificar os níveis de concentração dos poluentes atmosféricos e assim mitigar os seus impactos.

4.2.1 Fontes Móveis

Nas vias da cidade encontram-se um dos principais meio que contribuem substancialmente para o quadro evolutivo da poluição do ar, isto é, as fontes móveis de poluição, que abrangem os diversos tipos de veículos automotores; a combustão oriunda destes veículos resulta em substâncias que se configuram intensamente nocivas à saúde.

Tal fato é claramente ressaltado por Carvalho (2011, p. 129):

O transporte motorizado, baseado na queima de combustíveis fósseis, é responsável pela emissão de vários poluentes nocivos à saúde e que degradam o ambiente urbano, com destaque para o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados (MP), os óxidos de nitrogênio e os óxidos de enxofre (SOx).

Diante do exposto, observa-se no (Quadro 1) os efeitos causados por cada substância, os quais podem ser responsáveis por afetar a saúde do ser humano, principalmente no que diz respeito ao sistema respiratório.

Quadro 1. Impactos oriundos das substâncias tóxicas emitidas pelos veículos automotores

| POLUENTES | EFEITOS |
|-----------|---|
| CO | Age diretamente no sangue, fazendo com que haja uma redução na sua oxigenação, podendo ocasionar a morte após determinado período de exposição. |
| NOx | Contribui para formação de dióxido de nitrogênio e do smog fotoquímico, além de favorecer a presença da chuva ácida. Constituindo-se assim, um precursor do O ₃ , o qual é responsável por diversas perturbações no sistema respiratório da população. |
| HC | Combustíveis não queimados ou parcialmente queimados formam o smog e os compostos cancerígenos. É um precursor do O ₃ . |
| MP | Compromete a defesa do organismo, atinge os alvéolos pulmonares e causa irritações, asma, bronquite e câncer de pulmão. |
| SOx | Constitui-se como o precursor do O ₃ , favorecendo a chuva ácida e comprometendo vegetação e imóveis. |

Fonte: CARVALHO, 2011, p. 129

Conforme pontua Almeida (2013, p. 10):

[...] o aumento substancial da frota de veículos resultante do crescimento populacional e do poder aquisitivo, e a dependência do transporte individual nas grandes cidades e regiões metropolitanas do mundo têm colocado a emissão veicular como fonte proeminente de poluição do ar em áreas urbanas.

Dessa maneira, presume-se que tal realidade possivelmente está concretizada na capital do Estado do Maranhão, o que de certa forma, influencia na alteração da qualidade do ar.

4.2.1.1 Monitoramento da qualidade do ar e os avanços industriais e veiculares na cidade de São Luís

A cidade de São Luís, que atualmente possui cerca de 1.115.932 residentes (IBGE, 2021), apresentou significativo aumento na sua população, desde as décadas de 70 e 80, quando foram instalados alguns dos grandes empreendimentos industriais, como o Consórcio de Alumínio do Maranhão S/A (Alumar) e a Companhia Vale do Rio Doce S/A (CVRD), atualmente Vale S/A, concentrando-se na área denominada Distrito Industrial (DISAL), onde também se nota considerável número de residentes.

Tais empreendimentos trouxeram para a cidade inúmeros avanços, principalmente no setor econômico, contudo observaram-se os crescentes impactos ambientais e sociais oriundos das atividades industriais. Por esse motivo, e em cumprimento das exigências legais, as referidas indústrias foram as primeiras a realizarem ações de monitoramento da qualidade do ar, restrito a área do DISAL.

Posteriormente, no recorte temporal mais recente, esse monitoramento também foi efetuado pela SEINC, obedecendo à Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981), da Resolução n°5 do CONAMA de 15 de junho de 1989 que instituiu o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar – PRONAR, e primordialmente, a Resolução n°491 do CONAMA, a qual estabelece os limites dos padrões de qualidade do ar; definindo ainda que é de suma responsabilidade de cada Estado monitorar a qualidade do ar em seu domínio territorial, divulgando para os devidos fins, o Índice de Qualidade do Ar – IQAR.

No que diz respeito à influência das fontes móveis, destaca-se o aumento da frota de veículos na cidade, apresentando a análise da série histórica sobre o crescimento no quantitativo de veículos. Além disso, apresenta-se a comparação quanto ao ranking de crescimento da frota de veículos entre os municípios do Estado do Maranhão (Tabela 5), onde a capital, se destacou em primeiro lugar em todos os diferentes tipos de veículos seguida do município de Imperatriz.

Tabela 5. Ranking dos cinco municípios maranhenses que apresentam elevado crescimento no quantitativo apenas de automóveis, entre 2008 e 2018.

| 2008 | | Ranking | 2018 | |
|--------|---------------------|---------|---------------------|--------|
| Total | Município | | Município | Total |
| 130277 | São Luís | 1º | São Luís | 203750 |
| 20151 | Imperatriz | 2º | Imperatriz | 45384 |
| 4850 | Paço do Lumiar | 3º | São José de Ribamar | 15607 |
| 4157 | São José de Ribamar | 4º | Paço do Lumiar | 11480 |
| 4046 | Caxias | 5º | Açailândia | 9884 |

Fonte: DETRAN, 2020

São diversos os motivos que podem explicar o relevante aumento apresentado pelos municípios, dentre os quais destaca-se a facilidade no financiamento do carro próprio, culminando no elevado quantitativo de automóveis pela cidade. Na sequência, apresentam-se os quantitativos dos demais tipos de veículos que circulam pelo território ludovicense (Tabelas 6 a 8).

Tabela 6. Ranking dos cinco municípios maranhense que apresentam elevado crescimento no quantitativo de motocicleta, entre 2008 e 2018.

| Os cinco municípios com maior frota de motocicleta | | | | |
|--|------------|---------|------------|--------|
| 2008 | | Ranking | 2018 | |
| Total | Município | | Município | Total |
| 42806 | São Luís | 1º | São Luís | 105459 |
| 26462 | Imperatriz | 2º | Imperatriz | 56101 |
| 13507 | Caxias | 3º | Caxias | 33613 |
| 9844 | Bacabal | 4º | Timon | 28894 |
| 9728 | Balsas | 5º | Balsas | 24943 |

Fonte: DETRAN, 2020.

Tabela 7. Ranking dos cinco municípios maranhenses que apresentam elevado crescimento no quantitativo de ônibus, entre 2008 e 2018.

| Os cinco municípios com maior frota de ônibus | | | | |
|---|---------------------|---------|---------------------|-------|
| 2008 | | Ranking | 2018 | |
| Total | Município | | Município | Total |
| 2827 | São Luís | 1º | São Luís | 4470 |
| 231 | Imperatriz | 2º | Imperatriz | 528 |
| 100 | Açailândia | 3º | São José de Ribamar | 351 |
| 84 | São José de Ribamar | 4º | Açailândia | 276 |
| 77 | Paço do Lumiar | 5º | Caxias | 276 |

Fonte: DETRAN, 2020.

Tabela 8. Ranking dos cinco municípios maranhenses que apresentam elevado crescimento no quantitativo de caminhão, entre 2008 e 2018.

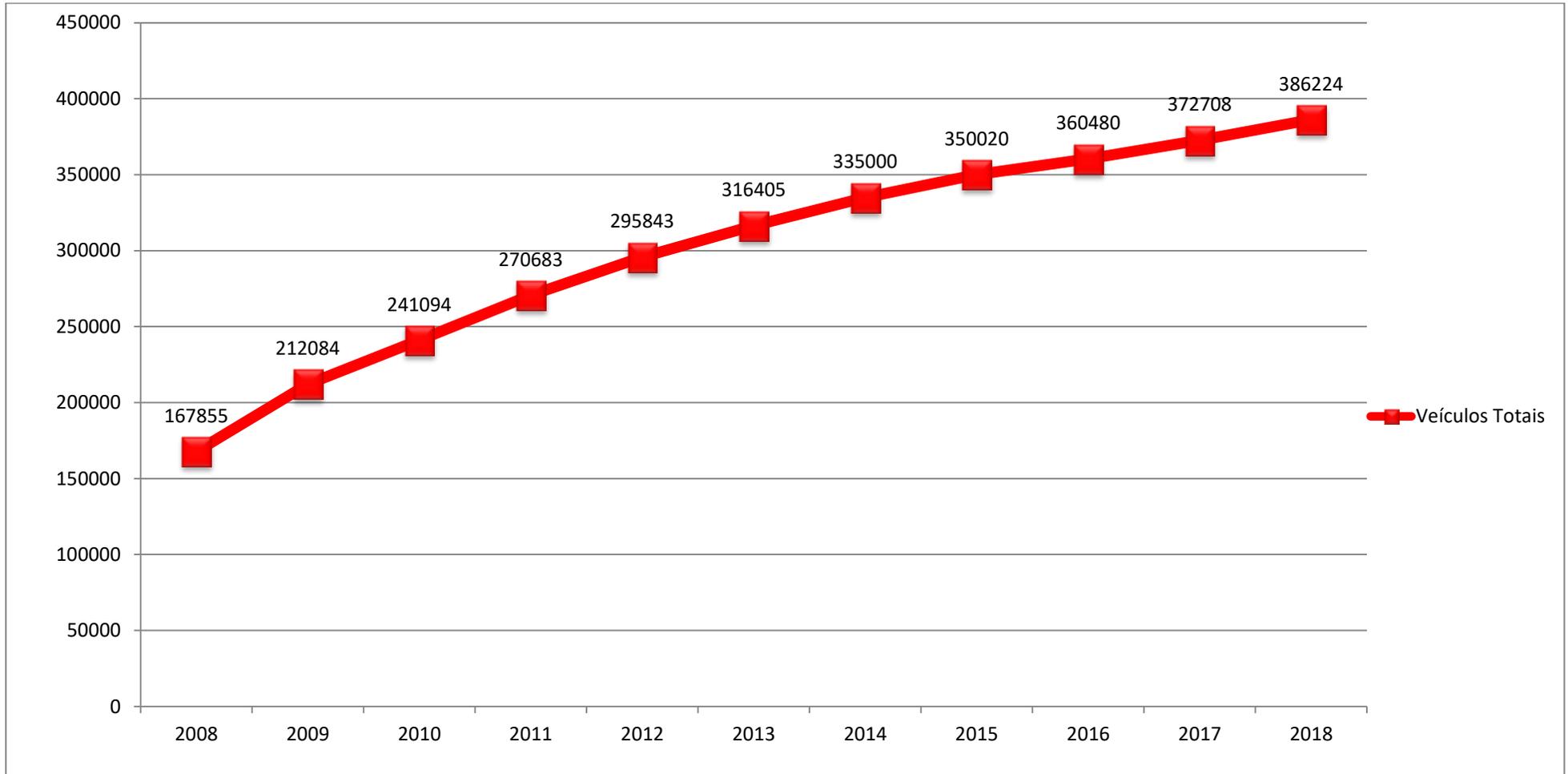
| Os cinco municípios com maior frota de caminhão | | | | |
|---|------------|---------|------------|-------|
| 2008 | | Ranking | 2018 | |
| Total | Município | | Município | Total |
| 6384 | São Luís | 1º | São Luís | 10335 |
| 2190 | Imperatriz | 2º | Imperatriz | 4354 |
| 935 | Balsas | 3º | Balsas | 1957 |
| 848 | Açailândia | 4º | Açailândia | 1807 |
| 647 | Bacabal | 5º | Bacabal | 972 |

Fonte: DETRAN, 2020.

Outros fatores também que podemos mencionar, como propulsores para tais quantitativos, é o aumento da população, da produção industrial e, conseqüentemente, do quantitativo de cargas para transporte.

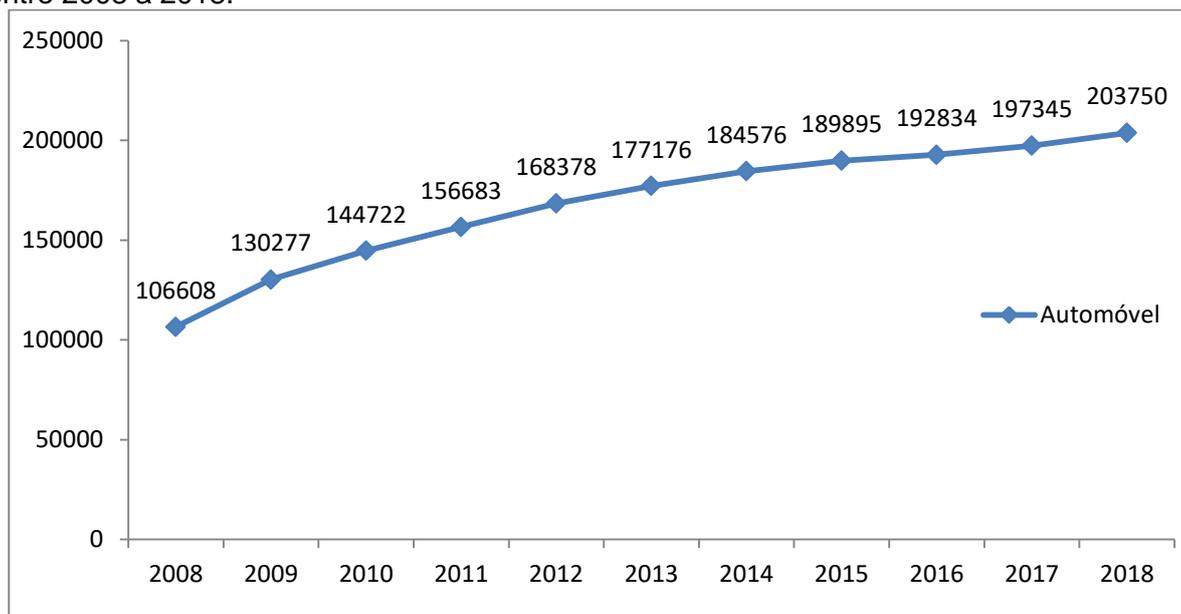
Mas de acordo com os dados apresentados nas tabelas acima, a cidade de São Luís apresentou significativo aumento no quantitativo de veículos automotores (Gráfico 1), principalmente particulares, isto é, automotores e motocicleta; e em veículos de carga, como por exemplo, caminhão. Além destes os veículos coletivos também sofreram certo aumento, entretanto estes não foram tão significativos quanto dos veículos particulares. (Gráficos 2 a 5).

Gráfico 1. Crescimento no quantitativo total de veículos automotores na cidade de São Luís, entre 2008 a 2018.



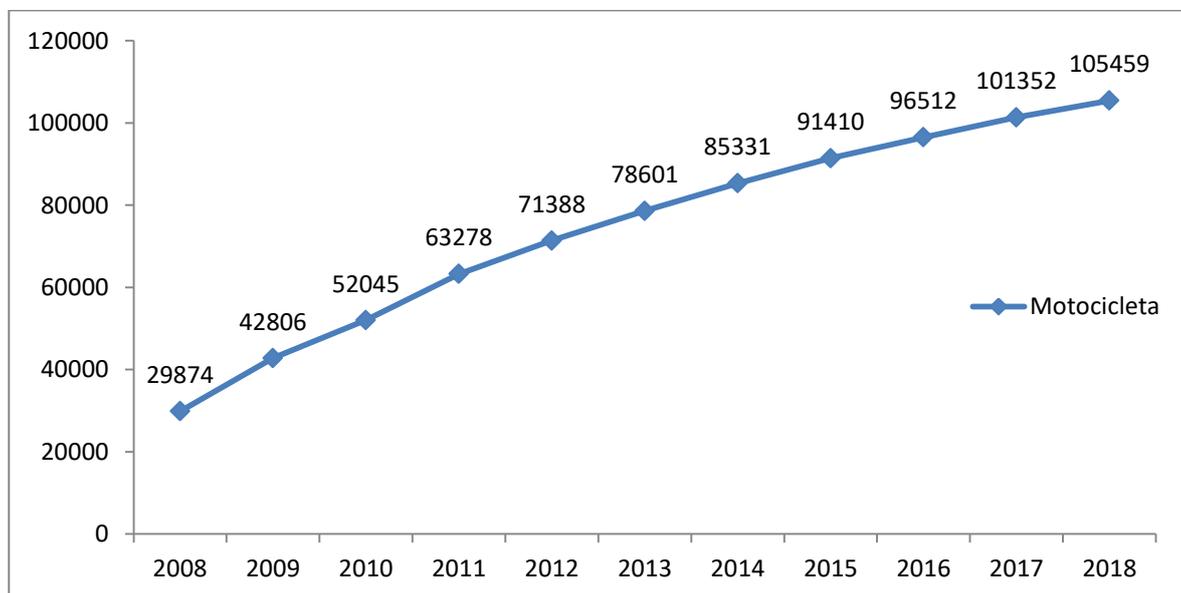
Fonte: DETRAN, 2020

Gráfico 2. Crescimento no quantitativo de automóveis na cidade de São Luís, entre 2008 a 2018.



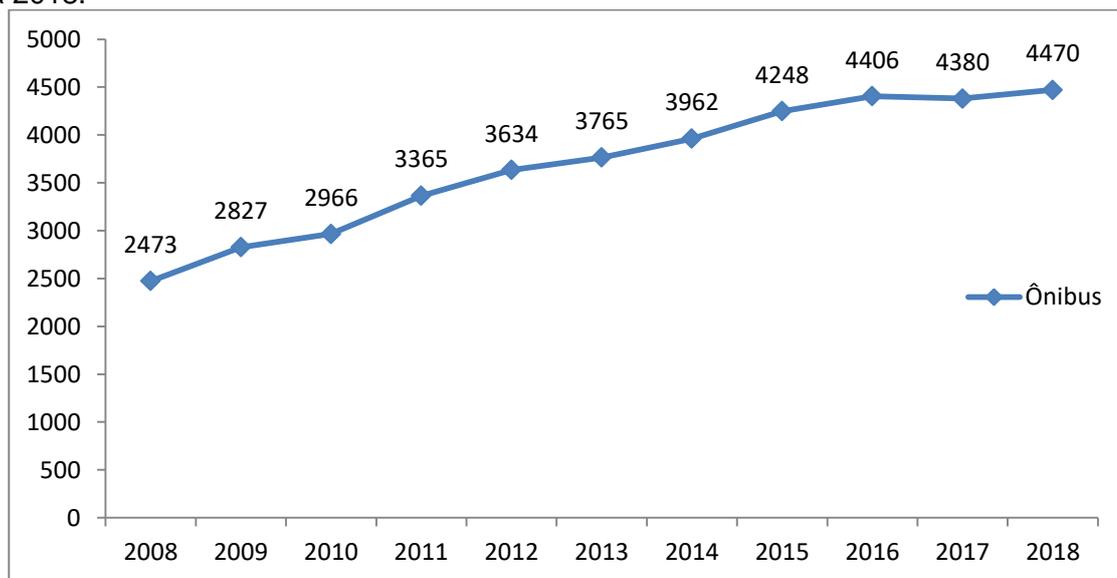
Fonte: DETRAN, 2020.

Gráfico 3. Crescimento no quantitativo de Motocicleta na cidade de São Luís, entre 2008 a 2018.



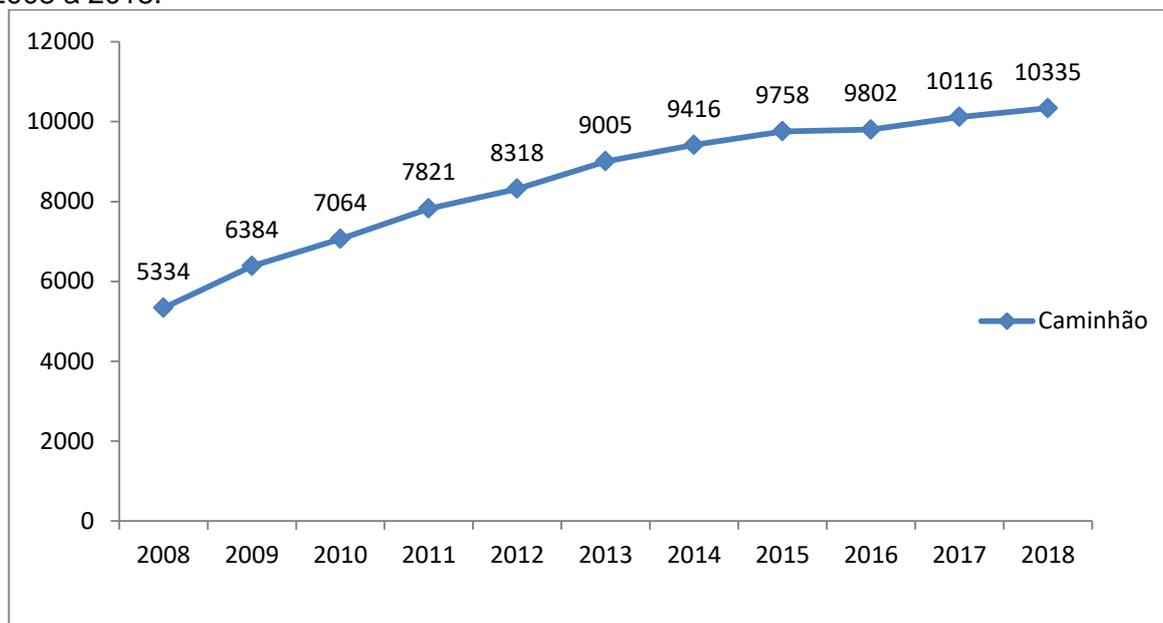
Fonte: DETRAN, 2020.

Gráfico 4. Crescimento no quantitativo de ônibus na cidade de São Luís, entre 2008 a 2018.



Fonte: DETRAN, 2020.

Gráfico 5. Crescimento no quantitativo de caminhão⁵ na cidade de São Luís, entre 2008 a 2018.



Fonte: DETRAN, 2020.

⁵ De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro, a diferença entre caminhão, caminhonete e camioneta, consiste na finalidade do seu uso, sendo o caminhão, geralmente utilizado para transportar cargas pesada, enquanto a caminhonete, possui certo limite de carga, podendo transportar no máximo 3,5 toneladas de cargas; já a camioneta, caracteriza-se por ser um veículo "misto", isto é, pode transportar tanto passageiros quanto cargas. (CTB, 2008).

O elevado ritmo de crescimento no quantitativo de veículos em São Luís leva à preocupação quanto aos possíveis impactos que estes podem causar no ambiente, por meio da emissão de substâncias oriundas da combustão que ocorre no funcionamento dos veículos, as quais podem ser nocivas à saúde pública; dessa forma os veículos automotores, geralmente, são associados como uma das fontes de poluição do ar.

Sobre o quantitativo de veículos também devem-se analisar nos municípios que compõem a Grande Ilha, ou seja: São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. Embora não sejam alvos da pesquisa, pondera-se que os veículos dos demais municípios também podem circular na capital maranhense. Entre 2008 e 2018, São José de Ribamar e Paço do Lumiar dividiram o ranqueamento em terceiro e quarto lugar, conforme dados do DETRAN, quanto ao número de automóveis. Quanto ao número de ônibus, apenas São José de Ribamar permaneceu entre terceiro e quarto lugar. Pela dinâmica da atração econômica que São Luís exerce sobre os demais municípios, provavelmente, esse crescimento caracteriza-se pelos ônibus interurbanos de fluxo entre o município e a capital.

Neste sentido, parte-se do pressuposto que o crescimento dos veículos automotores, embora aqui analisados a partir dos registros de emplacamento na capital, o fluxo diário dos veículos é muito dinâmico e independe de onde foi registrado oficialmente. Ou seja, as emissões de gases poluentes não se restringem aos limites territoriais municipais e podem estar comprometendo a qualidade do ar na capital maranhense.

Almeida (2013) menciona que os compostos que os veículos emitem sobre a atmosfera, podem ser relacionados ao tipo de combustível utilizado para seu funcionamento, com isso o autor afirma que:

Os veículos emitem grande quantidade de dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), Material Particulado e outras substâncias conhecidas como poluentes tóxicos, tais como benzeno, formaldeído, acetaldeídos, compostos orgânicos aromáticos (VOCs) etc. Todos estes compostos, além dos chamados compostos secundários, como ozônio, nitratos e ácidos orgânicos, podem causar efeitos adversos à saúde das pessoas.

Portanto, são estes os aspectos que se levam em consideração ao correlacionarmos as frotas de veículos com a poluição do ar. Outro ponto

relevante, na assertiva acima, diz respeito à categorização dos níveis de poluição, nitidamente observados quando o autor chama atenção para os poluentes secundários, são oriundos da interação entre os poluentes primários.

Aliado a tal assertiva, Carvalho (2011, p. 123) discorre que:

O transporte de pessoas e mercadorias sempre esteve associado à geração de alguma forma de poluição, seja ela atmosférica, sonora ou pela intrusão visual nos centros urbanos, independentemente do modal predominante [...]. Atualmente, o transporte motorizado à combustão assumiu o papel predominante nos deslocamentos cotidianos da população, respondendo por grande parte das emissões de poluentes dos grandes centros urbanos, principalmente os originários da queima dos combustíveis fósseis.

Ressaltam-se, assim, as variadas formas de poluição que os veículos podem proporcionar ao meio, fazendo com que se torne cada vez mais vulnerável à saúde da população residente da cidade, que começou a desenvolver diversos tipos de doenças.

Além disso, os impactos que os veículos causam ao ambiente, principalmente, o urbano, podem ser expressamente intensificados por conta do aumento no quantitativo total de veículos; dentre estes, distinguem-se as emissões de poluentes na atmosfera que, de acordo com Sant'anna et al. (2021), refletem os maiores riscos à saúde da população, classificando ainda os veículos como um dos principais responsáveis pela poluição local.

Nesse mesmo seguimento, Silva et al. (2022), investigaram sobre o Abortamento Espontâneo (AE) em 360 mulheres, em áreas de maior e de menor exposição à poluição atmosférica advinda das emissões veiculares na cidade de São Luís-MA; constataram que há certa influência dos poluentes atmosféricos, oriundos das fontes móveis, nos Abortos Espontâneos (AE), destacando as frotas veiculares como possível fator de risco ao acometimento de abortos espontâneos.

Dessa maneira, é inconteste que os veículos automotores, por meio da queima de combustíveis, contribuem, substancialmente, para a má qualidade do ar, e, por conseguinte, impactando na saúde pública. E tal impacto, se dá, não apenas, sobre as doenças respiratórias, mas também pode ser considerado um fator preponderante, até mesmo no período gestacional, conforme expressado pelos autores anteriormente mencionados.

4.2.2 Fontes Fixas

A construção do espaço geográfico de São Luís se deu por meio do viés econômico, conforme pontuam Santos e Mendes (2005, p. 3), afirmando que “a construção da cidade e do espaço em sua totalidade, está subordinada ao processo de acumulação [...]”. Tal fato fez com que, ao passar dos anos, São Luís vivenciasse significativas transformações, principalmente no seu modo de produção, inserindo-se no contexto do sistema industrial.

Por consequência, houve inúmeros investimentos em instalações de indústrias e siderurgias na cidade, visando favorecer sua economia; não obstante, entende-se que este evento repercutiu em consideráveis decorrências para o ambiente e para a população, principalmente, aos que residem ao entorno dos setores industriais.

Quanto ao contexto histórico do processo industrial, Dourado e Boclin (2008), ressaltam que o estado do Maranhão, em meados do século XIX, foi protagonista de um surto industrial, “[...] como saída encontrada pelo empresariado para superar as dificuldades por que passava a atividade algodoeira do estado. Outros ramos industriais foram surgindo a partir de então [...]” (DOURADO; BOCLIN. 2008, p. 15).

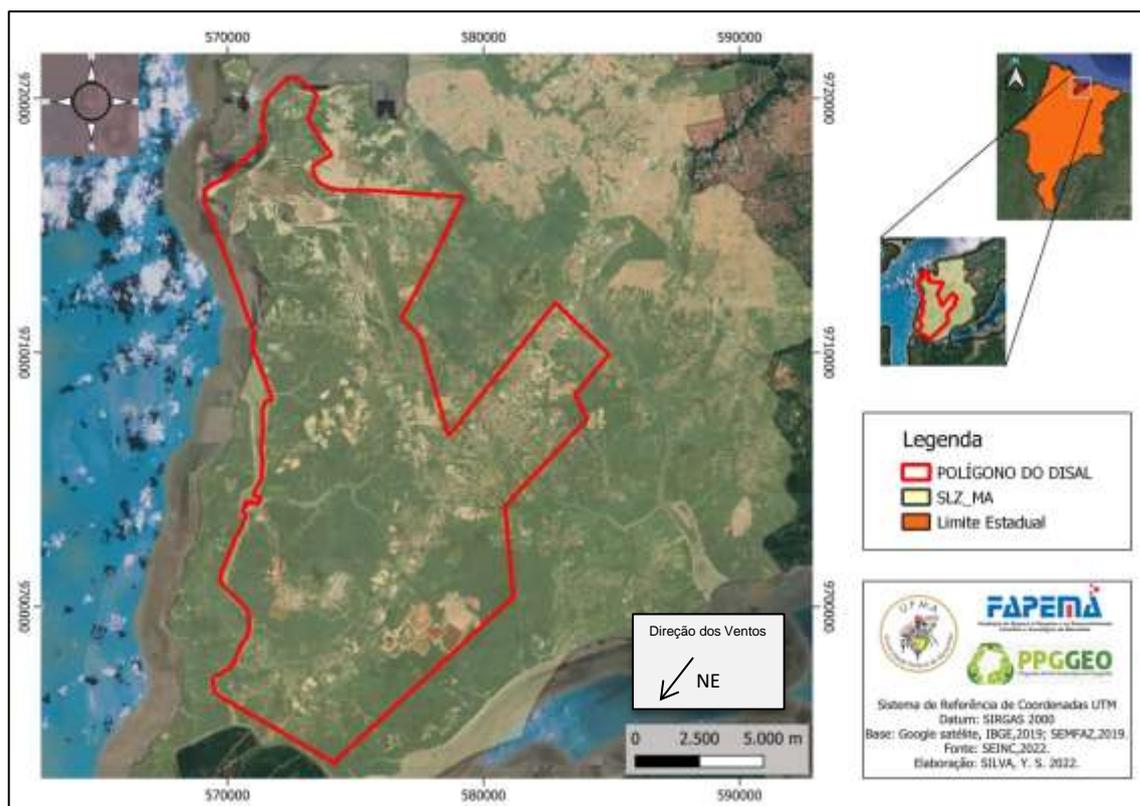
No cenário do crescimento do setor industrial, a cidade de São Luís teve um avanço significativo, principalmente, a partir da década de 60, quando se estabeleceu a antiga CVRD (Companhia Vale do Rio Doce), atual Vale. Nesta mesma década, contou-se com a construção do porto do Itaqui; na sequência, registra-se na década de 80, a instalação da ALUMAR (Alumínio do Maranhão). (CUNHA, 2015, p.147). Esses foram alguns dos grandes empreendimentos que marcaram a evolução das atividades industriais no território ludovicense.

A capital do Estado do Maranhão dispõe ainda, de uma área onde se concentra a produção industrial, a qual é identificada como o Distrito Industrial de São Luís – DISAL (Figura 12), situado na região do Itaqui-Bacanga, próximo da BR-135, nas mediações de diversos bairros na zona rural de São Luís.

Vale ressaltar que o DISAL, encontra-se numa localização estratégica no município de São Luís, tanto por se situar próximo das principais vias (Figura 13) propícias ao fluxo de produtos e mercadorias, quanto por conta dos

aspectos físicos, no que se refere à direção dos ventos que, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), por meio da estação meteorológica automática (ID: 82280), localizada no Parque do Itapiracó, aponta que os ventos no território ludovicense dar-se-ão, predominantemente, na direção NE (Nordeste), sendo este um fator relevante que pode influenciar a dispersão dos poluentes atmosféricos.

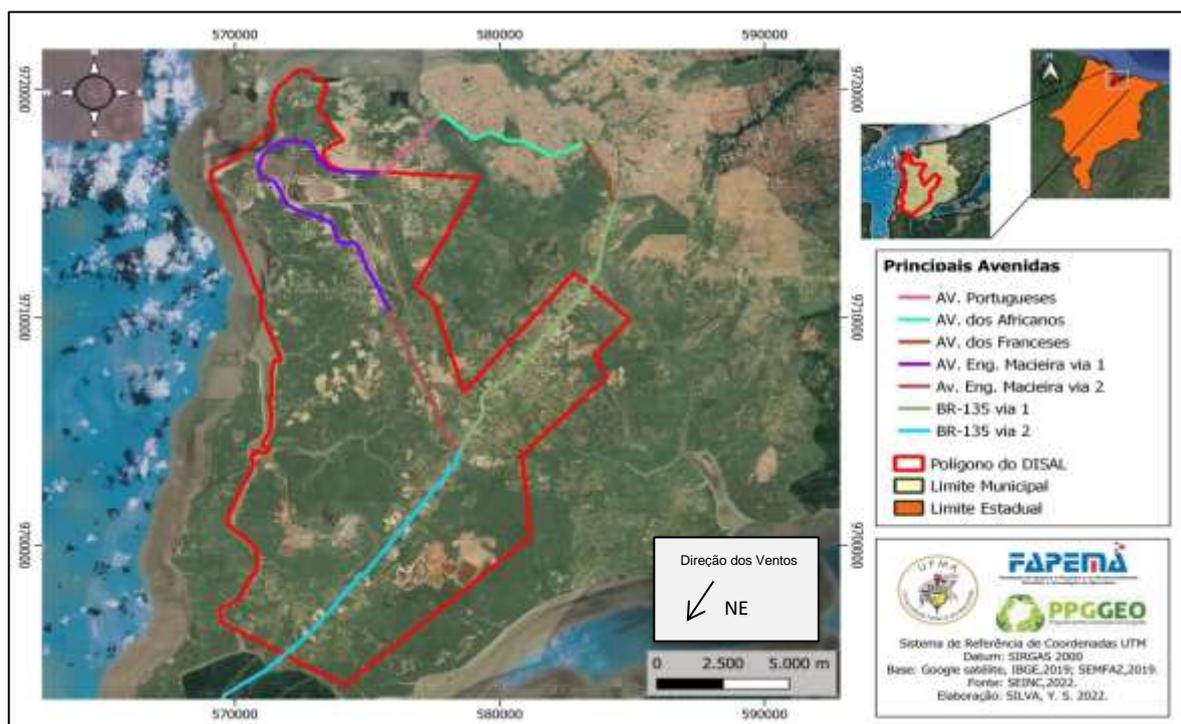
Figura 12. Localização da área do Distrito Industrial



Elaboração: SILVA, Y. S., 2022

Vale mencionar ainda que, no polígono do DISAL, têm-se duas prováveis áreas de potencial poluição, tanto no que diz respeito às fontes fixas (indústrias), quanto às fontes móveis (tráfego de veículos), conforme indicadas na (Figura 13).

Figura 13. DISAL e as principais avenidas de fluxos de cargas e passageiros.



Elaboração: SILVA, Y. S., 2022.

Compreende-se que cada área da capital maranhense requer demasiada atenção, mas, destaca-se principalmente o polígono do DISAL, pelo fato de concentrar grande parte do setor industrial e, por conseguinte, de haver considerável circulação de veículos automotores nas principais malhas viárias da cidade. Dessa forma, esta área reúne duas possíveis fontes de poluição que podem gerar impactos expressos tanto no ambiente quanto na saúde pública, por isso, é de suma importância a realização do monitoramento da qualidade do ar nesta área.

Este monitoramento, *a priori* iniciou-se com os principais empreendimentos industriais, são eles: Vale, ALUMAR e EMAP; posteriormente, contou-se com as ações da Secretaria Estadual de Indústria e Comércio (SEINC), que obedecendo às obrigações legais, realiza o monitoramento dos níveis de poluentes nesta área.

No que concerne à distribuição da população que já residiam na área onde hoje situa-se o DISAL, a referida instituição afirma que grande parte concentra-se, relativamente, às margens da BR-135, (SEINC, 2017); ou seja, essas pessoas estão sujeitas tanto às emissões de poluentes oriundas dos processos industriais, quanto dos veículos de carga e particulares que circulam

nesta via, a qual é considerada como uma das principais áreas de tráfego da cidade de São Luís, isto é, porta de entrada e saída da cidade.

Além disso, a SEINC, pontua ainda que o DISAL:

[...] engloba atualmente o conjunto de 107 empresas em operação, divididas em atividades extrativas, comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas, de produtos, transporte e armazenagem de materiais, eletricidade e gás, indústria de transformação, entre outros. (SEINC, RT-AIR 69-16, 2017. p. 03).

Para isso, o distrito dispõe de estruturas favoráveis a fim de obter a concretização das suas atividades, conforme os relatos da SEPLAN (2018, p. 21):

Esse distrito apresenta toda a infraestrutura operacional necessária: acesso rodoviário, energia elétrica, água, telefone, fax e telex, constituindo um estímulo para implantação de indústrias de todos os portes.

Corroborando com tais afirmações, apresenta-se na (Tabela 9) a classificação dos tipos de indústrias existentes no DISAL, bem como, seus respectivos vieses de produção que, de certa maneira, acarreta a emissão de determinados poluentes.

Tabela 9. Indústrias presentes na área do DISAL

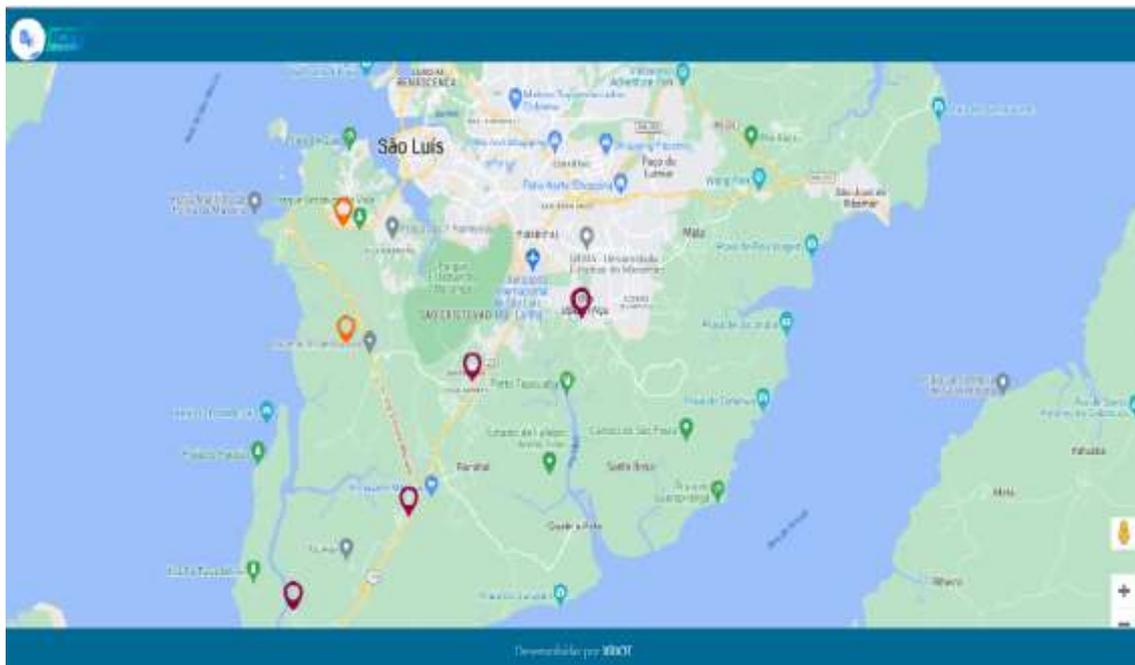
| Empreendimentos e vias | Área de atuação | Parâmetros |
|---|--|---------------------------------|
| Coca-Cola | Fabricação de refrigerantes e outros produtos diversos | PTS, MP10, MP2.5, SO2, CO, NOx |
| Eneva | Produção de energia termoelétrica via consumo/queima de carvão mineral | PTS, MP10, MP2.5, SO2, CO, NOx |
| Porto do Itaqui | Área portuária de carga, descarga e estocagem de matérias-primas diversas, como insumos industriais e grãos variados. | PTS, MP10, MP2.5, SO2, CO, NOx |
| Alumar | Produção de alumínio | PTS, MP10, MP2.5, SO2, CO, NOx |
| Vale (Complexo Portuário Ponta da Madeira) | Área industrial anexa ao Porto do Itaqui destinada à movimentação e estocagem de materiais como minério de ferro, soja, ferro gusa, milho e farelo de soja | PTS, MP10 e MP2.5, SO2, CO, NOx |
| Ambev | Fabricação de refrigerantes e outros produtos diversos | PTS, MP10, MP2.5, SO2, CO, NOx |
| Cimentos Bravo | Produção de cimento | PTS, MP10, MP2.5 |
| Votorantim Cimentos | Produção de cimento | PTS, MP10, MP2.5 |
| Vias de tráfego | Tráfego de caminhões devido ao transporte e distribuição de materiais | PTS, MP10, MP2.5, SO2, CO, NOx |

Fonte: SEINC, RT-AIR 69-16, 2017, p. 33

Com isso, tem-se como pressuposto que a principal fonte fixa de poluente de São Luís é a área de abrangência do DISAL, uma vez que esta área concentra uma diversidade de atividades industriais da cidade que tende a fortalecer-se cada vez mais, intensificando, assim, suas produções e refletindo, consideravelmente, na degradação do ambiente, na qualidade do ar e, por conseguinte, na saúde pública, favorecendo ao adoecimento por agravos do sistema respiratório.

Atendendo as diretrizes das legislações ambientais, a Secretaria Estadual de Indústria e Comércio (SEINC), efetuou ações com a finalidade de iniciar o monitoramento no polígono do DISAL, isto é, contratou uma empresa para realizar o relatório sobre qualidade do ar no DISAL, publicado no ano de 2017, visando identificar quais os pontos do polígono do DISAL, constituíam-se como os mais estratégicos para instalar as estações de monitoramento da qualidade do ar (Figura 14).

Figura 14. Estações de monitoramento da qualidade do ar no DISAL



Fonte: Portal SEIC, 2022

Na (Figura 14), identifica-se a localização das seis estações de monitoramento da qualidade do ar; quatro delas se apresentam na cor vermelha e duas, na cor laranja. Vale ressaltar que esta é uma rede de

monitoramento em tempo real, sendo realizada a captura de imagem no dia 19 de dezembro de 2022, às 15:00h. Os ícones apresentam cores distintas, conforme a concentração de poluentes expostos em cada uma de suas localidades; de acordo com a SEIC, as cores obedecem à classificação descrita na (Tabela 10). Ou seja, das 06 estações, 04 apresentaram-se como “muito ruim” e 02, como “ruim”.

Tabela 10. Classificação dos diferentes níveis de concentração de poluentes na atmosfera

| Qualidade do Ar | Índice | MP ₁₀ (µg/m ³) 24h | MP _{2,5} (µg/m ³) 24h | O ₃ (µg/m ³) 8h | CO (ppm) 8h | NO ₂ (µg/m ³) 1h | SO ₂ (µg/m ³) 24h |
|-----------------|-----------|---|--|--|-------------------|---|--|
| N1 - Boa | 0 - 40 | 0 - 50 | 0 - 25 | 0 - 100 | 0 - 9 | 0 - 200 | 0 - 20 |
| N2 - Moderada | 41 - 80 | >50 - 100 | >25 - 50 | >100 - 130 | >9 - 11 | >200 - 240 | >20 - 40 |
| N3 - Ruim | 81 - 120 | >100 - 150 | >50 - 75 | >130 - 160 | >11 - 13 | >240 - 320 | >40 - 365 |
| N4 - Muito Ruim | 121 - 200 | >150 - 250 | >75 - 125 | >160 - 200 | >13 - 15 | >320 - 1130 | >365 - 800 |
| N5 - Péssima | 201 - 400 | >250 - 600 | >125 - 300 | >200 - 800 | >15 - 50 | >1130 - 3750 | >800 - 2620 |

Fonte: Cetesb, 2019

O relatório de qualidade do ar disponibilizado pela SEIC dispõe sobre diversas análises comparativas entre os poluentes e suas respectivas fontes. Uma destas está expressa na (Tabela 11), na qual observa-se o quantitativo de poluentes que os diferentes tipos de indústrias e veículos emitem na atmosfera, destacando as principais vias presentes na área distrital, que possuem consideráveis níveis de movimentação de transportes de carga e de indivíduos.

Tabela 11. Respective taxas de emissão de poluentes conforme as diversas fontes.

| ATIVIDADE | Taxa de emissão (kg/h) | | | | | |
|----------------------|------------------------|------|-------|------|------|------|
| | PTS | MP10 | MP2,5 | SO2 | NOx | CO |
| Alimentícia | 1,91 | 1,70 | 1,56 | 7,00 | 9,67 | 0,28 |
| Produção de Cimentos | 7,08 | 5,91 | 3,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

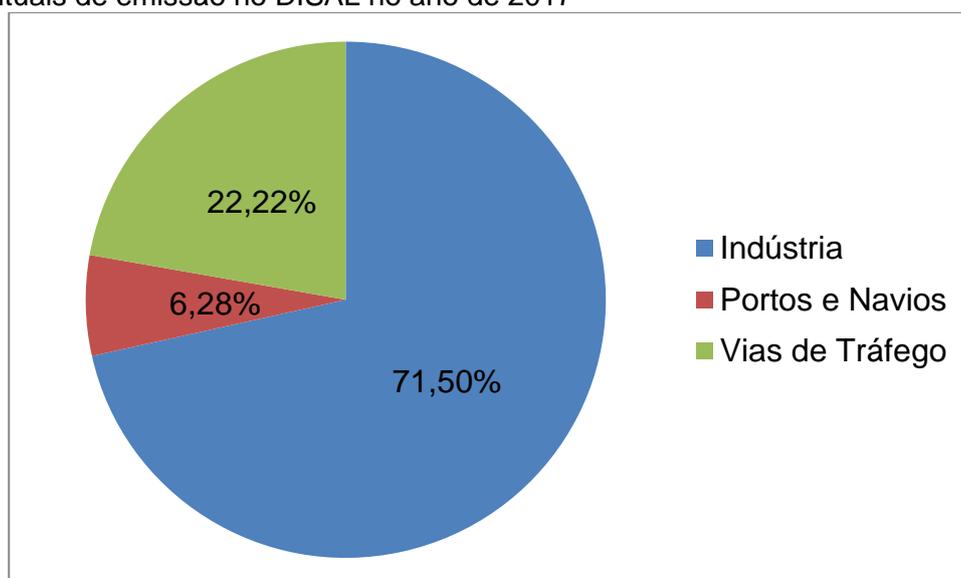
| | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Geração de Energia | 35,85 | 22,88 | 9,99 | 1296,72 | 596,52 | 188,64 |
| Produção de Alumínio * | 56,6 | 40,18 | 17,72 | 1803,82 | 0,00 | 0,00 |
| Estocagem e Transporte de Minério | 67,47 | 32,14 | 4,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de Emissões - Indústrias | 168,91 | 102,81 | 37,23 | 3107,54 | 606,19 | 188,92 |
| Porto do Itaqui | 18,65 | 16,33 | 14,56 | 90,45 | 94,41 | 12,41 |
| Terminal Portuário da Alumar | 6,31 | 4,14 | 2,49 | 2,20 | 17,05 | 2,19 |
| Terminal Portuário da Vale | 11,61 | 7,39 | 4,17 | 28,63 | 28,63 | 3,94 |
| Terminal Portuário da Eneva | 1,22 | 0,58 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de Emissões - Portos e Navios | 37,79 | 28,43 | 21,31 | 121,28 | 142,50 | 18,54 |
| Avenida dos Portugueses | 40,83 | 8,52 | 2,66 | 0,14 | 5,66 | 20,83 |
| Avenida dos Franceses | 111,09 | 23,20 | 7,24 | 0,27 | 15,41 | 51,55 |
| BR135 - Entre Bacabeira e o trevo com a Eng ^o Marceira | 272,93 | 57,32 | 17,79 | 0,33 | 38,64 | 50,96 |
| BR135 - Entre o trevo com a Eng ^o Marceira e o Aeroporto | 129,91 | 27,26 | 8,46 | 0,17 | 18,31 | 38,32 |
| Eng ^o Emiliano Macieira - Entre a Rua da Igreja (Vila Maranhão) e Anjo da Guarda | 112,3 | 23,44 | 7,33 | 0,38 | 15,58 | 57,30 |
| Eng ^o Emiliano Macieira - Entre o trevo com a BR135 e a Rua da Igreja (Vila Maranhão) | 34,56 | 7,27 | 2,26 | 0,03 | 4,93 | 4,76 |
| Vias Internas do Porto do Itaqui | 78,77 | 15,19 | 3,75 | 0,00 | 0,56 | 0,09 |
| Total de Emissões - Vias de Tráfego | 780,38 | 162,21 | 49,48 | 1,32 | 99,10 | 99,10 |
| Total de Emissões - DISAL | 987,09 | 293,46 | 108,02 | 3230,14 | 847,8 | 431,26 |
| * Não considera parte da planta da Alumar que está inoperante e sem perspectiva de retorno. | | | | | | |

Fonte: SEINC, RT-AIR 69-16, 2017, p. 37.

De acordo com o exposto na tabela (11), pontua-se que a área do DISAL dispõe de uma série de fatores que contribuem para um agravamento no cenário da qualidade do ar desta região; das fontes apresentadas, dá-se destaque para a produção industrial, com considerável participação na emissão de poluentes na atmosfera (Gráfico 6), com destaque ao SO₂, dióxido de

enxofre, com aproximadamente, 3107,54 kg/h, enquanto a emissão veicular se destaca na emissão do poluente PTS, com cerca de 780,38 kg/h. Em contrapartida, as emissões totais dos transportes marítimos foram as que se expressaram poucas acentuadas, no entanto, ainda assim, observa-se uma inclinação preponderante para a emissão de NOx na atmosfera, com aproximadamente 142,50 kg/h.

Gráfico 6. Diferentes fontes de poluentes atmosféricos e seus respectivos percentuais de emissão no DISAL no ano de 2017



Fonte: SEINC, 2017

A SEINC, implantou o sistema de monitoramento, conforme as exigências das leis ambientais, com a finalidade de indicar para a população - através das informações das seis estações em tempo real - qual a melhor rota a seguir, em seus percursos, que não possuem elevadas concentrações de poluentes atmosféricos.

Por dispor de diversas fontes poluidoras, o DISAL carece do monitoramento regular de suas qualidades ambientais; esse cenário, somado, principalmente, às diretrizes das leis ambientais que impulsionaram a SEINC na realização do primeiro relatório de dimensionamento da qualidade do ar do Distrito Industrial de São Luís, documento que fora base primordial na discussão das possíveis fontes poluidoras.

Tal situação desperta na comunidade acadêmica indagações sobre as possíveis problemáticas e impactos que as populações do DISAL enfrentam,

destacam-se ainda, algumas investigações relevantes sobre a área do DISAL. Como por exemplo, a discussão realizada por Viana (2015), que se propôs a investigar os adoecimentos e óbitos por doenças respiratórias no bairro Vila Maranhão, inserida no setor industrial da cidade, constatando, por meio da análise estatística, indícios da relação entre os impactos causados pelas atividades industriais e os adoecimentos por agravos do sistema respiratório.

Ademais, Rios (2014), demonstrou em suas análises os impactos oriundos da instalação da Usina Termelétrica do Porto do Itaqui, os quais, segundo a autora, exerce tanto influências nas mudanças do espaço territorial, quanto na saúde pública das populações que residem nas proximidades.

Outros debates, correlacionando o setor industrial e a saúde pública, também foram levantados, por meio dos estudos de Amorim (2015), inferindo que, de forma indireta, as indústrias do DISAL podem ter influências tanto no agravamento da situação de saneamento básico, quanto na problemática dos serviços de saúde.

Conforme os relatos apresentados pela autora supramencionada, o serviço de saúde na comunidade encontra-se em situação de carência, pois ela aponta que não fora identificado a presença de postos de saúde na comunidade, fator que impulsionam os residentes a deslocar-se para as áreas adjacentes, como a Vila Maranhão e Anjo da guarda.

Dessa forma, nota-se que são diversas as problemáticas que ocorrem nesta área da cidade de São Luís, o que se intensifica mais ainda, por esta ser uma região onde se concentra, praticamente, senão toda, mas uma grande parcela das empresas do setor industrial da capital do Maranhão.

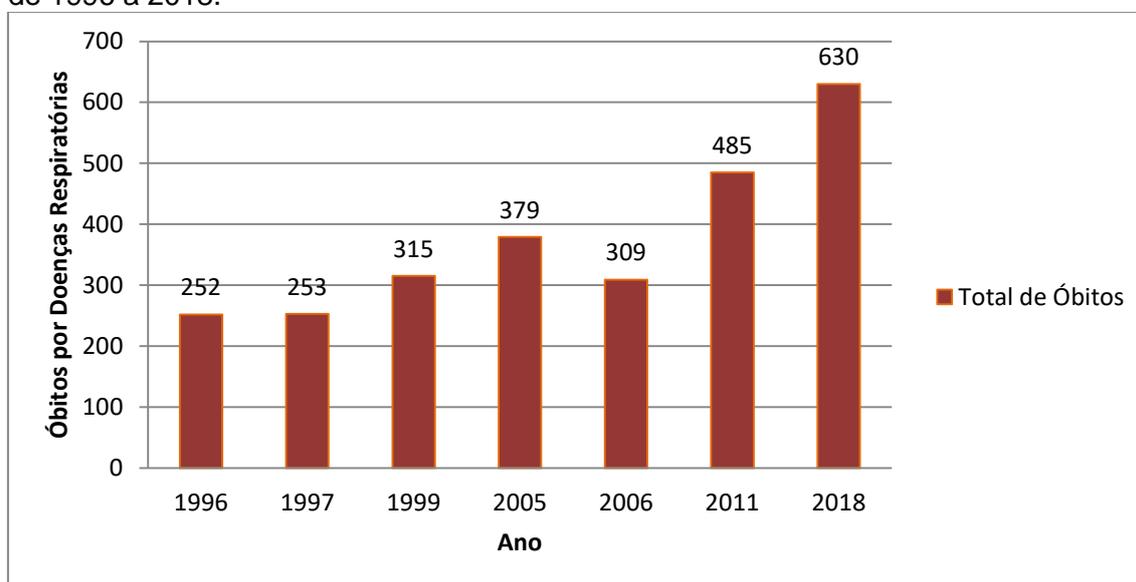
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As doenças respiratórias são agravos ocorridos, principalmente no setor urbano da cidade, sendo um dos principais indicativos da falta de qualidade do ar, pela intrínseca relação que estes possuem; dessa forma podemos afirmar que a ocorrência de muitas doenças respiratórias constitui-se como consequência do elevado nível de poluição atmosférica.

Presume-se que os aspectos inerentes à poluição do ar foi o propulsor para a evolução do quadro epidemiológico da cidade de São Luís, que registrou acentuado aumento nas ocorrências de óbitos por doenças respiratórias, conforme podemos observar no (Gráfico 7), que aponta o aumento de 40% no número de óbitos por doenças respiratórias em 22 anos.

Nesse período as doenças respiratórias encontravam-se em 1996 como a 7º causa de óbitos; já em 2018, fora qualificada como a 4º causa de óbitos, segundo o Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), classificada por meio de óbitos por residência.

Gráfico 7. Óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís, no período de 1996 a 2018.



Fonte: SIM/DATASUS, 2019

Ao identificar tal fenômeno, surgiram questionamentos norteadores, tais como: Há um padrão na distribuição espacial dos casos de doenças respiratórias? Há concentração de casos em determinados locais da capital?

Qual ou quais o(s) fator(es) que proporcionaram esses registros elevados? Qual a faixa etária mais atingida? Há um padrão temporal na ocorrência dos casos de doenças respiratórias?

Dessa forma, realizou-se o estudo a fim de elucidar tais indagações, descrevendo na presente seção, o cenário epidemiológico da cidade de São Luís, onde observaram-se registros consideráveis de ocorrência dos agravos do sistema respiratório, sendo analisado o quantitativo total anual e mensal de internações por doenças do trato respiratório superior e inferior.

No (Gráfico 8), assinalam-se os dados referentes ao quantitativo anual de internações por doenças respiratórias nas unidades de saúde tanto da rede privada quanto pública. Neste pode-se observar que os anos 2009, 2010 e 2011 tiveram certo pico em seus registros, contemplando, respectivamente, o total de 5.164; 4.995 e 4.770 casos de internações por doenças respiratórias.

Estima-se que a cidade de São Luís dispõe de aproximadamente 1.115.932 habitantes (IBGE, 2021), dessa forma, nos referidos anos de destaque, o adoecimento de doenças respiratórias representa cerca de 0,53%, do total populacional.

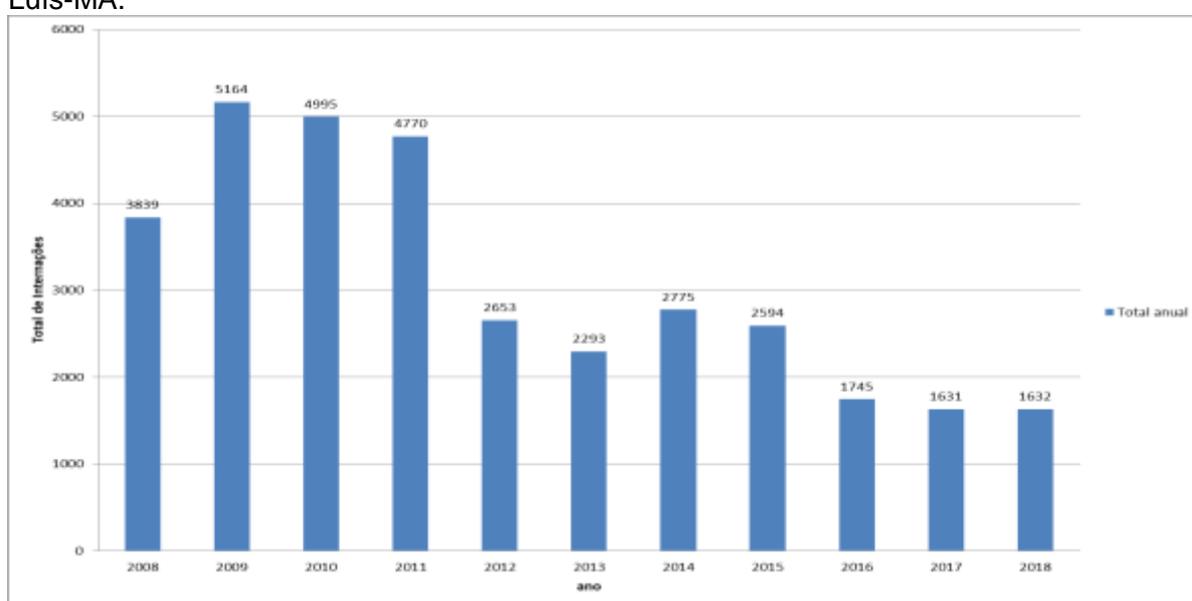
Vale mencionar que, a partir do dia 1º de março de 2012, conforme Portaria nº763/2011 do Ministério da Saúde, o cadastro e uso do Cartão Nacional de Saúde (CNS) passaram a ser obrigatórios para os usuários do SUS, com a finalidade de manter um banco de dados com registros das informações hospitalares e, ainda, reunir todas as informações dos pacientes em um único banco de dados, contribuindo, assim, para manter a segurança na disponibilidade da informação. Importante ressaltar que alguns documentos são exigidos para fazer o CNS, dentre os quais: Documento de Identificação com foto (RG, CNH ou Passaporte); Certidão de nascimento ou casamento; CPF e Comprovante de residência, esse último precisa estar no nome do paciente ou de familiares.

Entretanto, algumas subnotificações ou imprecisões ainda existem sobre a procedência geográfica dos usuários do CNS, pois no ato do cadastro podem indicar outro município que não seja onde reside para garantir o acesso aos serviços de saúde (OLIVEIRA, MADEIRA, PAZ, 202).

Nesse contexto, observa-se que a cidade de São Luís, identifica-se como centro urbano polarizador, ofertando um quantitativo de serviços e

equipamentos urbanos, dentre os quais os de saúde, como os hospitais para internações; o que faz com que uma parcela da população que reside nos municípios continentais do estado, se desloque para a capital, em busca de assistências médicas, fato esse que pode influenciar no quantitativo total dos dados ou subdimensionar as informações sobre a procedência geográfica dos pacientes internados ou dos registros de óbitos. A exigência de apresentação da CNS a partir de 2012, possivelmente explique a redução dos registros de 2011 para 2012, conforme o (Gráfico 8).

Gráfico 8. Registro anual de internações por doenças respiratórias em São Luís-MA.



Fonte: AIH/DATASUS, 2020

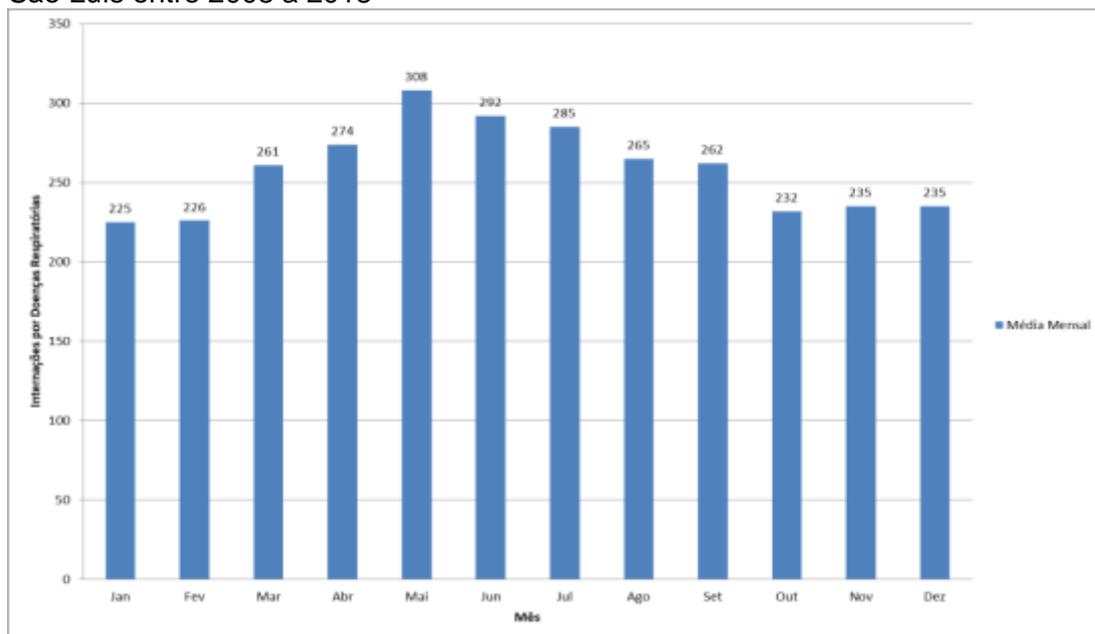
Ainda conforme o (Gráfico 8), nota-se, um demasiado declínio no total de internações por ano, pois 2017 e 2018 registraram o menor o total de casos de internações por doenças respiratórias no período de dez anos de análise, apresentando, respectivamente, o total de 1.631 e 1.632.

Tal cenário pode ter sido favorecido por meio dos avanços e modernização na saúde, como por exemplo, a implantação das Unidades de Pronto Atendimento (UPA), que baseiam-se na Política Nacional de Urgência e Emergência (PNUe), estabelecida pelo Ministério da Saúde (MS) em 2003, com a finalidade de estruturar e organizar o sistema de atendimento.

Em seguida, foram regulamentadas pela Portaria Nº 2.648, de 7 de novembro de 2011, somado a isso, em 2016 foi instalado um modelo de atendimento, que consiste na classificação de risco, uma forma de avaliar o grau da urgência de cada paciente, o que de certa forma otimizou o atendimento no sistema hospitalar, podendo assim, minimizar o agravamento e a evolução de determinados quadros clínicos.

No (Gráfico 9) os resultados da média mensal de internações por agravos do sistema respiratório, observa-se um certo padrão temporal da doença no decorrer do ano, em que no primeiro trimestre destaca-se o mês de março, tendo cerca de 261 internações por doenças respiratórias, no segundo trimestre, destaca-se o mês de maio com aproximadamente 308 casos de internações hospitalares.

Gráfico 9. Média Mensal de Internações por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 a 2018

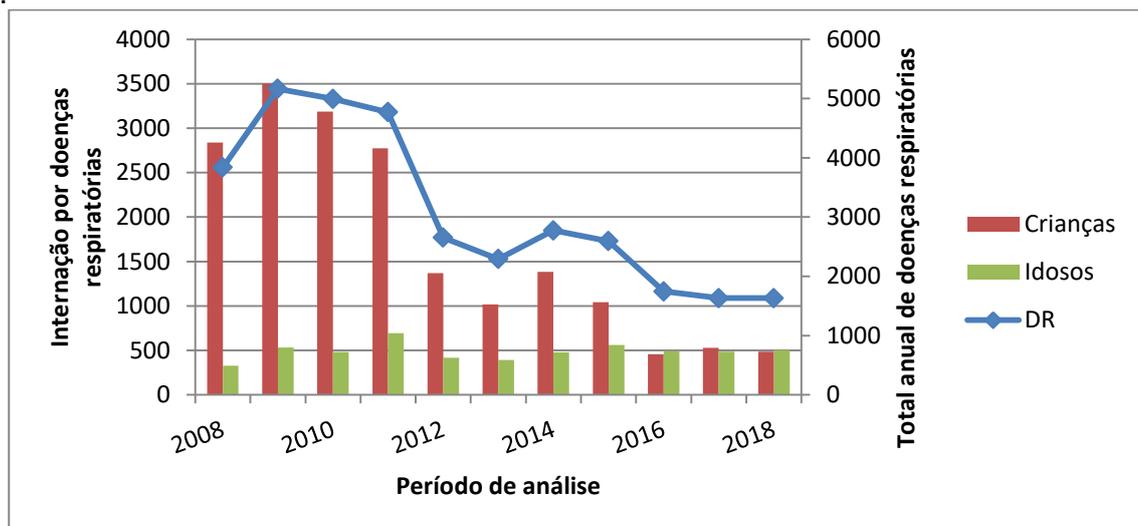


Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Ao longo do período de análise nota-se certo declínio no terceiro trimestre, correspondente aos meses de julho, agosto e setembro.

Efetuar-se-á ainda, as análises quanto à faixa etária de incidência das doenças respiratórias; nestas destacaram-se duas faixas que apresentaram um quantitativo significativo quanto à internação; as crianças de 5 a 10 anos e os idosos acima de 60 anos, conforme se apresenta no (Gráfico 10).

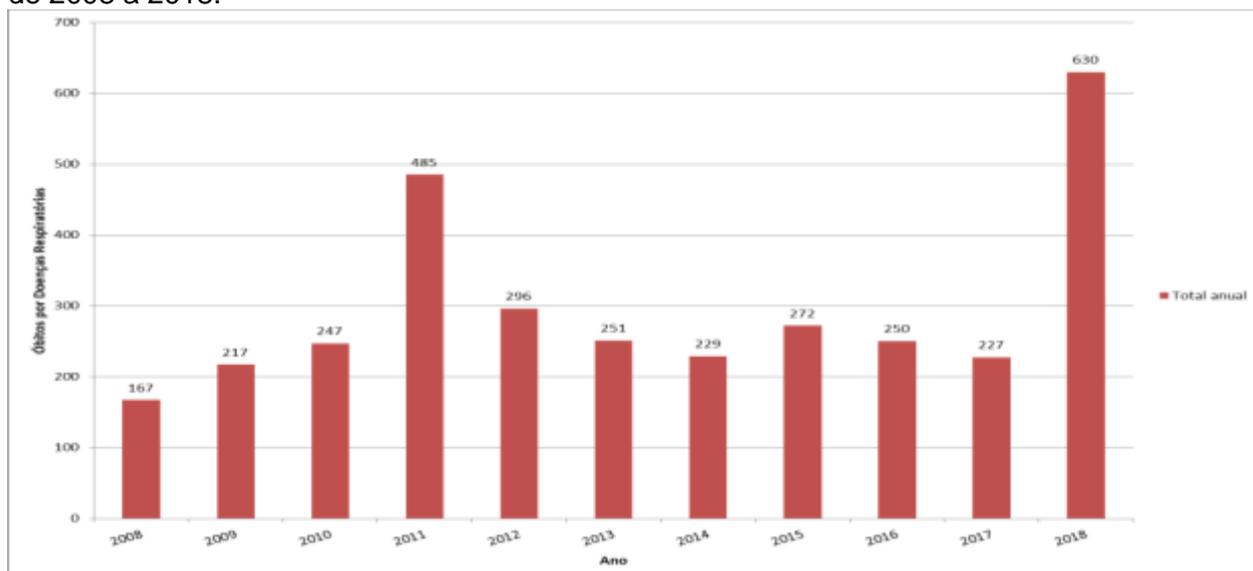
Gráfico 10. Incidência de internação por doenças respiratórias em crianças e idosos.



Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Para além desta perspectiva, apresenta-se no (Gráfico 11) o total anual de óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís. Nele é notável o cenário distinto às internações, visto que os anos que apresentaram registros significativos do seu total de óbitos foram 2011, 2012 e 2018, tendo respectivamente, 485; 396 e 630 óbitos causados por agravos do sistema respiratório.

Gráfico 11. Óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís, no período de 2008 a 2018.



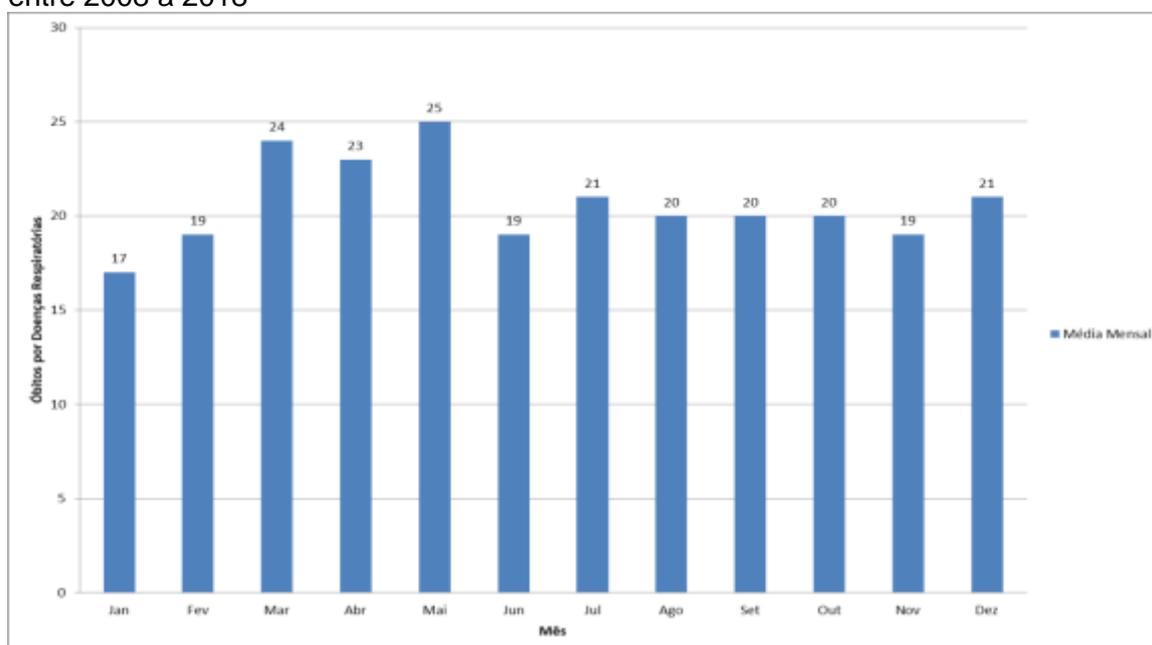
Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Diante disso, pode-se fazer uma comparação entre o quantitativo de óbitos com as internações, pois, como fora já exposto, os anos de 2009, 2010 e 2011 destacaram-se como sendo o período de maior registro de internações, todavia, ao discutirem-se sobre os óbitos, o referido cenário apresenta certa variação, sobressaindo os anos de 2011, 2012 e 2018 que registraram totais expressivos de óbitos por doenças do trato respiratório.

Neste podemos perceber que nos anos de elevado registro de internações, a quantidade de óbitos apresentou-se inversamente proporcional, exceto no ano de 2011, o qual expôs significativos registros de internação e óbitos por doenças respiratórias.

Realizou-se ainda, a análise da média mensal dos óbitos por doenças respiratórias (Gráfico 12); assim, como fora demonstrado nas internações. Nela destacam-se, no primeiro trimestre, o mês de março, com cerca de 24 óbitos; no segundo, maio, com 25; no terceiro julho, com 21 óbitos e no último trimestre, o mês de dezembro que apresentou o mesmo quantitativo de óbitos do mês de julho.

Gráfico 12. Média mensal de óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 a 2018



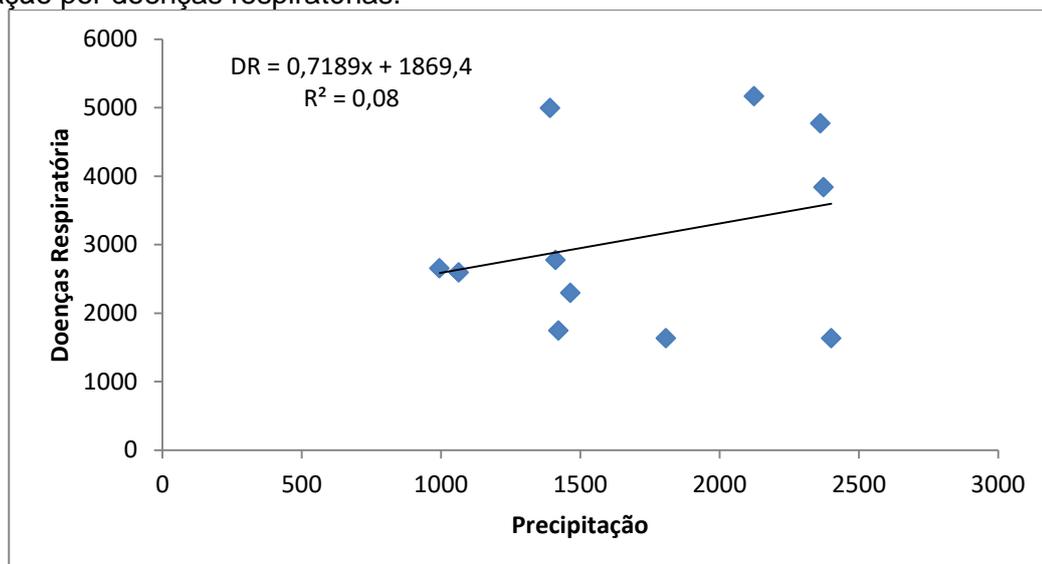
Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Numa visão geral, pode-se apontar como destaque o mês de maio com maiores registros de óbitos por doenças respiratórias, fato este semelhante ao que fora observado nos dados de internação.

Por conta disso, pode-se apontar o referido mês como sendo o período de maior pico da doença na cidade de São Luís. A tal fato podem-se associar as condições naturais que aliadas com as fontes de poluição do ar podem favorecer para o agravamento deste cenário no decorrente período.

Conseqüentemente, realizaram-se análises estatísticas correlacionando as ocorrências de doenças respiratórias e as variáveis climáticas. Nesta, a pluviosidade e a temperatura foram as variáveis que apresentaram forte correlação. Conforme apresenta-se no (Gráfico 13).

Gráfico 13. Regressão entre a precipitação pluviométrica e os casos de internação por doenças respiratórias.

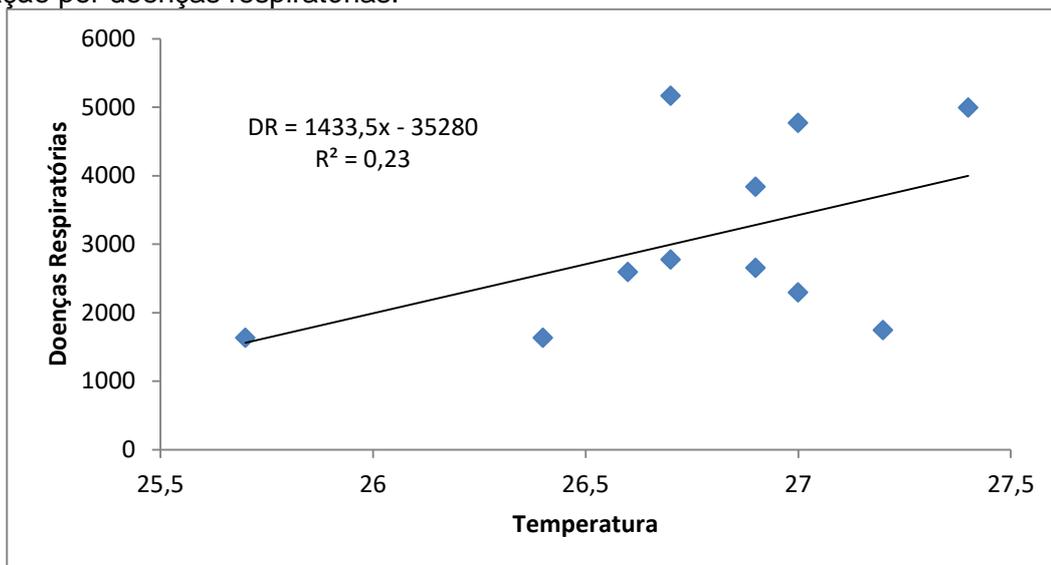


Fonte: AIH/DATASUS, 2020

No (Gráfico 13), observa-se a análise de regressão linear entre os casos de doenças respiratórias e os níveis de precipitação acumulada, onde pode-se notar que a reta inclinada para cima, indica que há uma relação diretamente proporcional entre as variáveis, no entanto, o grau de explicação dos níveis de pluviosidade sobre as doenças respiratórias é de grau fraco ($R^2 = 0,08$), isto porque a pluviosidade faz o papel de “limpeza” do ar ao precipitar sobre a superfície.

Na análise de regressão linear entre os casos de doenças respiratórias e a temperatura média mensal, apresentada no (Gráfico 14), notou-se uma relação direta, visto que a seta dispõe-se inclinada para cima, tendo um grau de explicação médio ($R^2 = 0,23$), assim como o seu grau de significância ($F = 0,14$).

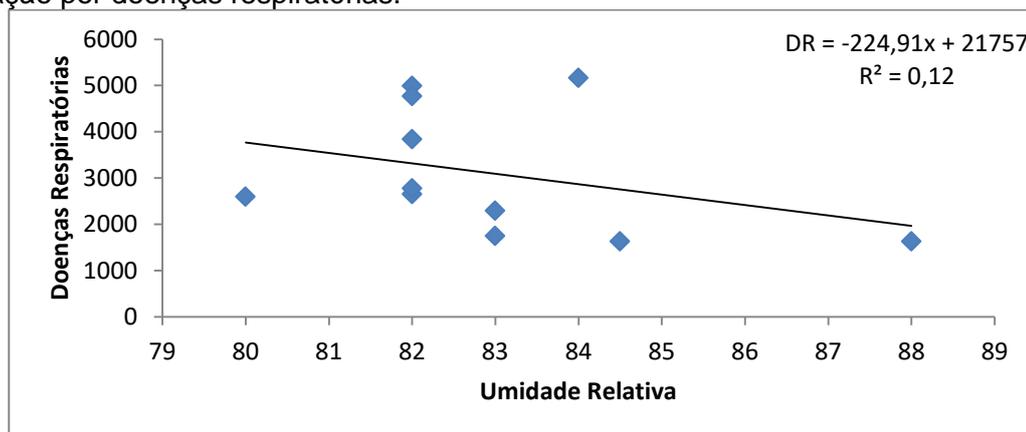
Gráfico 14. Regressão entre a temperatura média mensal e os casos de internação por doenças respiratórias.



Fonte: AIH/DATASUS, 2020

No que se refere à análise de regressão linear entre os casos de doenças respiratórias e os índices de umidade relativa do ar observados no (Gráfico 15), aponta-se uma relação inversa, exposta pela inclinação da seta no sentido para baixo, apresentando um grau de explicação médio ($R^2 = 0,12$), assim como o seu grau de significância ($F = 0,31$).

Gráfico 15. Regressão entre a Umidade Relativa do ar e os casos de internação por doenças respiratórias.



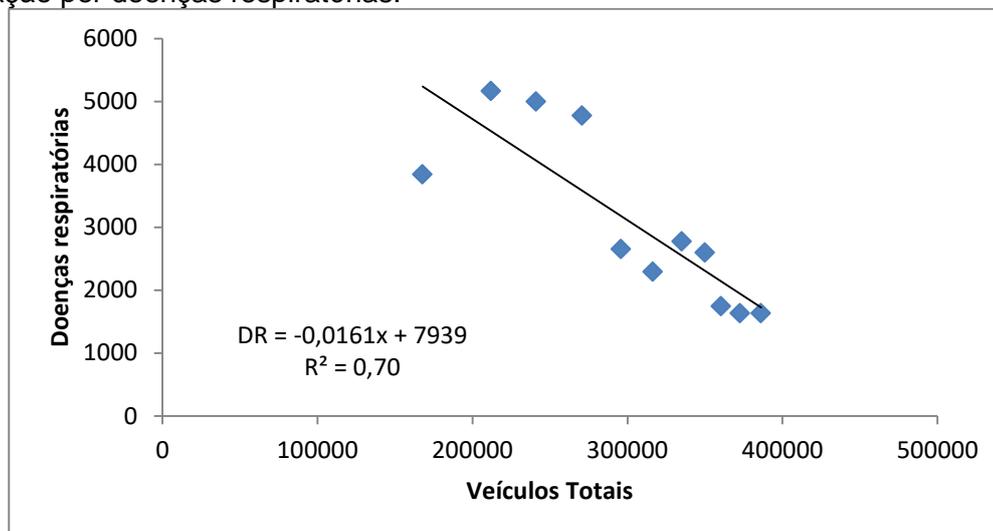
Fonte: AIH/DATASUS, 2020

No que diz respeito aos fatores naturais que contribuem à ocorrência das doenças respiratórias, destacam-se as variáveis climáticas, tendo significativas relevâncias pelos índices das variáveis analisados, isto é, precipitação, temperatura e a umidade relativa do ar.

Dessa maneira, aponta-se uma tendência sazonal da doença que foi aparentemente expressa na análise da média mensal, apresentando picos das doenças respiratórias quando combinado os elementos climáticos com elevadas temperaturas e altos índices pluviométricos, ou seja, no segundo trimestre do ano. Desta forma, pode-se afirmar estatisticamente que a hipótese levantada sobre a característica sazonal das doenças respiratórias procede.

Na análise estatística de correlação entre as ocorrências dos agravos do sistema respiratório e as possíveis fontes de poluição, destacam-se as fontes móveis, ou seja, os veículos automotores, que apresentaram significativo grau de explicação sobre a variação das doenças respiratórias (Gráfico 16).

Gráfico 16. Regressão entre o total de frota de veículos e os casos de internação por doenças respiratórias.



Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Quanto à análise de regressão linear entre os casos de doenças respiratórias e a quantidade de frotas de veículos, entre os anos de 2008 a 2018, pôde-se observar a reta inclinada para baixo, indicando uma relação inversa, ou seja, estatisticamente as variáveis apresentam relação independente. No entanto, apresenta um grau de explicação forte ($R^2 = 0,70$), Porém, indicou grau de significância nula ($F = 0,00$), negando assim, a hipótese levantada, isto é, que o aumento expressivo nos casos de doenças respiratórias é significativamente influenciado pelo aumento da frota de veículos.

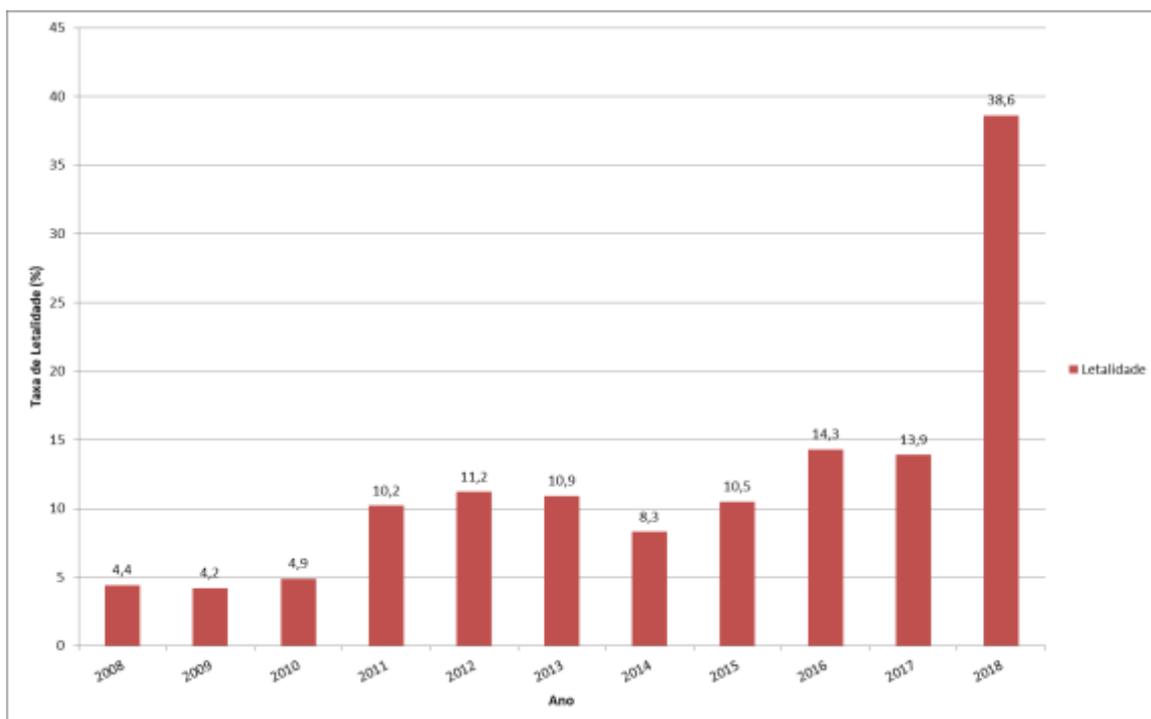
Inferindo sobre os resultados da análise estatística, pode-se pontuar como necessário um maior aprofundamento considerando que os dados disponíveis sobre os veículos automotores foram apenas do quantitativo e não de característica mais detalhadas como ano de fabricação, marca e modelo, motor flex ou motor à diesel, dentre outros. Características que podem contribuir ou não para a qualidade do ar.

Outro aspecto destacado nas análises diz respeito à taxa de letalidade por ano dos agravos que comprometem o sistema respiratório, disposto no (Gráfico 17), onde são notáveis os registros expressivos, destacando-se os

anos de 2012, 2016 e 2018, que apresentaram níveis significativos de letalidade por doenças respiratórias.

Vale ressaltar que este nos faz elucidar que nos referidos anos de análise houve maior incidência de óbitos por doenças respiratórias, enquanto que nos demais anos, pode-se afirmar que do total de adoecimento, grande parte da população acometida com o agravo conseguiu manter-se com vida.

Gráfico 17. Taxa de letalidade das doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2008 a 2018



Fonte: AIH/DATASUS, 2020.

Julga-se esta variável de suma importância para efetuarmos as inferências próximas ao real cenário epidemiológico da cidade, visto que sobre esta podemos discutir quais os fatores que possivelmente favoreceram para o crescimento da taxa de letalidade por doenças respiratórias.

É notório que a qualidade do ar possui influência direta tanto no adoecimento quanto no óbito, todavia, amplia-se a discussão ao serem assinalados os aspectos referentes ao acesso à saúde e ainda ao estilo de vida que as pessoas possuem, dentre outros aspectos, considerando a característica multifatorial do processo de adoecimento. Diante disso, ampliam-

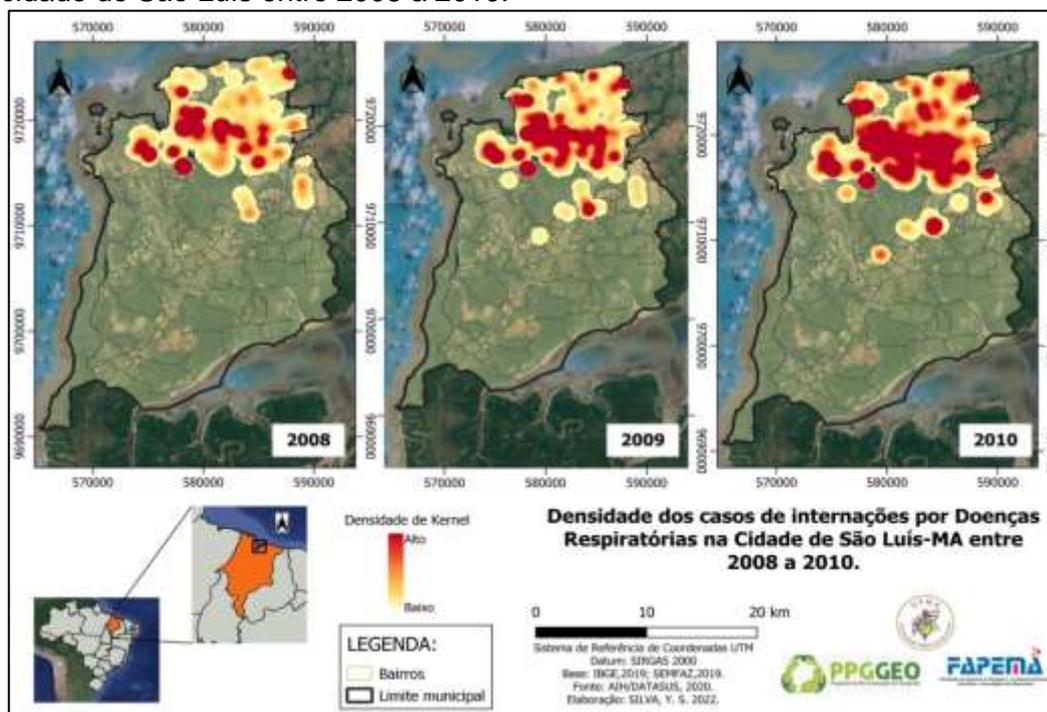
se as lentes analíticas sobre a ocorrência do agravo, discutindo sobre como elas estão dispostas no território ludovicense.

5.1 Análise Espacial dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA

Visando obter maiores esclarecimentos quanto ao real cenário epidemiológico da cidade de São Luís, realizou-se a espacialização das ocorrências de internações e óbitos por doenças respiratórias, através da densidade de Kernel, o que nos possibilitou identificar as áreas com maior concentração de casos.

Dessa forma, pode-se observar na (Figura 15), que a concentração dos casos manteve-se ao norte da cidade, mais precisamente na área urbana, tendo certos registros na área rural; sendo ainda possível notar o seu avanço significativo nos três primeiros anos de análise.

Figura 15. Análise espacial dos casos de internação por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 a 2010.

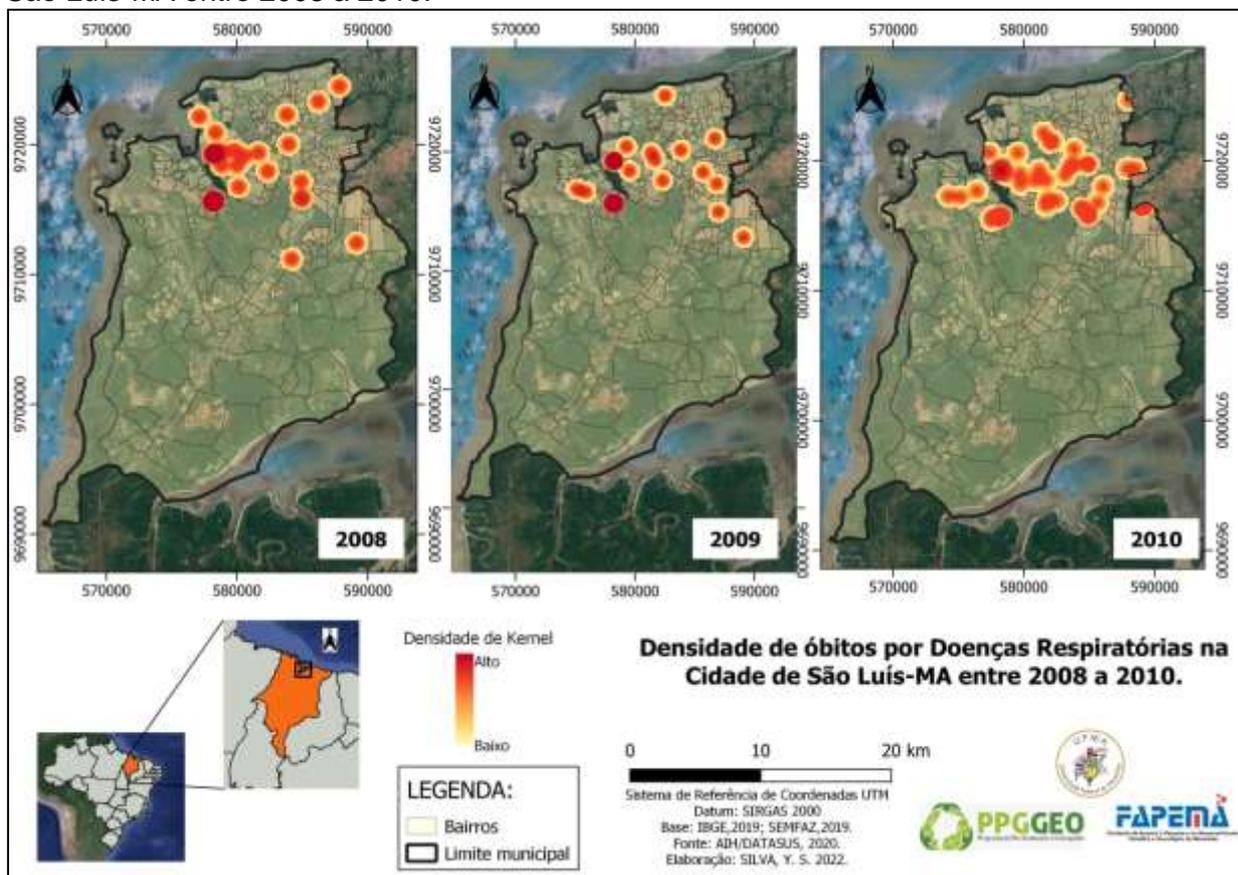


Fonte: AIH, DATASUS, 2020

Além deste aspecto, pode-se observar a distribuição dos óbitos ocorridos no referido período (Figura 16), quando nota-se certa variação na sua distribuição espacial, destacando-se 2008 e 2010 com uma espacialização

mais concentrada nas áreas próximas ao centro da cidade, enquanto em 2009, estes registraram-se de forma consideravelmente distribuída no território ludovicense.

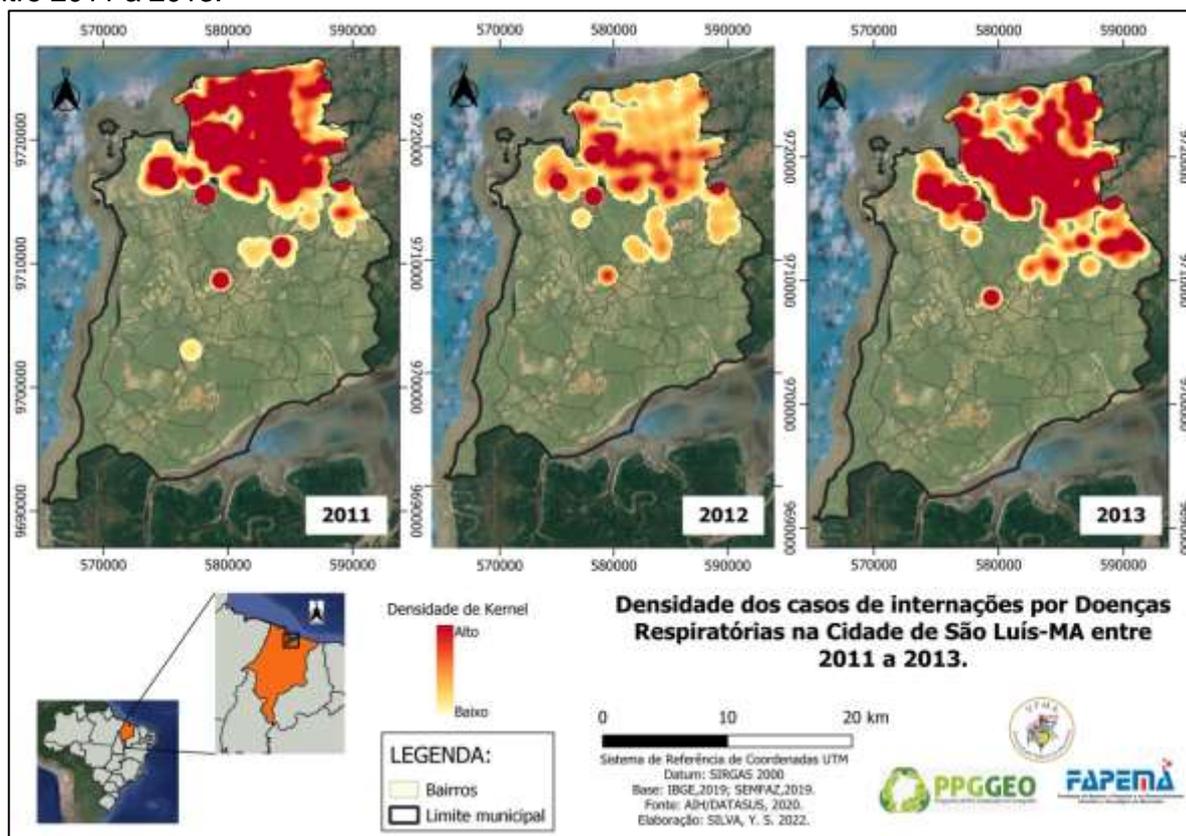
Figura 16. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2008 a 2010.



Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Nos próximos três anos de análise o avanço espacial das doenças respiratórias identifica-se de forma intensa, conforme podemos observar na (Figura 17), onde destacamos os anos de 2011 e 2013 que apresentaram considerável distribuição em praticamente toda a área urbana, fato que foi diferenciado no ano de 2012, quando observamos certo declínio na sua área de abrangência, visto que este apresentou menores registros de internações por doenças respiratórias.

Figura 17. Distribuição dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2011 a 2013.



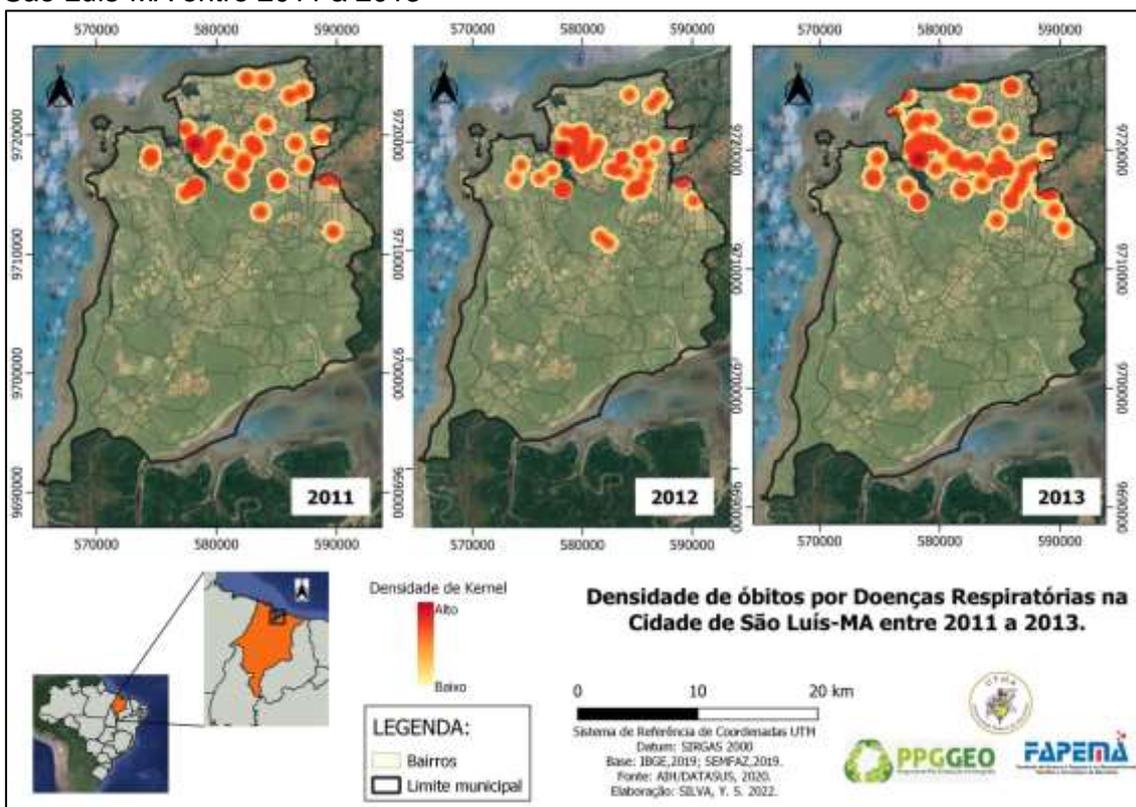
Fonte: AIH/DATASUS, 2020.

Nesse mesmo período, ressalta-se que nos anos de 2012 e 2013 registrou-se uma concentração preponderante de óbitos por agravos do sistema respiratório, conforme (Figura 18).

É notória a dinâmica do progresso da taxa de óbitos da doença, visto que, em 2011, houve acentuados registros, contudo estes apresentaram-se de forma bem distribuída pelo território ludovicense, cenário este que diferencia-se nos anos seguintes, haja vista que observou-se um aumento considerado de óbitos por doenças respiratórias, concentrando-se em diversas áreas da cidade de São Luís-MA.

Fato também que nos remete à questão da qualidade do ar, uma vez que esta mazela também configura-se como crucial na disponibilização de ambiente saudável para a população.

Figura 18. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2011 a 2013

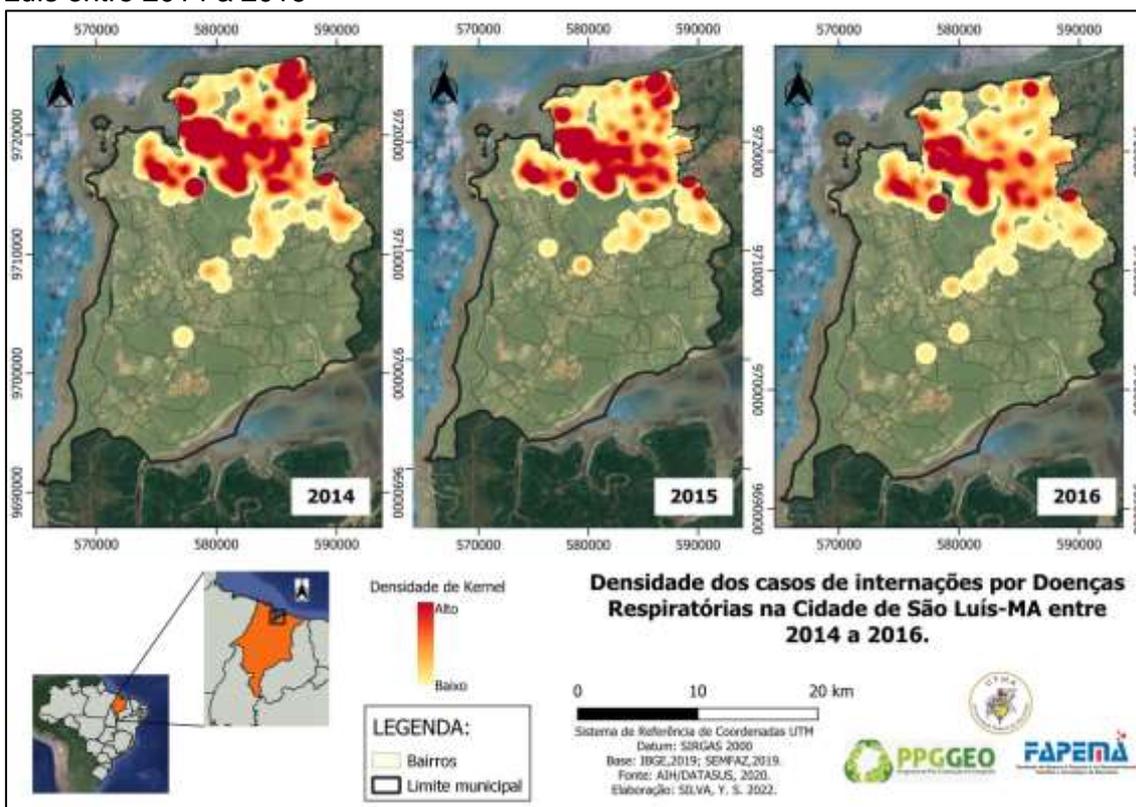


Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Na (Figura 19), podemos observar que a concentração no setor urbano se manteve, porém tendo acentuado adentro na área rural, pelo entorno da BR-135, onde há a formação de determinado corredor pelo qual podemos perceber a interiorização da doença no setor rural da cidade.

Em relação ao período de 2014 a 2016, um aspecto que se pode ressaltar, diz respeito a sua variação espacial, mais, precisamente, quanto à sua quantidade de registros, onde encontra-se, em 2016, certa diminuição nas áreas de abrangência, visto que a mancha de ocorrência de doenças respiratórias está consideravelmente expandida por quase todo o território urbano da cidade de São Luís em 2014 e 2015, apresentando, nitidamente a formação do que denominamos como “corredor de evolução das doenças respiratórias”.

Figura 19. Distribuição dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2014 a 2016

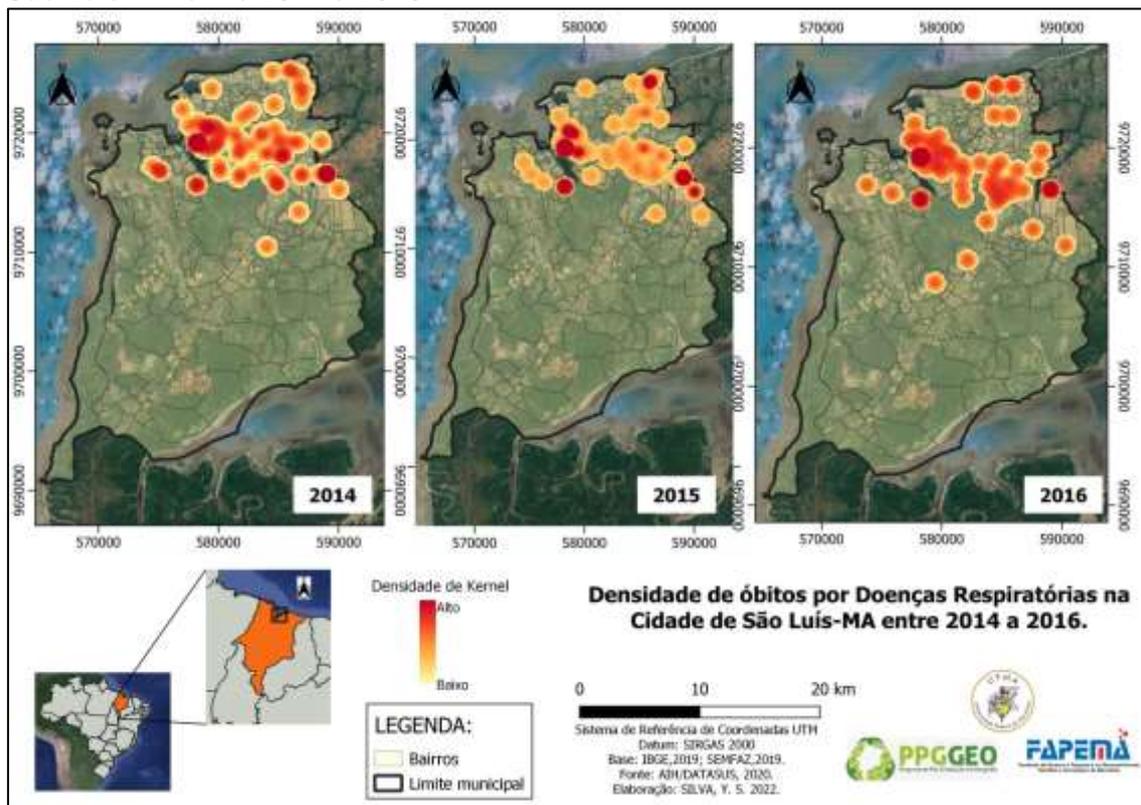


Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Outro fator relevante na espacialização acima, diz respeito aos pontos de maior centralização dos casos, sendo registrados três pontos de maior concentração em 2014, sendo estes dispostos nos seguintes bairros: Centro, Vila Embratel e Sá Viana. Nos demais anos de análise, verificaram-se dois pontos de maior ocorrência de internação por doenças respiratórias na cidade de São Luís, que geralmente encontram-se dispostos no centro da cidade e na área industrial (DISAL).

Quanto à espacialização dos óbitos (Figura 20), apreende-se que houve certo avanço espacial em 2014, apresentando evolução significativa no decorrer dos anos, que foi expressa em 2016 com óbitos em diversas áreas de maior abrangência distribuídas no território ludovicense.

Figura 20. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2014 a 2016.

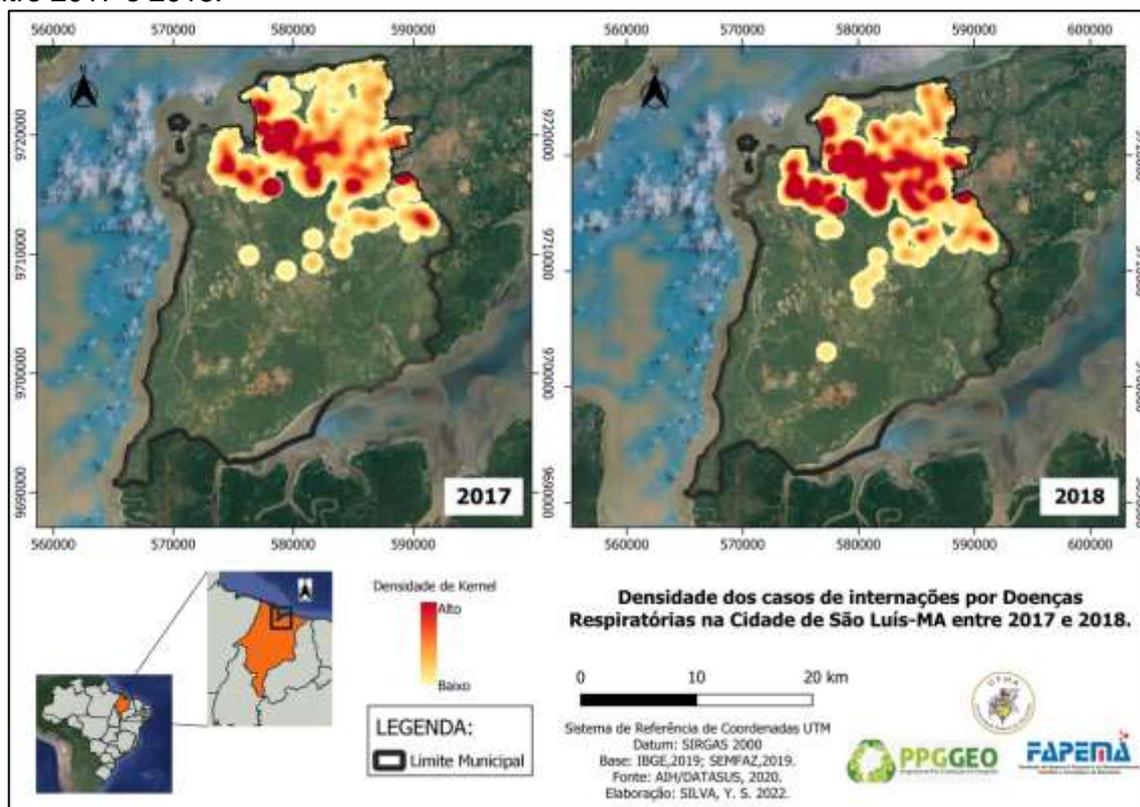


Fonte: AIH/DATASUS, 2020.

Em relação à distribuição em 2017 e 2018 (Figura 21), tem-se a presente constatação; em 2017, os registros de internação por doenças respiratórias apresentaram-se de forma bem variada no que se refere às suas áreas de abrangência.

Em contrapartida, em 2018, podemos observar a expansão da mancha de ocorrência de internações por doenças respiratórias, sendo neste, ainda mais expressiva, a formação do “corredor de evolução das doenças respiratórias”. Nota-se, ainda, que o ponto de maior foco da doença, isto é, no Centro da cidade, permaneceu preponderante no ano de 2018, contudo, em 2017, houve certa variação na sua concentração de casos.

Figura 21. Distribuição dos casos de doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2017 e 2018.

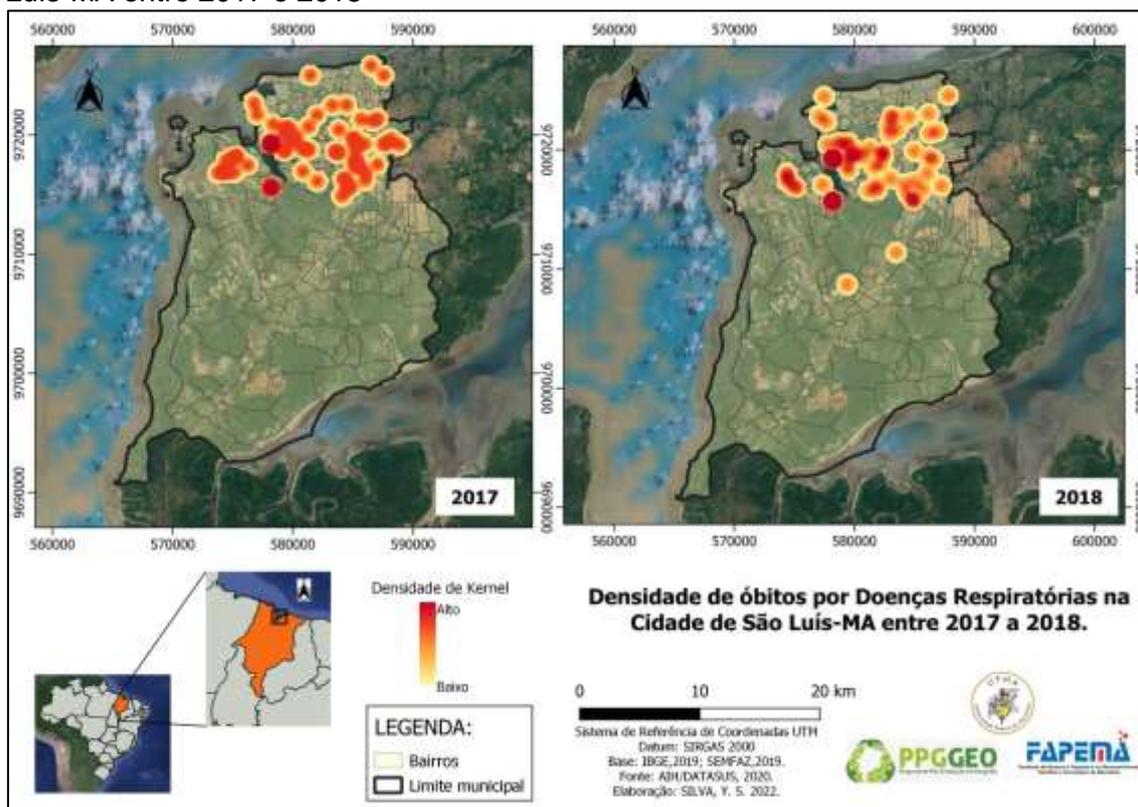


Fonte: AIH/DATASUS, 2020.

Por meio da (Figura 22) nota-se certa diminuição na área de abrangência dos óbitos por doenças respiratórias, pois é nítido que, em 2017, apesar de registrar ocorrências pontuais de óbitos por agravos do sistema respiratório, estes foram identificados de forma consideravelmente distribuída pelo setor urbano da cidade.

Tal cenário foi substancialmente diferenciado no ano seguinte, pois observa-se que houve avanço significativo da distribuição de óbitos no espaço urbano de São Luís, dispostos de forma concentrada em algumas áreas do município, tendo destaque a área urbana da cidade.

Figura 22. Espacialização de óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2017 e 2018



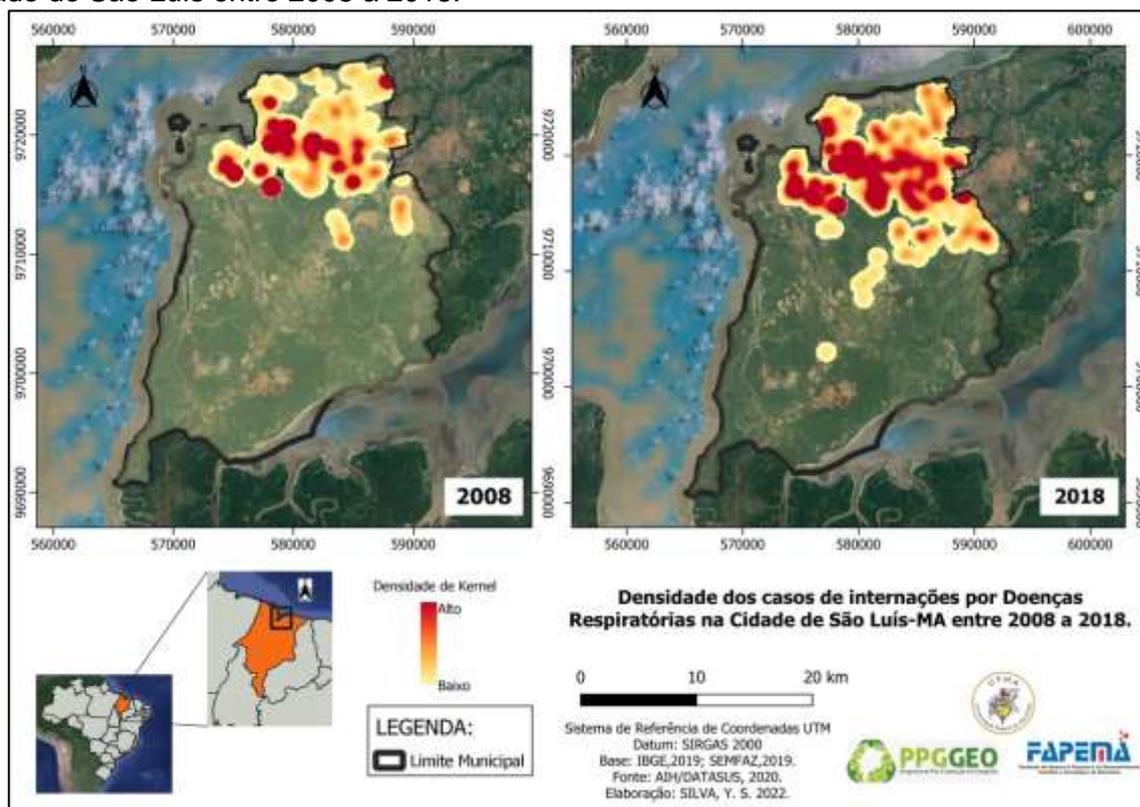
Fonte: AIH/DATASUS, 2020.

Diante disso, pontua-se primeiramente que a área de abrangência do adoecimento por doenças respiratórias manteve sua maior concentração no setor urbano, fato este que atesta a discussão da literatura ao afirmar que esta configura-se como uma doença predominantemente urbana.

Dessa forma, pode-se reafirmar o quão determinante o ambiente pode ser sobre a ocorrência dos agravos, visto que o alto nível de evolução das atividades industriais, aliado ao intenso fluxo de veículos automotores, somado às variações das condições naturais, isto é, temperatura, precipitação e umidade do ar, configuram um ambiente propício à concentração de elevadas substâncias na atmosfera. Esse fenômeno favorece o desequilíbrio nas condições da qualidade do ar e, por conseguinte, fragiliza a saúde pública, uma vez que determinadas substâncias, em elevada concentração no ar, configuram-se como nocivas à saúde.

A (Figura 23), representa a comparação da distribuição dos registros de internação por doenças respiratórias nos anos de 2008 a 2018. Nela podemos apreender diversos aspectos referentes à sua espacialização.

Figura 23. Comparação entre os casos de internação por doenças respiratórias na cidade de São Luís entre 2008 a 2018.

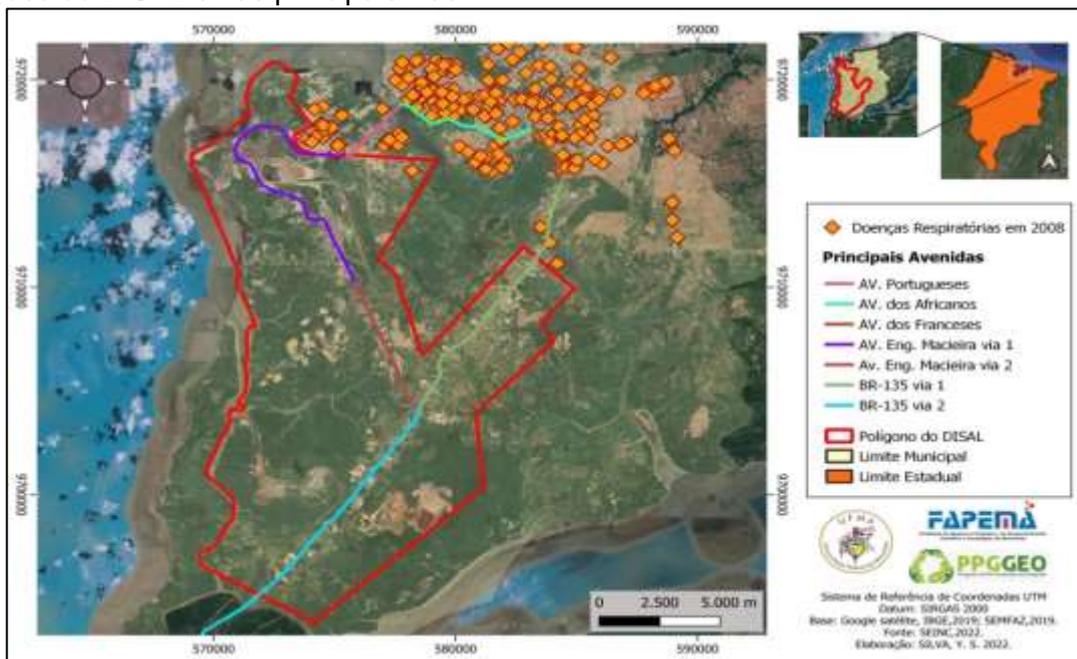


Fonte: AIH/DATASUS, 2020.

Primeiramente, observa-se que em 2008, sua área de abrangência fora significativamente bem distribuída, onde já podemos notar sua expansão sobre o território urbano da cidade. Ressalta-se ainda que, no referido ano, não se têm a formação do que denominamos de “corredor de evolução das doenças respiratórias” na cidade.

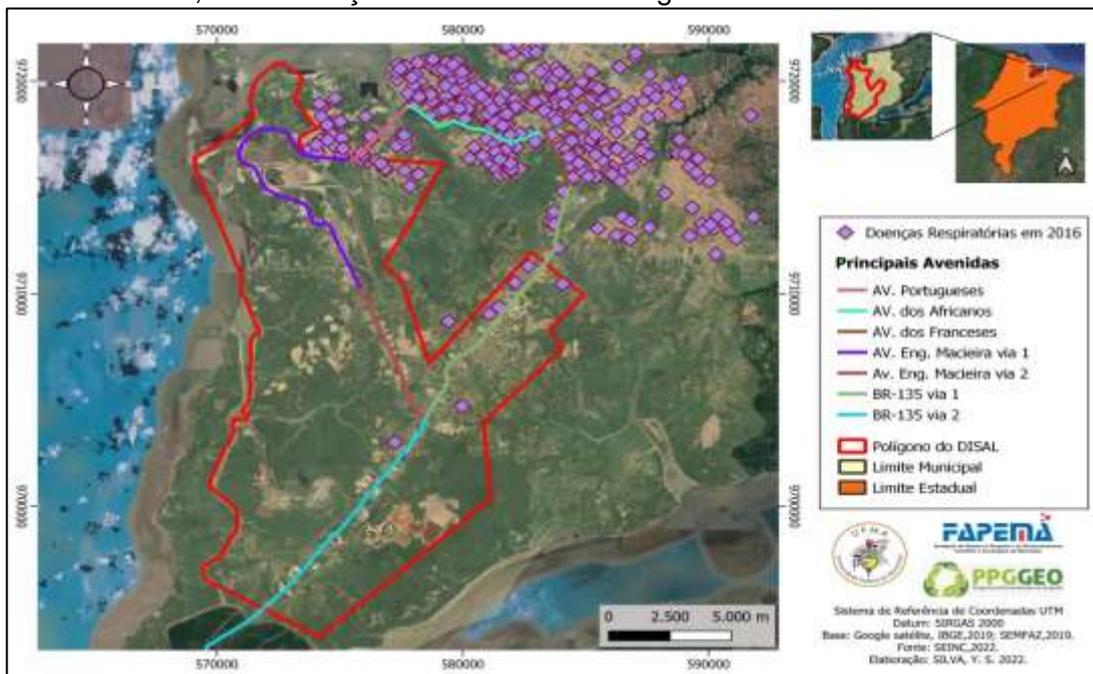
Já no ano de 2018, nota-se o relevante avanço da doença tanto sobre o setor urbano quanto rural, onde já podemos notar a formação do “corredor de evolução das doenças respiratórias” no entorno da BR-135 (Figuras 24 a 26), realidade que podemos atribuir a diversos fatores, dos quais destacam-se a elevada circulação, não apenas de veículos particulares, mas também, da frota de ônibus, caminhões que realizam a logística do transporte e comercialização de mercadorias.

Figura 24. Distribuição dos casos de doenças respiratórias em 2008, nas mediações do DISAL e nas principais vias



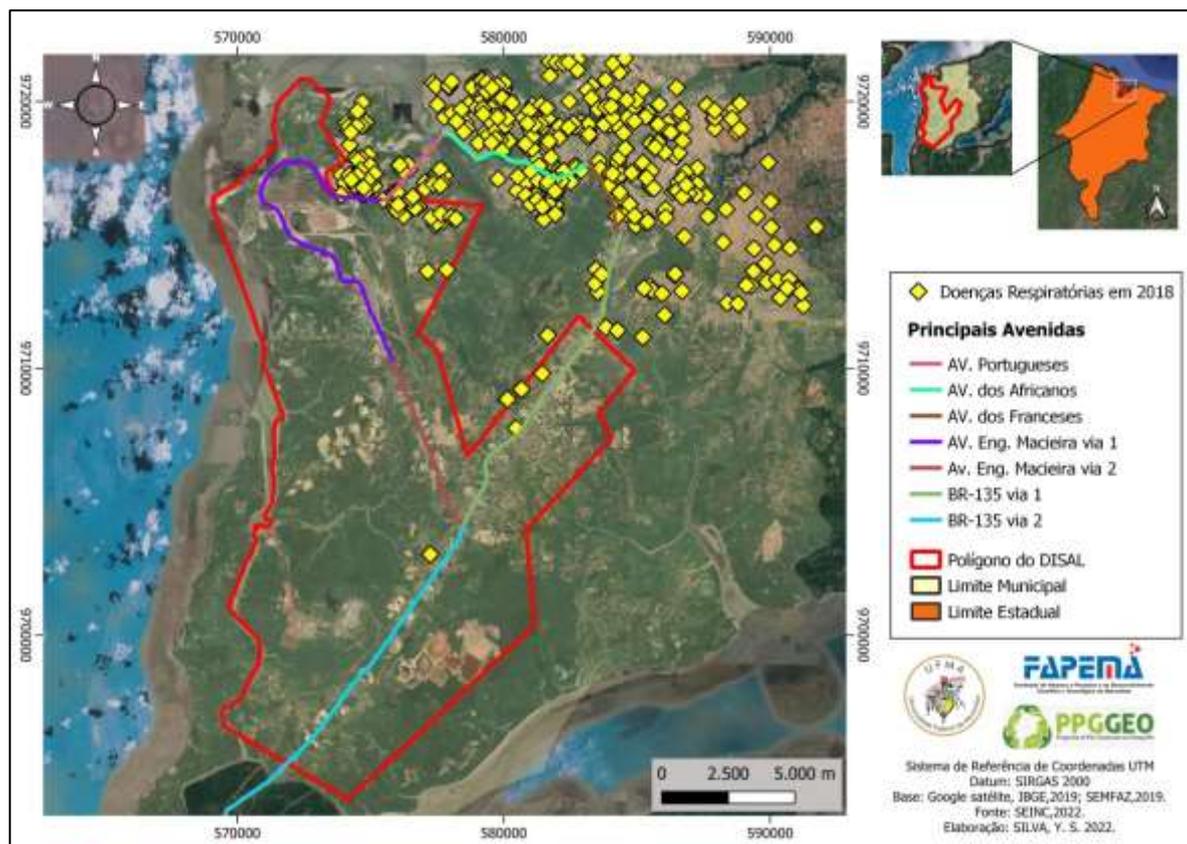
Elaboração: SILVA, Y. S., 2022.

Figura 25. Formação do “corredor de evolução” dos casos de doenças respiratórias em 2016, nas mediações do DISAL e ao longo da BR-135



Elaboração: SILVA, Y. S., 2022.

Figura 26. Presença do “corredor de evolução” dos casos de doenças respiratórias em 2018, nas mediações do DISAL e ao longo da BR-135



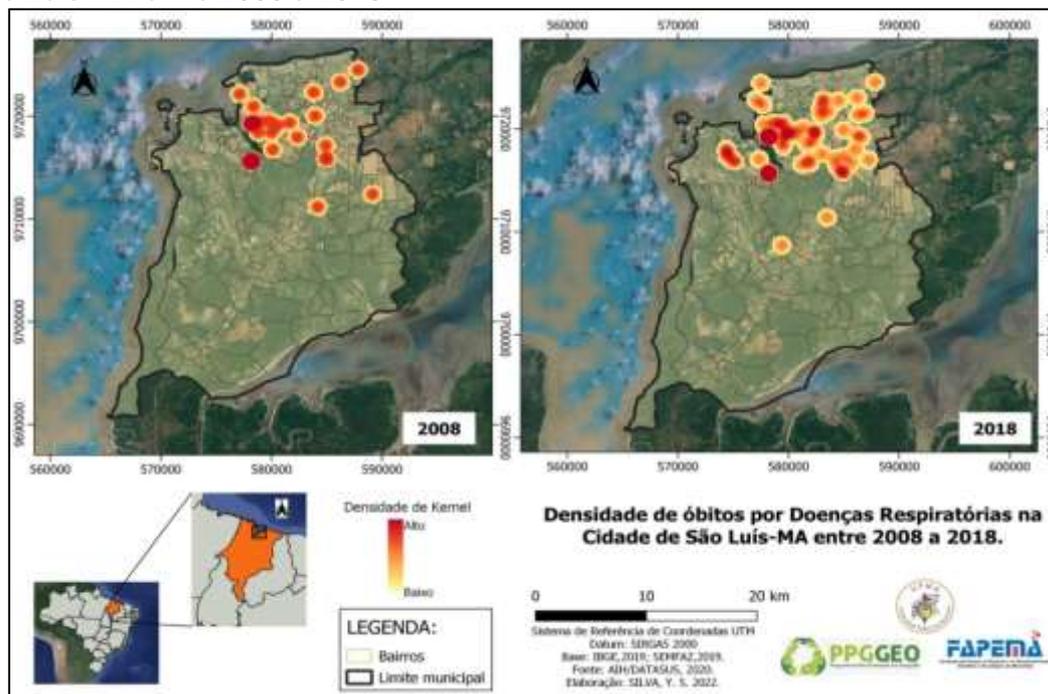
Elaboração: SILVA, Y. S., 2022

Conforme as (Figuras 25 e 26) é possível observar que desde o ano de 2008, tem-se uma concentração dos casos ao longo das avenidas dos Portugueses, Africanos e Franceses, situação que nos anos seguintes, especificamente em 2016 e 2018, prolonga-se ao longo da BR-135, fato que pode ser resultado dos intensos fluxos de pessoas e veículos automotores, principalmente aqueles de grande porte que transportam os produtos e as cargas para as empresas industriais.

Quanto a esses fluxos, destaca-se no (Anexo 2) a amostragem de dados elaborada pela SEINC sobre os horários de intensos fluxos em cada uma dessas vias. Estes horários são, justamente, o exato momento em que se tem o traslado populacional em seu roteiro casa/trabalho e vice-versa, onde possivelmente, nesses itinerários, podem ocorrer inúmeros congestionamentos, fazendo com a população permaneça exposta aos poluentes atmosféricos por uma quantidade de tempo significativa.

No que diz respeito à evolução dos registros de óbitos no período de dez anos (Figura 27), tem-se a alteração na área de abrangência, porquanto em 2008 apresenta-se de forma concentrada, principalmente nos bairros próximos ao centro da cidade e, em 2018, consegue-se observar uma variação significativa quanto ao avanço dos óbitos por doenças respiratórias sobre o território ludovicense.

Figura 27. Espacialização dos óbitos por doenças respiratórias na cidade de São Luís-MA entre 2008 a 2018



Fonte: AIH/DATASUS, 2020

Ressalta-se que as intensas atividades industriais na cidade de São Luís podem ter favorecido enormemente para o agravamento do cenário epidemiológico, principalmente nos casos que foram registrados na área do Distrito Industrial de São Luís (DISAL).

No entanto, chama-se a atenção ao seguinte aspecto; é notório que a distribuição dos casos concentra-se nas regiões do centro da cidade, fato que se deu em praticamente todo o período de análise. A ele, atribui-se a razão de ser uma área com elevadíssimo fluxo de pessoas, de suas residências e de diversos tipos de veículos, porque nela concentra-se a maior parte das atividades comerciais que favorece a economia da cidade.

Todavia, ela não se configura apenas como um local comercial, apesar de este ser a sua principal característica, porém há também o registro de

muitas residências neste local, dessa forma, entende-se que as populações residentes no centro da cidade são as mais afetadas, por conseguinte, são as mais vulneráveis a desenvolverem doenças do trato respiratório, visto que estão expostas diariamente ao ambiente desfavorável à boa saúde.

Diante disso, pode-se afirmar que na cidade de São Luís há duas áreas que apresentam condições intensamente desfavoráveis à saúde: a primeira, encontra-se localizada no setor industrial da cidade e a segunda, situa-se em torno do centro da cidade, portanto, essas parcelas da população de São Luís, residentes nestas duas localidades, encontram-se como as mais vulneráveis a desenvolver doenças do sistema respiratório.

Vale ressaltar que toda a população ludovicense está susceptível a manifestar problemas referentes a agravos do sistema respiratório, todavia, estão dispostos a diferentes níveis de vulnerabilidade de desenvolver problemas respiratórios, uma vez que os bairros da capital do Maranhão apresentam características distintas, isto é, toda a população ludovicense possui risco de desenvolver doenças do trato respiratório, porém nem toda a população está disposta ao mesmo nível de vulnerabilidade, pois, existem desigualdades sociais quanto ao grau de exposição e vulnerabilidade.

Haja vista que uns bairros possuem intenso fluxo de diversos tipos de veículos automotores, outros apresentam intensa atividade industrial, enquanto os demais constituem-se apenas como bairros residenciais, sem a presença de setores de produção comercial e/ou industrial; com pouco fluxo de veículos automotores, porém, são influenciados, expressivamente, pelas variáveis climáticas. Fato esse que favorece maciçamente a espacialização das doenças respiratórias.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreende-se que a modulação do espaço urbano da cidade contribui consideravelmente na determinação dos agravos que nesta se desenvolve, visto que as alterações que ocorrem no meio refletem consequências severas tanto sobre os parâmetros ambientais quanto sobre a saúde.

Vale lembrar que tal perspectiva foi confirmada com a análise e espacialização dos casos e óbitos por doenças respiratórias, a qual está diretamente relacionada à alteração nos parâmetros de qualidade do ar, elemento essencial à manutenção da vida, bem como à concessão de uma boa saúde.

Conforme o exposto pode-se inferir que a distribuição do agravo na cidade de São Luís, apresentou-se com maior concentração na área urbana; dispendo de ocorrências significativas nas regiões do centro da cidade e do Distrito Industrial, ao longo da BR-135. Portanto, destacam-se essas duas áreas da cidade como as mais vulneráveis a desenvolverem, no seu ambiente, as condições favoráveis para a ocorrência das doenças do sistema respiratório.

Entende-se ainda que, além do padrão espacial que os dados apresentaram, há também um padrão sazonal, ou seja, a ocorrência das doenças respiratórias tem demasiada influência das condições climáticas, sobretudo no primeiro semestre dos anos.

Quanto às possíveis fontes de poluição, destacam-se as frotas de veículos, que apesar de apresentarem uma relação inversa, indicaram grau de explicação significativo sobre a ocorrência de doenças respiratórias, isto é, 70% do aumento da frota total de veículos explicam a variação das doenças respiratórias. Ponderando, ainda, que não foram objetos de atenção, nesta pesquisa, os anos da frota dos veículos, apenas o quantitativo do aumento.

Portanto, mesmo assim, faz necessário discutir quanto aos efeitos danosos que o uso de veículos automotores pode causar ao ambiente. Em seguida, deve-se voltar à atenção ao incentivo e investimento do transporte público ou outros alternativos, como bicicletas, uma vez que a maioria das pessoas opta por fazer uso de um transporte particular devido a seus “benefícios de comodidade”, isto é, “segurança”, conforto, menor tempo de

trajeto, dentre outras opções que levam o cidadão a fazer uso do transporte particular.

Por isso, deve-se pensar em um transporte público que disponibilize ao cidadão tais aspectos de comodidade que ele encontra nos transportes particulares. Com esses dois itens poderíamos presenciar o início de uma mudança no hábito da logística social.

No que tange às fontes de poluição fixas, aponta-se sua influência expressivamente sobre a região do Distrito Industrial de São Luís, onde concentra-se o setor de indústria e transporte de cargas.

De acordo com as literaturas expostas na pesquisa, há certa relação entre a qualidade do ar e as ocorrências de doenças respiratórias. Por conta disso, entende-se que a cidade de São Luís, necessita prioritariamente de implantação de estações de monitoramento da qualidade do ar que contemple todas as regiões da cidade, isto é urbano e rural e não apenas as áreas que possuem elevada atividade industrial, de fato esta última há necessidade prioritária, mas vale ressaltar que as demais regiões também necessitam ser monitoradas, haja vista que há fluxos de pessoas em todo o território da cidade de São Luís.

Além disso, faz necessário que os dados oriundos do monitoramento sugerido, sejam disponibilizados em plataformas online como banco de dados para a comunidade acadêmica, não apenas em tempo real, mas também as primeiras informações desde sua instalação. A cidade de São Luís carece de um banco de dados contínuo sobre qualidade do ar, sendo que este é um aspecto de suma importância de observação, uma vez que a qualidade do ar possui considerável influência na saúde pública. Sugere-se ainda um monitoramento constante da distribuição espacial dos casos de internação e óbitos por doenças respiratórias, considerados como bioindicadores da qualidade do ar.

Cabe mencionar ainda que a pesquisa apresentou algumas limitações com relação aos dados secundários levantados. O banco de dados do AIH não garante que 100% os internados residam em São Luís; há inconsistências dos registros do CNS, como a ocupação principal de trabalho dos pacientes adultos internados, não há dados sobre anos do início do funcionamento das empresas do DISAL, além das limitações das análises estatísticas para filtrar uma

resposta mais acurada. Bem como, a perspectiva da multicausalidade do processo saúde-doença, deve ser sempre ponderada; pois, por exemplo, a falta de acesso aos hospitais especializados no interior do estado do Maranhão sobrecarrega os serviços na capital.

Em suma, enfatiza-se que há necessidade de continuarmos voltando nossa atenção tanto para os registros de doenças respiratórias quanto para uma das variáveis de intrínseca relação com os agravos do sistema respiratório, isto é, a qualidade do ar, já que tais patologias podem ser caracterizadas como um indicador da concentração de poluentes atmosféricos e a sociedade, como um todo, necessita dispor de um ambiente que possua uma qualidade propícia à boa saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, E. L. Qualidade do Ar Urbano: Controle, Monitoramento e Impactos da Poluição. São Paulo-SP. 2020. p. 27.
- ALIER, Joan Martinez. **O ecologismos dos pobres**. São Paulo: Contexto, 2007.
- ALMEIDA, Elton Kleiton Albuquerque de. **Correlação entre variáveis meteorológicas e casos de internação hospitalar por doenças do aparelho respiratório no Distrito Federal, entre 2003 a 2012**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília (UnB). 2014, p. 126.
- ALMEIDA, S. L. **Análise Espacial das Doenças Respiratórias e a Poluição Relacionada ao Tráfego no Município de São Paulo**. São Paulo. Dissertação de Mestrado – USP (Universidade de São Paulo). 2013, p. 59.
- AIH/DATASUS, Autorização de Internações Hospitalares. **Internações por doenças respiratórias em São Luís-MA**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0901>>. Acessado em: 10/06/2020.
- BARROS, Marcus. **Clima e endemias tropicais**. Estudos Avançados, 20 (58), 297 – 306, 2006.
- BRAGA, A. et al. Poluição Atmosférica e Saúde Humana. **Revista USP**, São Paulo, n. 51, set/nov. 2001, p. 58-71.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise Espacial de Eventos. In.: Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004, p. 1-15.
- CANÇADO, J. E. D.; et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. In.: J Bras Pneumol. São Paulo, SP. 2006;32(Supl 1): S5-S11.
- CASTRO, A. H. S.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, G. M. M. **Qualidade do Ar – Parâmetros de Controle e Efeitos na Saúde Humana: Uma Breve Revisão**. In.: HOLOS, Ano 29, Vol. 5. Ceará-CE, 2013.
- CARVALHO, C. H. R. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Urbano**. Brasília-DF. Boletim regional, urbano e ambiental, 05/jun., 2011.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018**. Diário Oficial da União. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895>. Acessado em: 20 de julho de 2021.

CUNHA, R. C. **OCUPAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DAS DUAS FORMAÇÕES SOCIOESPACIAIS DO MARANHÃO**. CaderNAU-Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas, v.8, n. 1, Florianópolis-SC, 2015, p. 133-152.

CHALUB, A. **CCJ aprova criação de Política Nacional de Qualidade do Ar**. Câmara dos Deputados. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/894915-ccj-aprova-criacao-de-politica-nacional-de-qualidade-do-ar>>. Acessado em: 16/10/2023.

DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.2, n.4, p.0113, Sem II, 2008.

DETRAN-MA. Departamento de Trânsito do Maranhão. **Estatísticas de veículos novos**. 2020. Disponível em: <<http://servicos.detrان.ma.gov.br/Estatisticas/ListaDeVeiculosNovos>>.

DOURADO, J. R.; BOCLIN, R. G. **A indústria do Maranhão: um novo ciclo**. Brasília-DF, 2008, p. 198.

FIRS - Fórum Internacional de Sociedades Respiratórias. **O Impacto Global das doenças respiratórias**. 2º ed. Sheffield, Respiratório Europeu Sociedade, 2017, p. 48.

FRAUCHES, D. O.; et al. **Doenças respiratórias em crianças e adolescentes: um perfil dos atendimentos na atenção primária em Vitória/ES**. In.: Rev Bras Med Fam Comunidade. Rio de Janeiro, 2017, jan.-dez; 12(39):1-11.

GOMES, Paulo Cesar da Costa. **Geografia e Modernidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama Populacional de São Luís-MA, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>>.

LAKATOS, E. M. e MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003, p.310.

MENDONÇA, F.; CUNHA, F. C. A.; LUIZ, G. C. Problemática Socioambiental Urbana. **Revista da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**. v. 12, n. 18. Especial GT Anpege, 2016, p. 331-352.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **Geografia e meio ambiente**. 9ª ed. São Paulo: Contexto, 2012.

MORAES, A C R. **Ideologias geográficas: espaço, cultura e política no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1991.

MORAES, A. N.; PINTO F. D. M. et al. **A problemática socioambiental gestada pelo processo de urbanização da cidade de São Luís-MA:** um estudo de caso acerca da realidade do bairro do Jaracati. Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos, realizado de 25 a 31 de julho, Porto Alegre, 2010.

OLIVEIRA, A. B.; MADEIRA, A. S.; PAZ, D. A. S. Aspectos da difusão de covid-19 na região geográfica imediata de Imperatriz, Maranhão, Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 31, n. 64, p. 170-191, jan/mar, 2021. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/24845>. Acesso em: 17 fev. 2023.

OMS, Organização Mundial de Saúde. **Vigilância global, prevenção e controle das doenças respiratórias crônicas:** uma abordagem integradora. Lisboa. PORTUGAL. Ed. Direcção-Geral da Saúde, 2007, p. 162.

_____, Organização Mundial da Saúde. **Clima e Saúde.** mar., 2003.

PEREIRA, E. F.; TEIXEIRA, C. S.; SANTOS, A. Qualidade de Vida: abordagens, conceitos e avaliação. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte.** São Paulo. v. 26. n. 02. abr/jun. 2012. p. 241-50.

PIGNATTI, Marta G. Saúde e ambiente: as doenças emergentes no Brasil. **Ambiente & sociedade**, v. 7, p. 133-147, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/tfHF5BGpfWcbwvxS3h66r7d/?lang=pt>. Acesso em: 14 de fev. de 2023.

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente. LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acessado em: 20 de jul. de 2021.

RIZZATTI, M.; et al. **MAPEAMENTO DA COVID-19 POR MEIO DA DENSIDADE DE KERNEL.** Santa Maria-RS. Metodologias e Aprendizado Volume 3, 2020.

RODRIGUES, Zulimar Márita Ribeiro. **Geografia da Saúde e o espaço urbano de São Luís – MA:** interfaces da relação saúde e ambiente no período de 1854 – 1954. São Luís: EDUFMA, 2014, p. 234.

SANTOS, F. R. G.; MENDES, R. O. **A Organização do Espaço Urbano em São Luís e suas Consequências ante o Implemento dos Grandes Projetos Econômicos/Tecnológicos em seu Território.** II Jornada Internacional de Políticas Públicas. São Luís-MA. 23 a 26 de agosto, 2005, p. 1-6.

SANTOS, M. et al. **O papel ativo da geografia:** um manifesto. XII Encontro Nacional de Geógrafos. Florianópolis. Julho, 2000.

SEINC- Secretaria de Estado Indústria, Comércio e Energia. **Distritos Industriais.** 2015. Disponível em: https://www.seinc.ma.gov.br/?page_id=528>. Acessado em: 20 de jul. de 2021.

SEPLAN- Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento. **Perfil Municipal de São Luís-MA**. 2018, p. 35.

SILVA FILHO, E. B. et al. Infecções Respiratórias de Importância Clínica: uma Revisão Sistemática. **Revista Fimca**. v. 4. n. 1. dez. 2017, p. 10.

SILVERTHORN, Dee Unglaub. **Fisiologia Humana**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

SOUZA, C. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Geografia da saúde e climatologia médica: ensaios sobre a relação clima e vulnerabilidade. **HYGEIA**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. 3(6): Jun./2008, p. 116-126. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>>.

SPERANDIO, Thaís Maria. **Qualidade ambiental e de vida humana: as alterações socioambientais e a difusão da dengue em Piracicaba - SP**. 2006. xii, 173 f. Dissertações (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/95711>>.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Cadernos Geográficos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Departamento de Geociências. Florianópolis: Imprensa Universitária. Nº01, 2005.

VIANA, Marly Vieira. **Qualidade do ar e suas implicações na saúde da comunidade de Vila Maranhão**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, 2015.

VIANNA, Anderson Martins. Poluição Ambiental, um problema de urbanização e crescimento desordenado das cidades. **Revista Sustinere**. Rio de Janeiro, v. 3. n. 1. Jan-Jun. 2015, p. 22-42.

ANEXO 1

Evolução da legislação ambiental brasileira por períodos (1930-2015).

| Legislação | Ementa |
|----------------------------------|---|
| Período - décadas de 1930 a 1960 | |
| Decreto nº 24.643/1934 | Decreta o Código de Águas. |
| Decreto-Lei nº 25/1937 | Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Inclui como patrimônio nacional os monumentos naturais, sítios e paisagens de valor notável. |
| Lei nº 4.771/1965 ¹ | Institui o novo Código Florestal. |
| Lei nº 5.197/1967 | Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. |
| Período - década de 1970 | |
| Lei nº 6.225/1975 | Dispõe sobre discriminação, pelo Ministério da Agricultura, de regiões para execução obrigatória de planos de proteção ao solo e de combate à erosão e dá outras providências. |
| Decreto-Lei nº 1.413/1975 | Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. |
| Decreto Legislativo nº 56/1975 | Aprova o Tratado da Antártida. |
| Lei nº 6.453/1977 | Dispõe sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares e dá outras providências. |
| Período - década de 1980 | |
| Lei nº 6.803/1980 | Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. |
| Lei nº 6.938/1981 ² | Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. |
| Lei nº 6.902/1981 | Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. |
| Lei nº 7.661/1988 | Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. |
| Lei nº 7.347/1985 | Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências. |
| Lei nº 7.805/1989 | Regulamenta as atividades garimpeiras, tornando obrigatória a licença ambiental prévia e passíveis de suspensão as atividades de pesquisa ou lavra que causarem danos ao meio ambiente. |
| Lei nº 7.797/1989 | Cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA). |
| Lei nº 7.802/1989 | Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. |
| Período - década de 1990 | |
| Lei nº 8.171/1991 | Dispõe sobre a política agrícola. (inclui a proteção do meio ambiente entre seus objetivos e como um de seus instrumentos) |
| Lei nº 8.723/1993 | Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores. |
| Lei nº 8.974/1995 ³ | Estabelece normas para a engenharia genética e organismos geneticamente modificados (OGM) no país. |

(Continua)

(Continuação)

| Legislação | Ementa |
|------------------------------------|--|
| Período - década de 1990 | |
| Lei nº 9.433/1997 | Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. |
| Lei nº 9.605/1998 ⁴ | Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. |
| Lei nº 9.795/1999 | Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. |
| Período - 2000 a 2012 | |
| Lei nº 9.985/2000 | Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). |
| Lei nº 9.966/2000 | Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. |
| Medida Provisória nº 2.186-16/2001 | Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para sua conservação e utilização. |
| Lei nº 10.650/2003 | Dispõe sobre o acesso público aos dados e às informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama. |
| Lei nº 11.105/2005 | Estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam OGMs e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança (PNB). |
| Lei nº 11.284/2006 | Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do MMA, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB); cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF). |
| Lei nº 11.428/2006 | Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. |
| Lei nº 11.460/2007 | Dispõe sobre o plantio de organismos geneticamente modificados em unidades de conservação (UCs). |
| Lei nº 11.445/2007 | Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. |
| Lei nº 11.794/2008 | Estabelece procedimentos para o uso científico de animais. |
| Lei nº 11.828/2008 | Trata de medidas tributárias aplicáveis a doações destinadas a prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento. |
| Lei nº 12.114/2009 | cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. |
| Lei nº 12.187/2009 | Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). |
| Lei nº 11.959/2009 | Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca. |
| Lei nº 12.305/2010 | Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). |
| Lei Complementar nº 140/2011 | Fixa normas para a cooperação entre a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativa à proteção do meio ambiente. |
| Lei nº 12.512/2011 | Institui o Programa de Apoio à Conservação Ambiental e o Programa de Fomento às Atividades Produtivas Rurais. |
| Lei nº 12.651/2012 | Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (revogou o antigo Código Florestal, Lei nº 4.771/1965). |
| Lei nº 13.153/2015 | Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação. |

ANEXO 2

Dados das principais vias do DISAL e suas respectivas taxas de emissões atmosféricas.

Tabela 12. Principais avenidas e as taxas de emissões

| Via | Extensão (km) | Teor de silte (g/m ²) | Hora | Taxa de Emissão | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------------------------|-------|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| | | | | PTS (kg/h) | MP ₁₀ (kg/h) | MP _{2,5} (kg/h) | SO ₂ (kg/h) | NO ₂ (kg/h) | CO (kg/h) |
| Avenida dos Portugueses | 4,8 | 0,66 | 0:00 | 13,90 | 2,90 | 0,92 | 0,0150 | 1,99 | 5,27 |
| | | | 1:00 | 11,02 | 2,31 | 0,73 | 0,0098 | 1,58 | 3,21 |
| | | | 2:00 | 5,09 | 1,07 | 0,34 | 0,0049 | 0,73 | 1,86 |
| | | | 3:00 | 3,12 | 0,65 | 0,20 | 0,0047 | 0,42 | 1,61 |
| | | | 4:00 | 2,71 | 0,57 | 0,18 | 0,0033 | 0,38 | 1,22 |
| | | | 5:00 | 5,00 | 1,04 | 0,32 | 0,0082 | 0,68 | 2,75 |
| | | | 6:00 | 23,12 | 4,84 | 1,53 | 0,0229 | 3,35 | 8,68 |
| | | | 7:00 | 65,08 | 13,61 | 4,31 | 0,0789 | 9,34 | 31,16 |
| | | | 8:00 | 101,27 | 21,15 | 6,67 | 0,1383 | 14,33 | 52,85 |
| | | | 9:00 | 65,41 | 13,64 | 4,24 | 0,1089 | 8,91 | 38,79 |
| | | | 10:00 | 54,20 | 11,31 | 3,51 | 0,0843 | 7,41 | 29,88 |
| | | | 11:00 | 58,21 | 12,16 | 3,78 | 0,0815 | 8,01 | 28,42 |
| | | | 12:00 | 56,77 | 11,85 | 3,68 | 0,0828 | 7,78 | 28,56 |
| | | | 13:00 | 48,86 | 10,19 | 3,16 | 0,0780 | 6,62 | 26,38 |
| | | | 14:00 | 49,04 | 10,21 | 3,16 | 0,0845 | 6,59 | 28,35 |
| | | | 15:00 | 59,63 | 12,45 | 3,88 | 0,0808 | 8,24 | 27,14 |
| | | | 16:00 | 60,95 | 12,74 | 3,96 | 0,0774 | 8,44 | 26,60 |
| | | | 17:00 | 68,49 | 14,31 | 4,47 | 0,0876 | 9,56 | 30,76 |
| | | | 18:00 | 66,33 | 13,84 | 4,33 | 0,0972 | 9,21 | 34,52 |
| | | | 19:00 | 52,54 | 10,94 | 3,42 | 0,0945 | 7,17 | 34,81 |
| | | | 20:00 | 40,01 | 8,34 | 2,61 | 0,0663 | 5,52 | 23,71 |
| | | | 21:00 | 26,55 | 5,53 | 1,73 | 0,0419 | 3,67 | 14,79 |
| | | | 22:00 | 19,58 | 4,09 | 1,29 | 0,0288 | 2,75 | 10,67 |
| | | | 23:00 | 22,94 | 4,80 | 1,52 | 0,0229 | 3,30 | 7,95 |
| | | | 0:00 | 23,86 | 4,96 | 1,54 | 0,038 | 3,23 | 12,20 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Avenida dos Franceses | 9,8 | 0,66 | | | | | 9 | | |
| | | | 1:00 | 15,96 | 3,31 | 1,01 | 0,0317 | 2,06 | 9,47 |
| | | | 2:00 | 12,35 | 2,55 | 0,77 | 0,0308 | 1,51 | 9,01 |
| | | | 3:00 | 14,05 | 2,92 | 0,90 | 0,0256 | 1,84 | 7,58 |
| | | | 4:00 | 23,90 | 4,99 | 1,56 | 0,0311 | 3,30 | 9,90 |
| | | | 5:00 | 52,52 | 11,00 | 3,48 | 0,0406 | 7,64 | 14,39 |
| | | | 6:00 | 115,79 | 24,21 | 7,62 | 0,1398 | 16,43 | 51,77 |
| | | | 7:00 | 152,07 | 31,78 | 9,93 | 0,2307 | 21,15 | 89,99 |
| | | | 8:00 | 205,29 | 43,00 | 13,40 | 0,2225 | 28,85 | 80,86 |
| | | | 9:00 | 159,80 | 33,41 | 10,40 | 0,2038 | 22,20 | 71,82 |
| | | | 10:00 | 160,82 | 33,61 | 10,46 | 0,2046 | 22,30 | 70,29 |
| | | | 11:00 | 164,60 | 34,40 | 10,70 | 0,2108 | 22,79 | 71,58 |
| | | | 12:00 | 156,43 | 32,65 | 10,15 | 0,2231 | 21,47 | 75,29 |
| | | | 13:00 | 154,13 | 32,15 | 9,99 | 0,2267 | 21,09 | 75,25 |
| | | | 14:00 | 169,30 | 35,36 | 11,01 | 0,2238 | 23,41 | 75,23 |
| | | | 15:00 | 159,62 | 33,34 | 10,36 | 0,2111 | 22,00 | 69,88 |
| | | | 16:00 | 177,95 | 37,21 | 11,60 | 0,2130 | 24,81 | 72,78 |
| | | | 17:00 | 182,10 | 38,02 | 11,82 | 0,2578 | 25,05 | 89,15 |
| | | | 18:00 | 169,28 | 35,30 | 11,00 | 0,2697 | 23,21 | 95,70 |
| | | | 19:00 | 143,90 | 30,02 | 9,40 | 0,2092 | 19,97 | 73,22 |
| | | | 20:00 | 93,02 | 19,43 | 6,12 | 0,1097 | 13,19 | 38,16 |
| | | | 21:00 | 63,83 | 13,32 | 4,19 | 0,0891 | 8,95 | 31,50 |
| | | | 22:00 | 61,90 | 12,92 | 4,07 | 0,0799 | 8,74 | 27,35 |
| | | | 23:00 | 33,76 | 7,04 | 2,21 | 0,0446 | 4,72 | 14,83 |

(Continua)

(Continuação)

| Via | Extensão (km) | Teor de silte (g/m ²) | Hora | Taxa de Emissão | | | | | |
|--|---------------|-----------------------------------|-------|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| | | | | PTS (kg/h) | MP ₁₀ (kg/h) | MP _{2,5} (kg/h) | SO ₂ (kg/h) | NO ₂ (kg/h) | CO (kg/h) |
| BR135 - Entre Bacabeira e o trevo com a Eng ^o Marcieira | 17,6 | 0,66 | 0:00 | 57,77 | 12,14 | 3,80 | 0,0221 | 8,35 | 6,54 |
| | | | 1:00 | 34,16 | 7,19 | 2,23 | 0,0133 | 4,85 | 3,75 |
| | | | 2:00 | 28,01 | 5,89 | 1,82 | 0,0116 | 3,97 | 3,39 |
| | | | 3:00 | 35,40 | 7,44 | 2,32 | 0,0142 | 5,07 | 4,02 |
| | | | 4:00 | 72,73 | 15,28 | 4,76 | 0,0349 | 10,39 | 10,18 |
| | | | 5:00 | 171,76 | 36,07 | 11,23 | 0,0909 | 24,47 | 27,38 |
| | | | 6:00 | 381,12 | 80,00 | 24,95 | 0,2390 | 54,33 | 76,61 |
| | | | 7:00 | 460,81 | 96,73 | 30,04 | 0,3256 | 65,14 | 105,67 |
| | | | 8:00 | 449,22 | 94,32 | 29,27 | 0,2931 | 63,47 | 91,06 |
| | | | 9:00 | 432,02 | 90,75 | 28,08 | 0,2701 | 60,84 | 82,50 |
| | | | 10:00 | 474,33 | 99,67 | 30,85 | 0,2750 | 66,95 | 83,57 |
| | | | 11:00 | 435,94 | 91,60 | 28,38 | 0,2614 | 61,62 | 83,01 |
| | | | 12:00 | 388,11 | 81,52 | 25,25 | 0,2350 | 54,76 | 71,19 |
| | | | 13:00 | 434,33 | 91,26 | 28,26 | 0,2376 | 61,39 | 69,59 |
| | | | 14:00 | 421,94 | 88,65 | 27,47 | 0,2313 | 59,69 | 68,37 |
| | | | 15:00 | 447,95 | 94,13 | 29,16 | 0,2407 | 63,37 | 71,54 |
| | | | 16:00 | 461,66 | 96,97 | 30,09 | 0,2599 | 65,39 | 76,95 |
| | | | 17:00 | 426,23 | 89,45 | 27,86 | 0,2844 | 60,54 | 89,95 |
| | | | 18:00 | 296,00 | 62,12 | 19,26 | 0,2259 | 41,66 | 73,67 |
| | | | 19:00 | 215,83 | 45,31 | 14,08 | 0,1529 | 30,55 | 51,09 |
| | | | 20:00 | 141,09 | 29,63 | 9,20 | 0,0864 | 20,00 | 26,76 |
| | | | 21:00 | 109,51 | 22,99 | 7,16 | 0,0684 | 15,57 | 21,72 |
| | | | 22:00 | 101,89 | 21,40 | 6,69 | 0,0481 | 14,64 | 14,44 |
| 23:00 | 72,42 | 15,21 | 4,75 | 0,0335 | 10,39 | 10,06 | | | |
| BR135 - Entre o trevo com a Eng ^o Marcieira e Aeroporto | 12,7 | 0,87 | 0:00 | 27,93 | 5,87 | 1,84 | 0,0120 | 4,04 | 4,80 |
| | | | 1:00 | 17,64 | 3,71 | 1,15 | 0,0076 | 2,50 | 2,77 |
| | | | 2:00 | 15,02 | 3,16 | 0,98 | 0,0069 | 2,12 | 2,73 |
| | | | 3:00 | 18,53 | 3,89 | 1,21 | 0,0086 | 2,64 | 3,41 |
| | | | 4:00 | 41,73 | 8,76 | 2,73 | 0,0218 | 5,95 | 9,03 |
| | | | 5:00 | 88,40 | 18,55 | 5,78 | 0,0535 | 12,56 | 22,67 |
| | | | 6:00 | 185,81 | 38,97 | 12,15 | 0,1289 | 26,38 | 55,81 |
| | | | 7:00 | 218,56 | 45,83 | 14,23 | 0,1744 | 30,72 | 77,26 |
| | | | 8:00 | 214,89 | 45,07 | 13,99 | 0,1625 | 30,23 | 68,13 |
| | | | 9:00 | 183,22 | 38,43 | 11,88 | 0,1468 | 25,56 | 60,33 |
| | | | 10:00 | 217,32 | 45,61 | 14,12 | 0,1517 | 30,50 | 61,74 |
| | | | 11:00 | 201,99 | 42,41 | 13,13 | 0,1443 | 28,40 | 62,49 |
| | | | 12:00 | 180,69 | 37,91 | 11,74 | 0,1332 | 25,34 | 53,60 |
| | | | 13:00 | 211,23 | 44,35 | 13,73 | 0,1359 | 29,72 | 53,60 |
| | | | 14:00 | 189,29 | 39,73 | 12,31 | 0,1269 | 26,62 | 51,74 |
| | | | 15:00 | 204,40 | 42,91 | 13,29 | 0,1307 | 28,78 | 54,52 |
| | | | 16:00 | 216,37 | 45,41 | 14,09 | 0,1411 | 30,51 | 58,41 |
| | | | 17:00 | 207,87 | 43,59 | 13,58 | 0,1523 | 29,42 | 67,73 |
| | | | 18:00 | 143,34 | 30,05 | 9,31 | 0,1220 | 20,04 | 53,98 |
| | | | 19:00 | 112,28 | 23,55 | 7,32 | 0,0860 | 15,83 | 38,91 |
| | | | 20:00 | 73,26 | 15,37 | 4,78 | 0,0495 | 10,35 | 20,74 |
| | | | 21:00 | 61,17 | 12,84 | 4,00 | 0,0408 | 8,67 | 16,78 |
| | | | 22:00 | 51,83 | 10,88 | 3,40 | 0,0268 | 7,44 | 10,87 |
| 23:00 | 34,99 | 7,35 | 2,30 | 0,0178 | 5,02 | 7,50 | | | |

(Continua)

(Continuação)

| Via | Extensão (km) | Teor de silte (g/m ²) | Hora | Taxa de Emissão | | | | | |
|---|---------------|-----------------------------------|-------|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| | | | | PTS (kg/h) | MP ₁₀ (kg/h) | MP _{2,5} (kg/h) | SO ₂ (kg/h) | NO ₂ (kg/h) | CO (kg/h) |
| Engº Emiliano Macieira - Entre a Rua da Igreja (Vila Maranhão) e Anjo da Guarda | 13,1 | 0,87 | 0:00 | 38,22 | 7,99 | 2,53 | 0,0413 | 5,48 | 14,50 |
| | | | 1:00 | 30,33 | 6,34 | 2,00 | 0,0269 | 4,36 | 8,83 |
| | | | 2:00 | 14,00 | 2,93 | 0,92 | 0,0135 | 2,01 | 5,11 |
| | | | 3:00 | 8,58 | 1,79 | 0,55 | 0,0129 | 1,17 | 4,42 |
| | | | 4:00 | 7,44 | 1,56 | 0,49 | 0,0092 | 1,04 | 3,37 |
| | | | 5:00 | 13,74 | 2,86 | 0,89 | 0,0225 | 1,87 | 7,57 |
| | | | 6:00 | 63,58 | 13,31 | 4,22 | 0,0630 | 9,20 | 23,87 |
| | | | 7:00 | 179,00 | 37,43 | 11,84 | 0,2171 | 25,69 | 85,71 |
| | | | 8:00 | 278,52 | 58,17 | 18,34 | 0,3805 | 39,42 | 145,36 |
| | | | 9:00 | 179,91 | 37,51 | 11,66 | 0,2997 | 24,50 | 106,70 |
| | | | 10:00 | 149,08 | 31,11 | 9,67 | 0,2319 | 20,39 | 82,20 |
| | | | 11:00 | 160,13 | 33,45 | 10,39 | 0,2241 | 22,02 | 78,16 |
| | | | 12:00 | 156,15 | 32,60 | 10,12 | 0,2278 | 21,39 | 78,56 |
| | | | 13:00 | 134,40 | 28,02 | 8,68 | 0,2144 | 18,21 | 72,56 |
| | | | 14:00 | 134,90 | 28,09 | 8,69 | 0,2323 | 18,12 | 77,98 |
| | | | 15:00 | 164,02 | 34,24 | 10,67 | 0,2222 | 22,65 | 74,66 |
| | | | 16:00 | 167,66 | 35,05 | 10,90 | 0,2130 | 23,22 | 73,16 |
| | | | 17:00 | 188,38 | 39,37 | 12,30 | 0,2409 | 26,29 | 84,61 |
| | | | 18:00 | 182,47 | 38,07 | 11,91 | 0,2673 | 25,33 | 94,94 |
| | | | 19:00 | 144,53 | 30,11 | 9,39 | 0,2600 | 19,72 | 95,77 |
| | | | 20:00 | 110,06 | 22,93 | 7,18 | 0,1825 | 15,17 | 65,23 |
| | | | 21:00 | 73,04 | 15,22 | 4,77 | 0,1152 | 10,09 | 40,68 |
| | | | 22:00 | 53,86 | 11,24 | 3,54 | 0,0793 | 7,55 | 29,35 |
| 23:00 | 63,09 | 13,19 | 4,17 | 0,0631 | 9,06 | 21,88 | | | |
| Engº Emiliano Macieira - Entre o trevo com a BR135 e a Rua da Igreja (Vila Maranhão) | 6,6 | 0,87 | 0:00 | 7,13 | 1,50 | 0,47 | 0,0020 | 1,03 | 0,60 |
| | | | 1:00 | 3,62 | 0,76 | 0,24 | 0,0010 | 0,52 | 0,28 |
| | | | 2:00 | 2,68 | 0,56 | 0,17 | 0,0007 | 0,38 | 0,23 |
| | | | 3:00 | 3,62 | 0,76 | 0,24 | 0,0009 | 0,52 | 0,24 |
| | | | 4:00 | 5,46 | 1,15 | 0,36 | 0,0017 | 0,78 | 0,50 |
| | | | 5:00 | 18,31 | 3,85 | 1,20 | 0,0061 | 2,62 | 2,00 |
| | | | 6:00 | 45,99 | 9,67 | 3,02 | 0,0223 | 6,61 | 8,12 |
| | | | 7:00 | 58,80 | 12,37 | 3,84 | 0,0311 | 8,39 | 11,22 |
| | | | 8:00 | 56,45 | 11,87 | 3,68 | 0,0252 | 8,04 | 8,15 |
| | | | 9:00 | 66,43 | 13,98 | 4,33 | 0,0248 | 9,47 | 8,03 |
| | | | 10:00 | 64,50 | 13,58 | 4,20 | 0,0241 | 9,18 | 7,75 |
| | | | 11:00 | 58,05 | 12,21 | 3,79 | 0,0228 | 8,27 | 7,26 |
| | | | 12:00 | 51,35 | 10,81 | 3,35 | 0,0187 | 7,31 | 5,70 |
| | | | 13:00 | 52,70 | 11,09 | 3,44 | 0,0183 | 7,51 | 5,50 |
| | | | 14:00 | 59,45 | 12,51 | 3,88 | 0,0206 | 8,48 | 6,28 |
| | | | 15:00 | 61,28 | 12,90 | 3,99 | 0,0221 | 8,73 | 6,89 |
| | | | 16:00 | 60,10 | 12,64 | 3,92 | 0,0239 | 8,58 | 7,54 |
| | | | 17:00 | 51,29 | 10,78 | 3,36 | 0,0272 | 7,34 | 9,43 |
| | | | 18:00 | 36,11 | 7,59 | 2,36 | 0,0211 | 5,15 | 7,75 |
| | | | 19:00 | 22,32 | 4,70 | 1,46 | 0,0125 | 3,19 | 4,75 |
| | | | 20:00 | 14,66 | 3,08 | 0,96 | 0,0066 | 2,09 | 2,26 |
| | | | 21:00 | 9,15 | 1,92 | 0,60 | 0,0044 | 1,31 | 1,60 |
| | | | 22:00 | 11,14 | 2,34 | 0,73 | 0,0041 | 1,60 | 1,27 |
| 23:00 | 8,90 | 1,87 | 0,58 | 0,0028 | 1,28 | 0,85 | | | |