

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

KARINA KLEIN DE LIMA

**Caracterização do potencial bioindicador das epífitas
Tillandsia stricta (Bromeliaceae) e *Lellingeria limula*
no trajeto São Paulo - Cipó-Guaçu**

**Characterization of the bioindicator potential of epiphytes
Tillandsia stricta (Bromeliaceae) and *Lellingeria limula*
on the route São Paulo - Cipó-Guaçú**

SÃO PAULO, SP

2022

KARINA KLEIN DE LIMA

**Caracterização do potencial bioindicador das epífitas
Tillandsia stricta (Bromeliaceae) e Lellingeria limula
no trajeto São Paulo - Cipó-Guaçu**

Trabalho de Graduação Individual II (TGI)
apresentado ao Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas,
da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Geografia.

Área de Concentração: Biogeografia

Orientador: Profa. Dra. Rúbia Gomes Morato

SÃO PAULO, SP

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Kc

Klein de Lima, Karina
Caracterização do potencial bioindicador das
epífitas *Tillandsia stricta* (Bromeliaceae) e
Lellingeria limula no trajeto São Paulo - Cipó-Guaçu
/ Karina Klein de Lima; orientador Rúbia Gomes
Morato - São Paulo, 2023.
79 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

1. Bioindicador. 2. Epífita. 3. Poluição
atmosférica. 4. São Paulo . 5. Cipó-Guaçu. I. Gomes
Morato, Rúbia , orient. II. Título.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Dedico este trabalho aos meus amados pais, cujo inabalável apoio e amor incondicional acompanharam todas as escolhas que fiz ao longo da jornada acadêmica. Suas palavras de encorajamento e sua presença constante foram essenciais nos momentos desafiadores. Além disso, desejo expressar minha sincera gratidão à minha prima, Julia Klein, que me apoiou durante todo o período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha orientadora, Profa. Dr. Rúbia, por sua orientação dedicada, valiosos insights e paciência ao longo do processo de elaboração deste trabalho.

À minha mãe e meu pai, não existem palavras suficientes para agradecer por todo o amor incondicional, encorajamento e apoio que sempre me proporcionaram.

À minha querida amiga e colega de curso, Nayara Castilho, agradeço por compartilhar conhecimentos, experiências e risadas ao longo desta jornada acadêmica. Sua amizade foi um fio constante de motivação e companheirismo.

A toda a minha família, expresso minha gratidão pelo apoio, compreensão e estímulo ao longo de todos os anos de estudo.

Por fim, quero agradecer à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas por proporcionar o ambiente propício ao aprendizado e à pesquisa. O ambiente acadêmico desta instituição foi fundamental para o desenvolvimento das minhas habilidades e para a realização deste trabalho.

“A natureza não faz milagres, faz revelações.”

- Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

Este trabalho discute a poluição atmosférica e seus malefícios para a saúde humana e em paralelo busca descrever e discutir a distribuição das plantas epífitas *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e *Lellingeria limula*, consideradas bioindicadores da qualidade do ar, no trecho entre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), partindo do bairro de Santana, até o distrito de Cipó-Guaçu - mais especificamente a Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos - e correlacionar sua presença e quantidade com a urbanização, o desmatamento e qualidade do ar. Além disso, com base em revisões bibliográficas do tema, atrelado a dados coletados sobre a qualidade atmosférica, pretende-se discutir sobre como os métodos de medição tradicionais, em alguns casos se mostra ineficiente o que pode nos levar a pensar sobre.

Palavras chaves: Poluição atmosférica; bioindicadores; epífitas; Embu-Guaçu; São Paulo; Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos.

ABSTRACT

This work discusses atmospheric pollution and its harmful effects on human health and, at the same time, seeks to understand and discuss the distribution of the epiphytic plants *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) and *Lellingeria limula*, considered bioindicators of water quality, in the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP), starting from the neighborhood of Santana, in the Cipó-Guaçu district and correlating its presence and quantity with urbanization, or deformation and water quality. Also, based on bibliographic reviews on the subject, linked to data collected on atmospheric quality, it is intended to discuss how traditional measurement methods, in some cases, prove to be inefficient or that can lead us to reflect.

Keywords: Atmospheric pollution; bioindicators; epiphytes; Embu-Guaçu; São Paulo; Capivari-Monos Municipal Environmental Protection Area.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Delimitação da cidade de São Paulo com destaque para a localização do bairro de Santana. - 15
- Figura 2 - Delimitação da cidade de São Paulo com destaque para a localização do distrito de Cipó-Guaçu. - 17
- Figura 3 - Delimitação e características da Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos. - 18
- Figura 4 - Mapeamento da cobertura vegetal nativa do estado de São Paulo - Inventário flores 2020 - 19
- Figura 5 - Comparaçao da concentração média encontrada no Parque Ibirapuera e em outras áreas utilizando folhas - 27
- Figura 6 - Distribuição das doenças analisadas na teses e dissertações que versam sobre a relação entre a poluição atmosférica e a saúde humana no estado de São Paulo (2010-2019) - 31
- Figura 7: Poluentes atmosféricos e seus efeitos à saúde humana - 31
- Figura 8 - Amostrador Ambiente de Alta Capacidade (Hi-Vol) - 32
- Figura 9 - *Tillandsia stricta* no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 35
- Figura 10 - Imagens ilustrativas da estrutura da *Lellingeria limula*. - 37
- Figura 11 - Trecho da Santana, Cipó-Guaçu visto de cima. - 40
- Figura 12 - Placa indicando o início da delimitação da Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos. - 41
- Figura 13 - Diversas espécies de epífitas observadas no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 42
- Figura 14 - Diversas espécies de epífitas observadas no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 43
- Figura 15 - *Lellingeria limula* observada durante o trajeto. - 44
- Figura 16 - Área em que se observou uma crescente ocupação durante os campos realizados. - 45
- Figura 17 - Área em que se observou uma crescente ocupação durante os campos realizados. - 46

- Figura 18 - Árvores presentes no trecho da marginal Tietê. - 48
- Figura 19 - Árvores presentes no trecho da marginal Tietê. - 49
- Figura 20 - Árvores presentes no trecho da marginal Tietê. - 50
- Figura 21 - Trecho da Marginal Tietê visto de cima. - 51
- Figura 22 - Árvores presentes no trecho Regis Bittencourt - 52
- Figura 23 - Trecho da Rodovia Mário Covas visto de cima. - 53
- Figura 24 - Trecho da Estrada de Itapecerica - Cipó-Guaçu visto de cima. - 54
- Figura 25 - Árvores presentes no trecho da Rod. Pref. Bento Rotger Domingues. - 55
- Figura 26 - Árvores presentes no trecho da Rod. Pref. Bento Rotger Domingues. - 56
- Figura 27 - Árvores presentes no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 58
- Figura 28 - Árvores presentes no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 59
- Figura 29 - Epífitas observadas no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 60
- Figura 30 - *Lellingeria limula* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 61
- Figura 31: *Lellingeria limula* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 62
- Figura 32: *Lellingeria limula* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 63
- Figura 33: *Tillandsia stricta (Bromeliaceae)* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 64
- Figura 34: *Tillandsia stricta (Bromeliaceae)* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 65
- Figura 35: *Tillandsia stricta (Bromeliaceae)* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos). - 66
- Figura 36 - Dados públicos sobre a qualidade do ar no bairro de Santana. - 67
- Figura 37 - Dados públicos sobre a qualidade do ar na Marginal Tietê. - 67
- Figura 38 - Dados públicos sobre a qualidade do ar no bairro de Capão - 68
- Redondo.Figura 39 - Imagem do bairro de Capão Redondo visto de cima. - 69
- Figura 40 - Imagem do bairro de Santana visto de cima - 70
- Figura 41 - Imagem da Marginal Tietê vista de cima. - 71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO.....	12
3. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
4. JUSTIFICATIVA.....	14
5. ÁREA DE ESTUDO.....	15
6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
7. DESENVOLVIMENTO.....	23
7.1. As Epífitas:.....	23
7.2 Desenvolvimento urbano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP):.....	24
7.3. Floresta Urbana:.....	25
7.4. Poluição atmosférica:.....	26
7.5. Medições convencionais e não-convencionais da qualidade do ar:.....	30
7.6. As espécies bioindicadoras <i>Tillandsia stricta</i> (Bromeliaceae) e <i>Lellingeria limula</i> :....	33
8. METODOLOGIA.....	37
8.1. O trajeto entre São Paulo e Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos) e suas características.....	47
8.2. Dados oficiais:.....	67
9. CONCLUSÃO.....	72
10. BIBLIOGRAFIA.....	74

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar é um aspecto fundamental para a saúde humana e a preservação do meio ambiente. A poluição atmosférica, causada principalmente por atividades industriais, veiculares e desmatamento, tem se tornado uma preocupação crescente devido aos impactos negativos que pode causar à saúde humana. Nesse contexto, o estudo das plantas epífitas, em especial as espécies *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e *Lellingeria limula*, surge como uma abordagem promissora para a avaliação da qualidade do ar.

Neste trabalho analisaremos a ocorrência e distribuição natural dessas espécies epífitas em um trajeto entre a cidade de São Paulo, partindo do bairro de Santana até o distrito de Cipó-Guaçu no município de Embu-Guaçu no Estado de São Paulo, estabelecendo correlações com fatores como poluição atmosférica, desmatamento e urbanização. A observação empírica aliada a dados bibliográficos será utilizada para compreender como a proliferação dessas plantas no ambiente estudado está relacionada a tais fatores.

Ao longo deste trabalho, serão abordados os seguintes pontos: A urbanização da cidade de São Paulo, correlacionado-a com questões de qualidade do ar; métodos convencionais e não convencionais de medição da qualidade atmosférica; observações empíricas da distribuição de plantas bioindicadoras durante o trajeto proposto. A metodologia adotada para a realização deste estudo inclui revisão bibliográfica, dados disponíveis em veículos oficiais de informação e observações empíricas .

Por fim, é importante ressaltar que a pesquisa se baseia em uma ampla revisão bibliográfica, análise criteriosa de dados e informações, além de uma reflexão embasada em fundamentações teóricas e empíricas. Acredita-se que os resultados e conclusões obtidos possam contribuir significativamente para formas alternativas e mais viáveis de medição da qualidade atmosférica e fornecer subsídios relevantes para futuras pesquisas nessa área específica.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo analisar a ocorrência e distribuição de plantas epífitas, em especial as plantas *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e *Lellingeria limula*, em um trajeto entre a cidade de São Paulo e o distrito de Cipó-Guaçu, correlacionando sua proliferação no ambiente citado, com fatores como a poluição atmosférica, desmatamento e urbanização através da observação empírica atrelada a dados bibliográficos.

3. OBJETIVO ESPECÍFICO

Pretende-se atingir os seguintes objetivos específicos: descrever os aspectos biogeográficos e urbanos do trajeto; coletar e analisar dados bibliográficos sobre os métodos de medição da poluição atmosférica utilizando as epífitas bioindicadoras de reação *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e acumulação *Lellingeria limula*, para desenvolver uma interpretação dos efeitos da poluição atmosférica no trecho de estudo. Também pretende-se realizar uma análise a partir da reflexão sobre como as ações humanas interferem na biomassa e no clima local e como podemos utilizar a natureza como método científico e educacional.

4. JUSTIFICATIVA

A partir de observações realizadas no trajeto entre a cidade de São Paulo e Cipó-Guaçu, notou-se que a distribuição de determinadas espécies acontecia de forma gradualmente decrescente. As epífitas, como a *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e *Lellingeria limula*, são muito comuns na Mata Atlântica e a incidência dessas espécies na região de Cipó-Guaçu é substancial. Após o entendimento de como essas plantas absorvem nutrientes,

“As epífitas se alimentam do que o clima lhes traz. Ar: partículas, restos orgânicos e água, bactérias e fungos decompõem folhas caídas, animais mortos e outras partículas orgânicas para formar uma camada protetora ao redor das raízes e caules da epífita. esta camada de húmus mantém a água e certas quantidades de sais minerais.” (GRANADOS-SÁNCHEZ, D. et al., 2003, p.105)

percebe-se que são bioindicadores da qualidade do ar:

“Por esta razão, estas plantas são consideradas muito apropriadas para o monitoramento da poluição atmosférica, pois juntamente com a água e os nutrientes são capazes de acumularem poluentes e metais pesados presentes na atmosfera.” (DRAGUNSKI, 2009, p.206)

Compreendendo esses conceitos é possível questionar quais são os fatores responsáveis pela forma como essas espécies se distribuem e o que - e como - elas poderiam dizer sobre o ar que respiramos.

Saber mais sobre como a ação humana modifica as condições do ar, afetando a vida como um todo, é de extrema importância, uma vez que se discute cada vez mais sobre preservação ambiental e mudanças climáticas.

É importante sempre lembrar que toda vida importa e que a natureza manifesta as consequências das mudanças que estamos causando. Saber observar e interpretar o que a natureza tem a nos dizer sobre o ambiente em que vivemos pode nos ajudar elaborar ações efetivas e objetivas para diminuir os impactos da ação humana no meio ambiente.

5. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada para este trabalho é a rota entre a cidade de São Paulo, mais especificamente o bairro de Santana, e Cipó-Guaçu, um distrito do município de Embu-Guaçú. A rota em questão tem aproximadamente 50 km. O trajeto escolhido desempenha um papel fundamental para o objetivo deste trabalho, uma vez que abrange a região metropolitana, que segundo Oliveira e Alves (2007): “é a região metropolitana que apresenta o maior e mais grave problema de poluição do ar do País.” (DE OLIVEIRA; DA FONSECA ALVES, 2007) até regiões mais conservadas, onde, pelo índice vegetativo, a qualidade atmosférica é infinitamente melhor.

A cidade de São Paulo é uma das maiores metrópoles do mundo e o principal centro econômico do Brasil. Localizada na região Sudeste do país, é a capital do estado de São Paulo e abriga uma população de aproximadamente 11,5 milhões de habitantes e com uma área de mais de 1.500 quilômetros quadrados. A Região Metropolitana tem 21,9 milhões de habitantes na contagem preliminar do Censo 2022 (IBGE, 2022).

Essa região foi selecionada para este estudo por conta de suas características urbanísticas e de desenvolvimento, que tem como pilar a sobreposição urbana acima das áreas verdes, causando diversos problemas ambientais e, consequentemente, de saúde para a sua população.

Tratando-se mais especificamente do bairro de Santana, de onde parte nosso percurso, é importante ressaltar as intervenções urbanas que vêm ocorrendo em sua região desde os anos de 1970, época de implementação da estação de metrô de mesmo nome. Juntamente a essa estação, desencadeia-se a implementação do Plano CURA Piloto de Santana que teve como objetivo tornar o bairro de Santana mais conectado com a cidade de São Paulo. Foi a partir daí que se viu a intervenção do poder público em uma área até então fora do eixo central. Já em 2002 com a revitalização do espaço onde outrora se encontrava a penitenciária do Carandiru, surge a “Operação Urbana Vila Maria – Carandiru, que em linhas gerais, pretende constituir um pólo hoteleiro, de feiras e eventos na zona norte do município de São Paulo.” (GONÇALVES, 2006)

Abaixo temos uma imagem que ilustra bem como se dão as delimitações da cidade de São Paulo e onde se localiza o bairro de Santana.

Figura 1 - Delimitação da cidade de São Paulo com destaque para a localização do bairro de Santana.



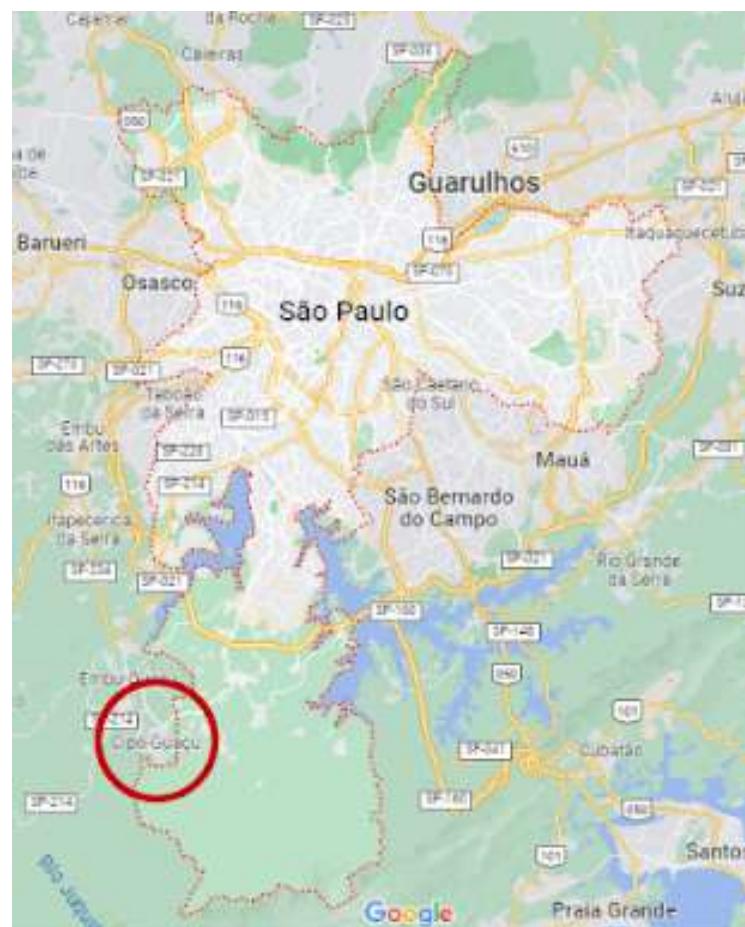
Fonte: Google Maps (2023)

Já o distrito de Cipó-Guaçu está localizado no município de Embu-Guaçu, no estado de São Paulo. É uma região que tem como características principais as matas ainda preservadas, colinas e rios. As regiões mais habitadas apresentam-se de forma mais espaçadas e com características rurais, por lá se encontram, em abundância, fazendas, sítios e chácaras, onde é comum a prática da agricultura familiar e a criação de animais. A agricultura é uma atividade econômica relevante, com destaque para a produção de hortaliças, frutas e cultivos diversos.

É importante ressaltar que nosso destino está localizado dentro da Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos, o que explica a grande presença de mata nativa e, consequentemente, das plantas epífitas aqui estudadas. Essa área de preservação ambiental assume um papel pioneiro como a primeira entre as unidades de conservação desse tipo no município de São Paulo. Situada na região das subprefeituras de Parelheiros e Marsilac, ela abrange uma extensão de aproximadamente 25 mil hectares. Sua criação se deu em 9 de julho de 2001. Além disso, ela está estrategicamente posicionada dentro da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde de São Paulo e está integrada às zonas de proteção dos mananciais das bacias hidrográficas Guarapiranga, Billings e Capivari-Monos. Nesta área a cobertura vegetal desempenha um papel estratégico na conservação de uma fonte essencial de água potável para a cidade de São Paulo agindo como uma barreira protetora entre o Parque Estadual da Serra do Mar e a área urbana, desempenhando um papel de mitigação dos impactos da urbanização sob as águas que abastecem a cidade de São Paulo. (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017)

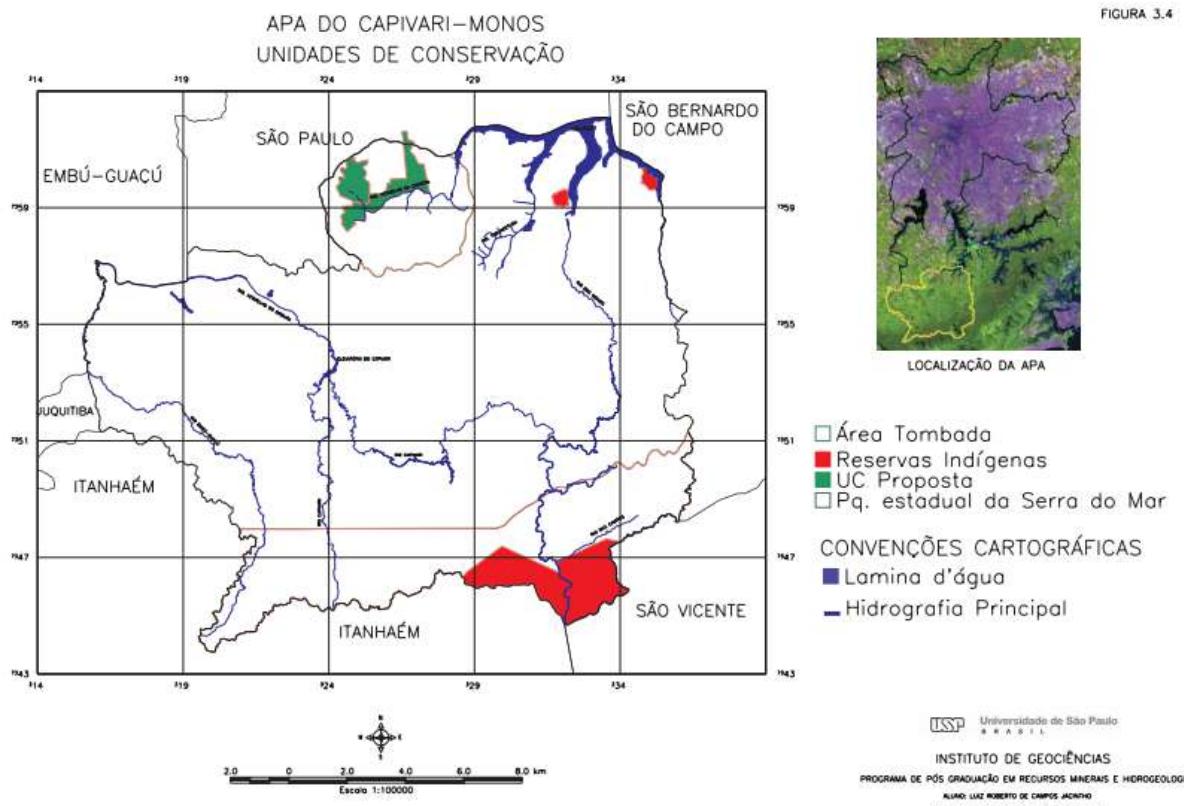
A figura 2 ilustra a localização do distrito de Cipó-Guaçu com relação a cidade de São Paulo e a figura 3 ilustra as delimitações da Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos.

Figura 2 - Delimitação da cidade de São Paulo com destaque para a localização do distrito de Cipó-Guaçu.



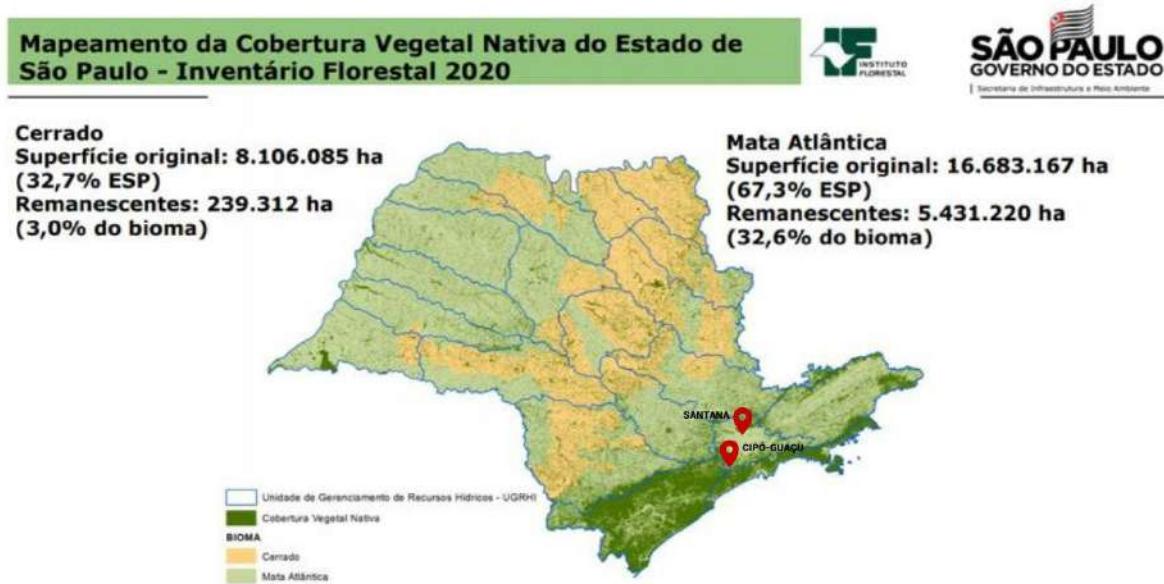
Fonte: Google Maps (2023)

Figura 3 - Delimitação e características da Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos.



Fonte: Jacintho (2003)

Figura 4 - Mapeamento da cobertura vegetal nativa do estado de São Paulo - Inventário florestal 2020



Fonte: GRAZIANO, Xico. Desmatamento zero em São Paulo. Poder 360. Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/opiniao/desmatamento-zero-em-sao-paulo-por-xico-graziano>> . Acesso em: 06 de julho de 2023.

É possível notar, com base no mapa “Mapeamento da cobertura vegetal nativa do estado de São Paulo - Inventário Florestal 2020”, que a cidade de São Paulo, assim como Cipó-Guaçu, estão localizadas dentro da faixa de Mata Atlântica, no entanto, Cipó-Guaçu está no ínicio da região demarcada como Cobertura Vegetal Nativa, ou seja, uma área preservada da Mata Atlântica, o que pode impactar na qualidade ambiental, do ar, do solo e das águas.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica desempenhou um papel central na coleta de dados para a estruturação deste trabalho. Com ela foi possível compreender os aspectos biológicos das epífitas, coletar dados e parâmetros sobre os impactos da poluição atmosférica na vida humana e nas plantas estudadas, assim como identificar métodos convencionais e não-convencionais de medição da poluição atmosférica.

Para facilitar a compreensão, na revisão bibliográfica foram analisados os seguintes pontos: principais características das plantas epífitas; o desenvolvimento urbano e seus impactos no meio ambiente e na qualidade do ar; os impactos da poluição na saúde humana; os principais métodos de medição da poluição atmosférica analisando pontos positivos e negativos da utilização de bioindicadores e métodos tecnológicos; estudos sobre plantas bioindicadoras de acumulação e de reação e como acontece a absorção de poluentes atmosféricos; propostas consistentes para a utilização desses bioindicadores como método de medição do índice de poluição em grandes cidades e descrições sobre as áreas de estudo.

Para entender a estrutura biológica das plantas epífitas foi utilizado o estudo realizado pelos pesquisadores D. Granados-Sánchez, G. F. López-Ríos, M. Á. Hernández-García e A. Sánchez-González chamado "Ecología de las plantas epífitas" publicado em 2007 na Revista Chapingo, na série "Ciencias Forestales y del Ambiente". A partir do texto "Epífitas vasculares: histórico, participação taxonômica e aspectos relevantes, com ênfase na Mata Atlântica" de Rodrigo de Andrade Kersten e do artigo publicado na Revista Brasil. Bot., V.28 de 2005, intitulado "As espécies de Lellingeria A.R. Sm. & R.C. Moran (Grammitidaceae – Pteridophyta) do Brasil" dos autores Paulo H. Labiak e Jefferson Prado, buscou-se identificar as principais características das plantas epífitas *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e *Lellingeria limula*, respectivamente.

A leitura e a interpretação desses textos permitiu compreender como essas plantas se desenvolveram e se adaptaram para garantir sua sobrevivência, desde métodos de coleta de nutrientes até formas estratégicas de captação da luz solar - essencial para a fotossíntese - e como se dá sua distribuição geográfica. Nos textos citados os autores explicam a estrutura das plantas a partir de análises bibliográficas e empíricas.

Foi essencial também entender como a ação humana e o desenvolvimento urbano estão atrelados à qualidade do ar e poluentes atmosféricos. Para isso foram utilizados os autores Marcia Lucia Rebello Pinho Dias e Nabil Bonduki que em seus trabalhos “Desenvolvimento urbano e habitação popular em São Paulo” e “O modelo de desenvolvimento urbano de São Paulo precisa ser revertido”, os trabalhos tratam, respectivamente, de como aconteceu e continua acontecendo a expansão urbana das cidades modernas e mais especificamente da cidade de São Paulo e a RMSP. Em suas considerações é possível concluir que a expansão urbana em São Paulo iniciou-se no final do século XIX e se mantém até hoje, oprimindo grande parte das áreas verdes naturais. Ainda dentro dessa temática, foram utilizadas informações importantes presentes no artigo “Expansão urbana e desmatamento nas áreas protegidas por legislação ambiental na Região Metropolitana de São Paulo” de Maria Aparecida de Oliveira e Humberto Prates da Fonseca Alves e no trabalho de pesquisa “Urbanização de São Paulo no século XX” de Ketelin Roos Tirloni e Felipe Schneider Della Flora.

Além disso, nos textos “Arborização urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo” da autora Bruna Lara de Arantes e “Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo” da autora Tiana Carla Lopes Moreira, fala-se de forma aprofundada da qualidade do ar dessa região e também, de alternativas para a melhoria da qualidade do ar atmosférico tão poluído, predominantemente, por veículos automotivos.

Outra questão de importância levantada através de bibliografia é as características do bairro de Santana através da dissertação de mestrado do pesquisador André Vinícius Martinez Gonçalves, intitulado “Manifestações e contradições da metrópole de São Paulo no antigo bairro de Santana – a paisagem, o valor da terra, a intervenção urbana e o fenômeno da deterioração urbana.”

Através de dois estudos de revisão bibliográfica de teses e dissertações realizados pelos pesquisadores Bianca Regina de Souza Gonçalves, Núbia Beatriz Fonseca Rodrigues e Christian Ricardo foi possível identificar os principais poluentes atmosféricos e seus efeitos à saúde humana, além disso, identificou-se as principais doenças, causadas pela poluição atmosférica, abordadas pelas teses estudadas, no top 3 dessas doenças identificadas nas teses temos: Doenças respiratórias, Câncer e Neoplasias e Doenças renais. Para esse tópico em questão, também foram considerados os trabalhos “Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana” de Alfesio Braga, Luiz Alberto Amador Pereira, Paulo Hilário Nascimento Saldiva e “Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo” dos autores Steffani Nikoli Dapper, Caroline Spohr e Roselaine Ruviaro Zanini e o trabalho “Revisão bibliográfica dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana: breve análise crítica da atual legislação brasileira sobre os padrões de qualidade do ar” Alceu Raposo Junior, Shayanne Raposo Norton, Wellington Lopes de Assis.

Através do livro “Monitoramento da qualidade do ar teoria e prática” do autor Carlos Alberto Frondizi buscou-se identificar os principais métodos convencionais de medição da poluição atmosférica para daí, aprofundarmos mais nos métodos menos convencionais, a utilização de bioindicadores. E, com a obra de Evangelina da Motta P. A. de Araújo Vormittag, Samirys Sara Rodrigues Cirqueira, Hélio Wicher Neto e Paulo Hilário N. Saldiva intitulado “Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil” levantou-se informações cruciais sobre como é feito o processo de medição da qualidade do ar pelo poder público e como esses dados são disponibilizados para a população e para os órgãos ambientais para que possam tomar as medidas cabíveis para garantir que a qualidade do ar esteja dentro de padrões aceitáveis.

Para entender como se dá a utilização de bioindicadores da qualidade do ar foram analisados os estudos “Briófitas como bioindicadores da qualidade do ar no Parque Nacional Serra Dos Órgãos, Teresópolis, Rj, Brasil” dos autores Larissa Miranda Ribeiro, Lorye de Araújo Melo, Maria Júlia Santos Peixoto, Milene de Mattos Silva, Gabriela Guimarães Moreira e Michaele Alvim Milward de Azevedo; “Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede européia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet)” dos autores Andreas Klumpp, Wolfgang Ansel, Gabriele Klumpp e Anette Fomin; “Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade” de Regina Maria Alves Carneiro; “Qualidade ambiental das cidades: uso de bioindicadores para avaliação da poluição atmosférica” das autoras Sofia Negri Braz, Regina Márcia Longo. Segundo os textos utilizados acima os poluentes presentes na atmosfera podem ser identificados na estrutura foliar das plantas o que as tornam excelentes bioindicadoras.

Além disso, considerou-se trabalhos que tratam majoritariamente de plantas epífitas como bioindicadoras, nos trabalhos em questão identificou-se os métodos de medição desses poluentes através de trabalho em laboratório ou até mesmo através da observância da distribuição desses seres vivos. Os trabalhos utilizados para a coleta dessas informações foram: “Uso de bromeliáceas em biomonitoramento atmosférico” dos pesquisadores Douglas Cardoso Dragunski, Juscelino Caiado, Élina Luiza Ferreira, Rosemeres Horwat Delaporte e Antonio Laverde Jr.; “Epífitas vasculares como bioindicadoras de la calidad forestal: impacto antrópico sobre su diversidad y composición” de Thorsten Krömer, José G. García-Franco y Tarin Toledo-Aceves e “Espécies de *Tillandsia* l. (*tillandsioideae*, *bromeliaceae*) como bioindicadoras de poluição atmosférica” de Fernanda Cristina Benjamim da Costa, Berenice Chiavegatto, Daniel Elias Ferreira Barbosa, Samyra Gomes Furtado e Luiz Menini Neto.

Ainda dentro do tema epífitas utilizadas como bioindicadoras temos o trabalho “Emprego de *Tillandsia stricta* (*bromeliaceae*) como biomonitor de material particulado” dos autores Kayan Eudorico Ventury Baptista e Flávio Costa Miguens. Em seu trabalho, os pesquisadores utilizam uma das plantas epífitas selecionadas para este trabalho de TGI. Segundo eles:

“Os resultados obtidos até agora mostram que os métodos utilizados são adequados para caracterização morfológica do material particulado atmosférico,e com isso nos permite visualizar qual os tipos de partículas que estão sendo lançadas na atmosfera de Campos dos Goytacazes.” (BAPTISTA; MIGUENS, 2013, p.)

7. DESENVOLVIMENTO

7.1. As Epífitas:

As epífitas - líquens e bromélias - são plantas que crescem e se desenvolvem conectadas a outras plantas, vivendo nos galhos e troncos das árvores (que nessa relação são chamadas de forófitos), como uma estratégia para buscar uma posição favorável e receber maior incidência solar. Apesar de serem comumente confundidas com plantas parasitárias, seus hospedeiros servem apenas como suporte físico, sem sofrer qualquer dano. Por seu método de fixação inusitado, as plantas dessa família desenvolveram formas de absorção de nutrientes diferentes das plantas terrestres. Um fator importante para a absorção de nutrientes é a umidade atmosférica. Além disso, nos períodos mais secos e com chuvas escassas, as plantas absorvem uma maior quantidade de nutrientes, ao contrário dos períodos mais chuvosos. Como estratégia de absorção, as epífitas podem utilizar da concentração de húmus¹ no tronco da planta hospedeira, da associação com microrganismos, das modificações foliares que permitem o acúmulo de água e nutrientes e também da absorção de nutrientes diretamente da atmosfera, ou seja, as epífitas se alimentam do que o clima lhes oferece. (GRANADOS-SÁNCHEZ, D. et al. 2003)

Apesar de serem plantas que podem trazer informações muito relevantes sobre o ambiente no qual se desenvolvem, segundo Luis Alejandro Quintero Bernal em seu trabalho de “Biodiversidad Epífita Vascular Subandina como Estrategia de Educación Ambiental”, poucos estudos manifestam a verdadeira importância das plantas epífitas no contexto ambiental e ecológico.

“Os efeitos desses problemas de pesquisa se refletem em sintomas como desmatamento, baixa difusão política acadêmica e científica, desperdício do potencial de recursos florestais não madeireiros epífitos, além da incipiente criação de empresas e emprego destes, mas sobretudo numa afetação que acentua o processo acelerado de mudanças climáticas e o aumento da temperatura atmosférica.” (BERNAL, 2022, p.6)

Por isso, esse trabalho exerce o papel de observar e pensar as epífitas de forma estratégica para um fim que pode trazer grandes benefícios.

¹ Substância orgânica e negra, resultante da decomposição parcial de vegetais ou de animais, que se acumula sobre o solo ou a ele se mistura.

7.2 Desenvolvimento urbano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP):

Para o desenvolvimento do trabalho, também foi necessário entender como aconteceu o desenvolvimento urbano na cidade de São Paulo a partir do início do séc. XX, e como seu desenvolvimento e estruturação atual estão relacionados à poluição atmosférica que está intensamente presente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A partir do final do séc. XIX a humanidade atingiu um grau de desenvolvimento econômico e de organização social que permitia o aparecimento acentuado de cidades grandes. Na sociedade majoritariamente industrial surgem espaços urbanos que tem como forte característica o desenvolvimento de metrópoles, conurbações², cidades industriais e grandes conjuntos residenciais. (DIAS, 1989)

Esse modelo de grandes cidades caracteriza a civilização moderna, fazendo das metrópoles o foco da vida cultural, social, econômica e política. A cidade de São Paulo e posteriormente a Região Metropolitana de São Paulo surgem já dentro desse contexto e São Paulo, por ser desde o século XIX, um pólo econômico por conta da supremacia do café, tem um crescimento exponencial com o surgimento de indústrias no século XX. Por conta de sua história e pelo seu padrão de desenvolvimento, a RMSP passou por um processo de conurbação e possui hoje 39 municípios que integram sua região, sendo considerada atualmente como a maior conurbação da América Latina.

A mancha urbana, termo que se refere a áreas com grande concentração de edificações e intensamente habitada, se estende horizontalmente, destruindo áreas de floresta. Essa expansão se dá até hoje, reduzindo os espaços verdes ainda não ocupados, entre as regiões de Campinas, a Baixada Santista, a conurbação de São José dos Campos e a de Sorocaba. (BONDUKI, 2011)

² Área formada por cidades e vilarejos vizinhos que, por estarem muito próximos uns dos outros, formam um aglomerado de cidades.

Ainda atrelando o desenvolvimento urbano de São Paulo com as questões ambientais, é importante ressaltar como um ponto de atenção, a poluição atmosférica, que acontece desde sua intensa industrialização, segundo Ana Fani: “(...) ocorre a acentuação da concentração dos setores econômicos de ponta, como consequência de sua inserção no mercado global, momento caracterizado pela passagem da hegemonia do capital industrial para o capital financeiro.” (CARLOS, 2009, p.303) até os dias atuais onde o principal meio de locomoção da população se dá através de automóveis movidos a combustível. Tudo isso atrelado ao desmatamento intenso do qual nascem as grandes cidades percebe-se que a avaliação da qualidade ambiental nas áreas urbanas é cada vez mais essencial, considerando que é nessas regiões que os problemas ambientais tendem a se manifestar em maior escala.

7.3. Floresta Urbana:

Considerando-se exclusivamente a poluição atmosférica, vemos surgir como alternativa o termo “Floresta Urbana”, esta seria uma tentativa de melhoria da qualidade do ar nos centros urbanos. “Floresta Urbana” diz respeito a parques, praças, espaços residenciais e públicos com presença de vegetação que podem, além de outros benefícios, servir como uma forma de limpeza do ar.

Tiana Carla Lopes Moreira em sua dissertação “Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo” realizou um levantamento dos índices de poluição atmosféricas através do ecossistema urbano, chamado por BRADLEY (1995) de “Floresta Urbana”. Com as plantas Ipê Roxo, Jacarandá mimoso e Paineira, presentes no parque Ibirapuera, foi possível medir, utilizando do método de fluorescência de raio X, a concentração de elementos derivados da poluição atmosférica nas folhas das plantas estudadas. Na tabela abaixo é possível ver os principais elementos encontrados nas folhas. Na tabela a autora usa como comparação para a concentração desses elementos um trabalho realizado na Itália, mais especificamente em Florença.

Figura 5 - Comparação da concentração média encontrada no Parque Ibirapuera e em outras áreas utilizando folhas

Elemento	Folhas Itália (MONACI et al. 2000) 6 meses- 2 locais	Folhas
Ba (mg.Kg⁻¹)	11,7 e 6,93	15,86
Cr (mg.Kg⁻¹)	0,66 e 0,66	1,2
Cu (mg.Kg⁻¹)	8,62 e 6,68	9,38
Mn (mg.Kg⁻¹)	50,2 e 44,3	30,33
Pb (mg.Kg⁻¹)	0,90 e 1,15	2,03
Zn (mg.Kg⁻¹)	22,6 e 20,4	42,54

Fonte: Moreira (2010)

No entanto, para nossas decisões futuras é importante ressaltar que, para a autora, uma das principais dificuldades encontradas foi:

"A dificuldade em encontrar as espécies estudadas em uma região controle, aquela que deveria ser livre de poluentes, se deve ao fato de as espécies serem utilizadas em arborização urbana e muito raramente se encontram todas na mesma área que não seja urbana. Os valores encontrados não foram tão baixos quanto se esperava, mesmo assim a média geral dos elementos encontrados na região controle, o menor município do Brasil, foi menor do que os encontrados no Parque." (MOREIRA, 2010, p.69)

7.4. Poluição atmosférica:

Foi em 1930 que se registrou, pela primeira vez, a ocorrência de mortes causadas por poluição excessiva, esse episódio se deu na região do vale de Meuse, na Bélgica, entre as cidades de Huy e Liége. Essa área possuía uma alta concentração de indústrias, incluindo quatro siderúrgicas, três metalúrgicas, quatro usinas de energia e com minas de carvão, seis indústrias de cerâmica e vidro que utilizam fornos movidos a carvão ou gasogênio, três indústrias de cimento, três indústrias químicas de minerais, uma fábrica de pólvora, uma fábrica de ácido sulfúrico e uma fábrica de adubos. Essas indústrias estavam distribuídas em uma faixa de aproximadamente vinte quilômetros de extensão. (BRAGA, 2001)

Nos primeiros cinco dias de dezembro, condições meteorológicas desfavoráveis, como a ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes, que ficaram concentrados sobre a região. Como consequência imediata, houve um aumento nos casos de doenças respiratórias e de mortalidade, resultando em 60 mortes registradas até dois dias após o início do episódio.

“Em 2019, ano em que as Academias Nacionais de Ciências e Medicina da África do Sul, Alemanha, Brasil e Estados Unidos da América lançaram uma iniciativa política-científica para a redução da poluição atmosférica, a Organização das Nações Unidas (ONU) elegeu a poluição atmosférica e a mudança do clima, juntas, como o principal tema de atenção à saúde.” (VORMITTAG, 2021, p.2)

Nos dias atuais, cada vez mais estudos são realizados com o intuito de mostrar os efeitos e malefícios que a poluição tem na saúde humana. Um ponto importante ressaltado pelos autores Alfesio Braga, Luiz Alberto Amador Pereira e Paulo Hilário Nascimento Saldiva em seu artigo “Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana” é que os critérios de qualidade do ar, hoje estabelecido, se deu com base em conhecimentos adquiridos até aquele momento, mas que, em estudos recentes é possível identificar que, mesmo em regiões onde a poluição atmosférica se encontra dentro dos padrões de segurança, a presença desses poluentes ainda podem ser muito prejudiciais a saúde.

Além disso os autores se aprofundam mais no conceito de qualidade do ar presente na legislação federal, segundo eles:

"A legislação federal estabelece, em relação ao controle de poluentes, dois padrões de qualidade do ar:

· Padrões primários de qualidade do ar: são as concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, poderão acarretar danos à saúde da população;

· Padrões secundários de qualidade do ar: são as concentrações de poluentes abaixo das quais se espera o mínimo efeito sobre a saúde da população, da fauna e da flora.

Essa definição, que consta de Portaria normativa do IBAMA (Instituto Brasileiro de Apoio ao Meio Ambiente) de 14 de março de 1990, e que foi transformada em resolução pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) em 28 de junho de 1990, define que a curto e médio prazo, os padrões primários devem ser os desejados, e que a longo prazo, os padrões secundários devam ser objetivados.” (BRAGA; PEREIRA; SALDIVA, 2002, p.17)

Em seguida, ainda segundo os autores:

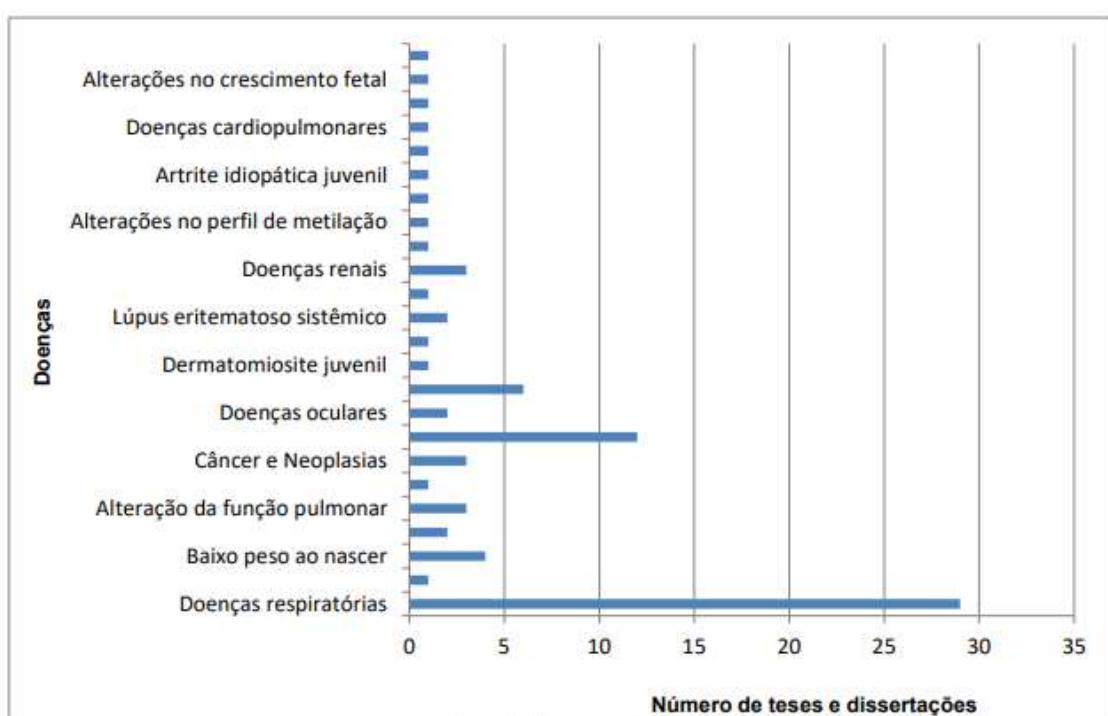
"A CETESB* divulga diariamente o Índice de Qualidade do Ar, desde 1981, com a finalidade de facilitar a divulgação de dados sobre a qualidade do ar. Este índice foi baseado no “PSI - Pollutant Standard Index”, desenvolvido pela EPA, e dá valores adimensionais para a qualidade do ar. Este índice classifica a qualidade do ar em seis categorias:

- **Boa (0 - 50)**: quando as concentrações de todos os poluentes estão abaixo de 50% de seus padrões de qualidade;
- **Regular (51 - 100)**: quando a concentração de pelo menos um dos poluentes atinge o seu padrão de qualidade;
- **Inadequada (101 - 199)**: quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre o seu padrão de qualidade e os níveis de atenção;
- **Má (200 - 299)**: quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre os seus níveis de atenção e de alerta;
- **Péssima (300 - 399)**: quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre os seus níveis de alerta e de emergência;
- **Crítica (maior que 400)**: quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está acima do seu nível de emergência." (BRAGA; PEREIRA; SALDIVA, 2002, p.19)

Sabe-se hoje que a poluição atmosférica é uma das principais causas de óbitos por câncer. (ARANTES, 2017) Essa conclusão foi baseada em uma revisão abrangente dos estudos científicos mais recentes, evidenciando que há provas substanciais o suficiente para categorizar a poluição do ar como altamente carcinogênica para os seres humanos. Além disso, outros estudos abrangem uma ampla variedade de doenças, o que evidencia que os efeitos da poluição do ar não se limitam a câncer e problemas no sistema respiratório. Com o estudo foi identificado a poluição atmosférica como um fator de alto risco para problemas como baixo peso ao nascer, incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme. (DE SOUZA GONÇALVES; RODRIGUES; RIBEIRO, 2023)

Abaixo vemos um gráfico elaborado pelos autores Bianca Regina de Souza Gonçalves, Núbia Beatriz Fonseca Rodrigues e Christian Ricardo Ribeiro que, através de seus trabalhos de revisão bibliográfica, identificaram as principais doenças estudadas quando atreladas à poluição atmosférica e logo abaixo, temos uma lista dos principais poluentes e seus efeitos na saúde humana. É importante ressaltar que esses poluentes estão presentes de forma muito intensa nos centros urbanos.

Figura 6 - Distribuição das doenças analisadas na teses e dissertações que versam sobre a relação entre a poluição atmosférica e a saúde humana no estado de São Paulo (2010-2019)



Fonte: Gonçalves, Rodrigues e Ribeiro (2023)

Figura 7: Poluentes atmosféricos e seus efeitos à saúde humana

Poluentes	Efeitos na saúde
MP	-Pode atingir as porções mais inferiores do trato respiratório prejudicando as trocas gasosas; -Câncer nos pulmões, agravamento de sintomas de asma, bronquite;
SO ₂	-Agravamento dos sintomas da asma; -Aumento de internações hospitalares, devido aos problemas respiratórios;
CO	-Alta afinidade com a hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e diminuindo a alimentação deste ao cérebro, coração e para o resto do corpo, durante o processo de respiração; -Causa náuseas e intoxicação;
O ₃	-Agravamento dos sintomas de asma, de deficiência respiratória, doenças pulmonares (enfisemas, bronquites etc.) e cardiovasculares (arteriosclerose); -Redução na capacidade pulmonar; -Desenvolvimento de asma; -Redução na expectativa de vida;
NO ₂	-Aumento de internações hospitalares, decorrente de problemas respiratórios; -Problemas pulmonares; -Agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgicos;

Fonte: Gonçalves, Rodrigues e Ribeiro (2020)

7.5. Medições convencionais e não-convencionais da qualidade do ar:

O monitoramento da qualidade do ar desempenha um papel significativo ao avaliar as concentrações de poluentes atmosféricos, fornecer informações sobre as condições atuais da qualidade do ar, estabelecer um registro histórico de dados e capacitar os responsáveis pela tomada de decisões a planejar medidas e políticas públicas que garantam uma boa qualidade do ar.

A seguir temos imagens de alguns métodos de medição da qualidade do ar, utilizando tecnologias a partir de equipamentos como Amostrador Ambiente de Alta Capacidade (Hi-Vol), Amostrador Dicotômico (PM10 e PM2,5), Amostrador Ambiente Contínuo (Tipo Beta) e o Medidor Ótico Direto. O que se pode notar é que a medição da qualidade do ar, através de equipamentos robustos como os das imagens, demanda muitas etapas de alto valor agregado, desde a aquisição do equipamento até a capacitação de pessoas para sua utilização correta.

Figura 8 - Amostrador Ambiente de Alta Capacidade (Hi-Vol)



Fonte: POZZA (2009)

No entanto, é preciso ressaltar que, quando se trata das ações efetivas de monitoramento da qualidade atmosférica pelos órgãos públicos responsáveis vemos que apenas dez estados brasileiros e o Distrito Federal têm realizado o monitoramento da qualidade do ar, contando com 371 estações ativas, das quais 80% estão localizadas na Região Sudeste. Com relação às características dessas estações de medição, 41,2% dessas são privadas, com o estado do Rio de Janeiro representando 60% desse total, enquanto todas no estado de São Paulo são públicas, sendo que em apenas cinco estados há comunicação em tempo real dos dados de monitoramento à população. Essas informações demonstram que, após três décadas desde sua criação, a Rede Nacional de Qualidade do Ar ainda apresenta lacunas e uma implementação insuficiente, o que compromete a efetiva gestão da qualidade do ar pelos órgãos ambientais. (VORMITTAG, 2021)

Existem também formas de medição da qualidade do ar através de métodos não convencionais, essa abordagem metodológica é altamente atrativa, devido às vantagens que oferece em comparação com as técnicas convencionais. Entre essas vantagens estão o baixo custo, a capacidade de interagir com poluentes ao longo de períodos prolongados e a capacidade de monitorar simultaneamente vários locais. (RIBEIRO, 2017) Mas apenas nas últimas décadas que a bioindicação atingiu o estágio de desenvolvimento adequado para ser utilizada de forma efetiva.

O método mencionado acima se dá a partir da análise de bioindicadores - organismos vivos como plantas e animais - que desempenham um papel fundamental na avaliação da qualidade ambiental. Eles podem ser utilizados de maneira passiva, a partir da observação dos seres que habitam uma determinada área de estudo, ou de forma ativa, através da exposição intencional de espécies em algum ambiente específico e posteriormente analisadas em laboratório. (CARNEIRO, 2004)

Essa exposição permite avaliar a qualidade ambiental local com base na resposta desses organismos e o uso desses recursos comprova e ilustra de forma comprehensível, mesmo para aqueles sem conhecimentos especializados, os impactos negativos da poluição em organismos vivos. Porém, é importante ressaltar que somente nas últimas décadas a bioindicação alcançou um estágio de desenvolvimento que possibilitou sua efetiva utilização.

7.6. As espécies bioindicadoras *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e *Lellingeria limula*:

Neste trabalho foram considerados como bioindicadores de qualidade do ar as epífitas - líquens e bromélias - que são excelentes biomonitoras e bioacumuladores, sendo utilizados frequentemente como indicadores da qualidade atmosférica. Quando as plantas respondem ao estresse acumulando substâncias nos tecidos, são reconhecidas como organismos resilientes e referidas como "bioindicadores de acumulação". Por outro lado, quando sofrem mudanças morfológicas, fisiológicas, genéticas e comportamentais, são consideradas organismos sensíveis e são denominadas "bioindicadores de reação". (CARNEIRO, 2004)

Vamos tratar, mais especificamente, das espécies *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*), comumente conhecida como Cravo-do-Mato, e *Lellingeria limula* que são consideradas regionalmente endêmicas.

O gênero *Tillandsia* é formado por espécies de crescimento rápido e que apresentam alta capacidade de obter água e nutrientes diretamente do ar atmosférico. Em sua evolução suas raízes foram reduzidas, tornando-se estruturas responsáveis por manter sua fixação nos troncos das árvores e absorver nutrientes diretamente do ar e de húmus criados em volta de suas raízes. Nas *Tillandsia* em geral, assim como na *Tillandsia stricta* especificamente, esse papel acontece através das folhas e das raízes fixadas a seu forófito. Por esse motivo, essas plantas são altamente adequadas para monitorar a poluição atmosférica, pois elas têm a capacidade de acumular poluentes e metais pesados presentes no ar, juntamente com a água e nutrientes, como é ressaltado por BAPTISTA (2013):

"As plantas epífitas são excelentes biomonitoras desde que apresentem raízes exclusivamente fixadoras e absorvam nutrientes da atmosfera. De um modo geral, epífitas como líquens e bromélias, particularmente Tillandsias, são excelentes biomonitoras e bioacumuladores, sendo amplamente utilizados como indicadores da qualidade do ar em diversos países."³ (BAPTISTA, 2013)

Portanto, ao avaliar os conteúdos presentes nas superfícies adaxial e abaxial das folhas, podemos obter informações sobre a contaminação atmosférica.

Figura 9 - *Tillandsia stricta* no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).

³ BAPTISTA, Kayan Eudorico Ventury; MIGUENS, Flávio Costa. **EMPREGO DE *Tillandsia stricta* (BROMELIACEAE) COMO BIOMONITOR DE MATERIAL PARTICULADO.** Confict, 2013. p. 01



Fonte: Arquivo pessoal.

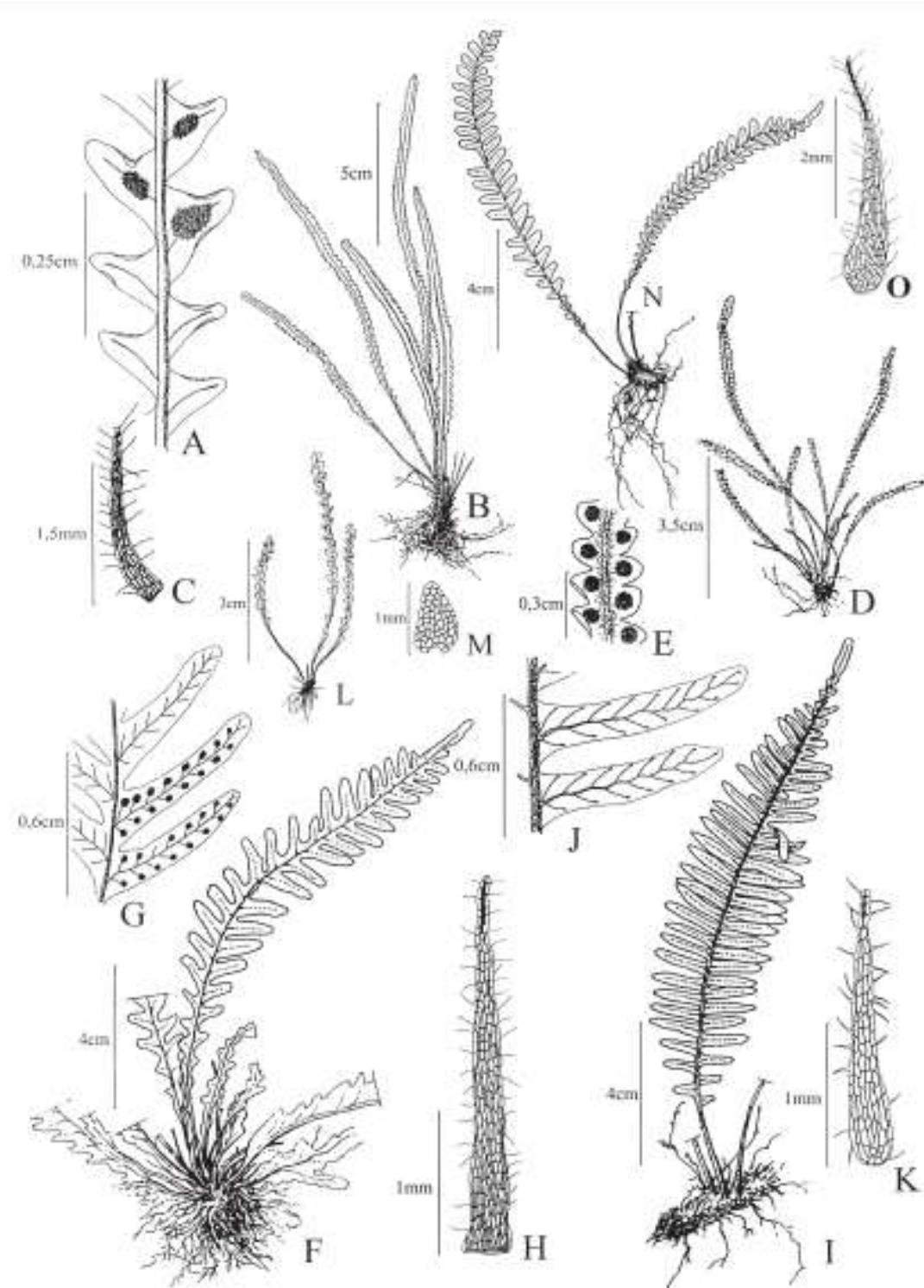
De acordo com um estudo realizado na região de Campos dos Goytacazes, utilizando a espécie *Tillandsia stricta* (Bromeliaceae), foi possível medir a presença de materiais particulados, no ar atmosférico, através dos métodos de microscopia eletrônica de varredura acoplada e espectrometria por energia dispersiva de raios-X (SEM/EDS), assim como já feito com diversas outras espécies de *Tillandsia*. (BAPTISTA; MIGUENS, 2013, p.)

É importante ressaltar que essa espécie em específico foi escolhida para a análise por conta de seu método de absorção, pela presença de diversos estudos utilizando *Tillandsia* como bioindicadora, e também, por que se trata de uma planta que se apresenta de forma natural na região controle - Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos), onde o índice de poluição atmosférica é extremamente baixa ou inexistente, permitindo a comparação entre um ar de qualidade e um ar considerado poluído - além de também ser considerada uma planta decorativa, ou seja, é bastante resistente mesmo quando não se encontra nas condições ideais proporcionada pela mata fechada, ou seja, é capaz de absorver os poluentes particulados presentes no ar do trajeto que apresenta maior poluição atmosférica.

A espécie *Lellingeria limula*, segunda espécie de epífita considerada neste trabalho, também apresenta raízes com função exclusiva de fixação no substrato. Essa planta se desenvolve em áreas de Floresta Atlântica e foi registrada na Serras dos Órgãos, como a Serra Bocaina e Serra do Itatiaia, entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo, ocorrendo como epífita e, em alguns casos, quando se encontrava em altitudes acima de 1000m, como rupícola⁴ (RIBEIRO, 2017)

⁴ Organismos que habitam superfícies verticais, como paredes, muros, rochedos ou afloramentos rochosos.

Figura 10 - Imagens ilustrativas da estrutura da *Lellingeria limula*.



Fonte: Labiak e Prado (2005)

8. METODOLOGIA

A análise foi realizada em um trajeto com características acentuadamente diferenciadas da paisagem da RMSP, tendo sido selecionado o percurso com duas situações distintas. O percurso parte do bairro de Santana, na Zona Norte, que é densamente habitado, atravessando bairros de diferentes padrões no município de São Paulo, passando pelo município de Itapecerica da Serra até chegar ao distrito de Cipó-Guaçu, no município de Embu-Guaçu. Esse trajeto compreende uma distância rodoviária de 46,5 km, conforme a figura 10 e abriga desde áreas densamente habitadas até áreas mais preservadas.

Foram realizados 4 campos sendo que cada um teve o foco em um objetivo diferente: (1) No primeiro campo realizado no dia 7 de março, o objetivo principal foi analisar a distribuição da mata entre o trajeto de uma forma mais geral. Neste momento foram observadas as diferenças de paisagem que se apresentaram de forma irregular, passa-se por áreas intensamente habitadas seguidas de áreas com poucas habitações e pouca presença de vegetação nativa diversas vezes, sem um padrão claro pré-estabelecido. Foi neste campo, também, que se identificou que o destino final do trajeto se trata de uma área de proteção ambiental como se vê na figura 11 conhecido como Área de Proteção Ambiental Municipal Capivari-Monos; (2) No segundo campo, realizado no dia 20 de abril, o foco foi observar a distribuição de espécies de plantas epífitas no geral, ou seja, toda espécie que se fixa nas árvores e que retira seus nutrientes direto do ar (não considerando plantas parasitárias que muitas vezes podem se confundir com plantas epífitas). Neste momento observou-se a expressiva presença de diversas espécies de epífitas como se vê nas figuras 12 e figura 13; (3) No terceiro campo, realizado no dia 24 de maio, foi observado, com maiores detalhes, a presença das plantas epífitas *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) e *Lellingeria limula* durante todo o trajeto, tanto na beira da estrada até sua presença mais adentro da mata, como mostra a figura 14, infelizmente nos trechos em que essas espécies aparecem com mais abundância não há acostamento, por isso não era possível parar o carro e tirar fotos mais detalhadas; (4) No quarto e último campo, realizado no dia 5 de agosto, focou-se em analisar a paisagem vista no trajeto escolhido, para compreender quais os trechos com maiores modificações e ações humanas, desde áreas mais habitadas até áreas onde a modificação se concentrou na construção de estradas e viadutos.

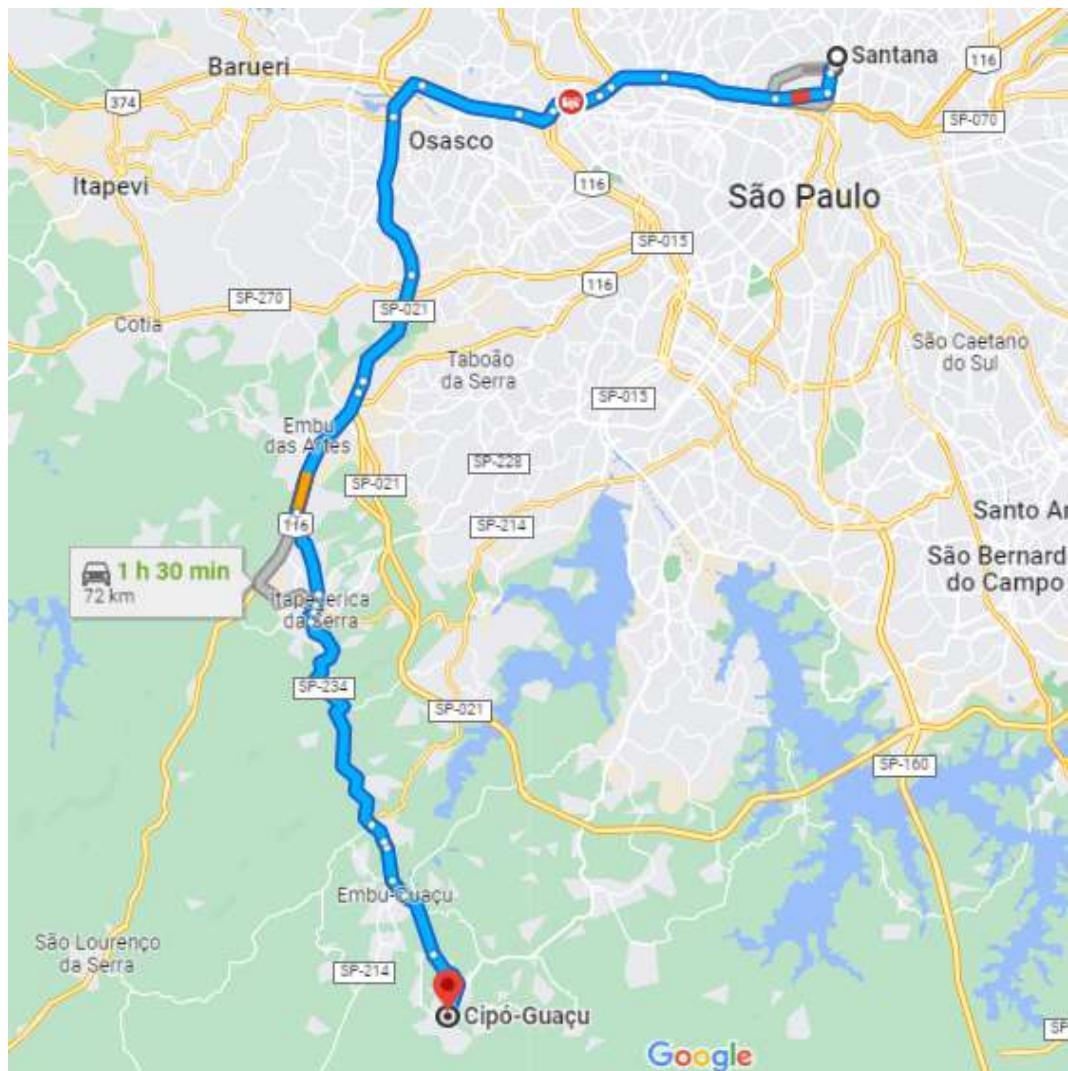
De forma geral, os campos realizados auxiliaram no entendimento das características geográficas, ambientais e sociais presentes entre o ponto inicial em Santana, até o ponto final em Cipó-Guaçú. Além disso, pode-se observar no km SP-021 do Rodoanel Mário Covas o

desenvolvimento de uma ocupação habitacional, com o surgimento gradativo de residências em um espaço que, claramente, não tem as estruturas adequadas para suportar moradias seguras, como mostram as figuras 15 e 16.

Além disso, nos trabalhos de campo realizados foram feitos registros fotográficos para ilustrar as observações feitas, tanto da paisagem quanto da presença das plantas epífitas.

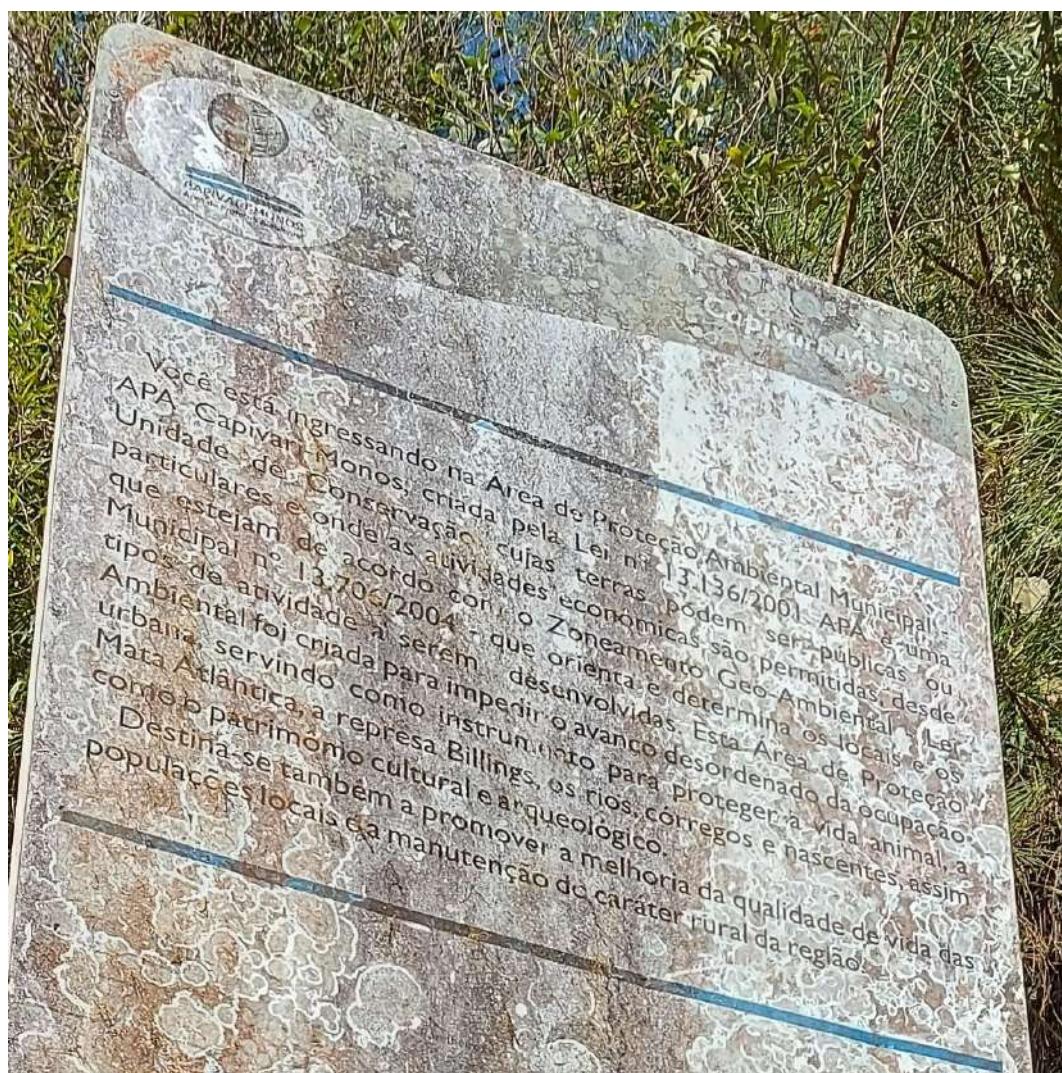
Também foi utilizado como metodologia a leitura de diversos textos relacionados às temáticas principais deste trabalho, e através dessas leituras, foram traçadas as correlações necessárias para se chegar às conclusões propostas neste trabalho.

Figura 11 - Trecho da Santana, Cipó-Guaçu visto de cima.



Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

Figura 12 - Placa indicando o início da delimitação da Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 13 - Diversas espécies de epífitas observadas no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 14 - Diversas espécies de epífitas observadas no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



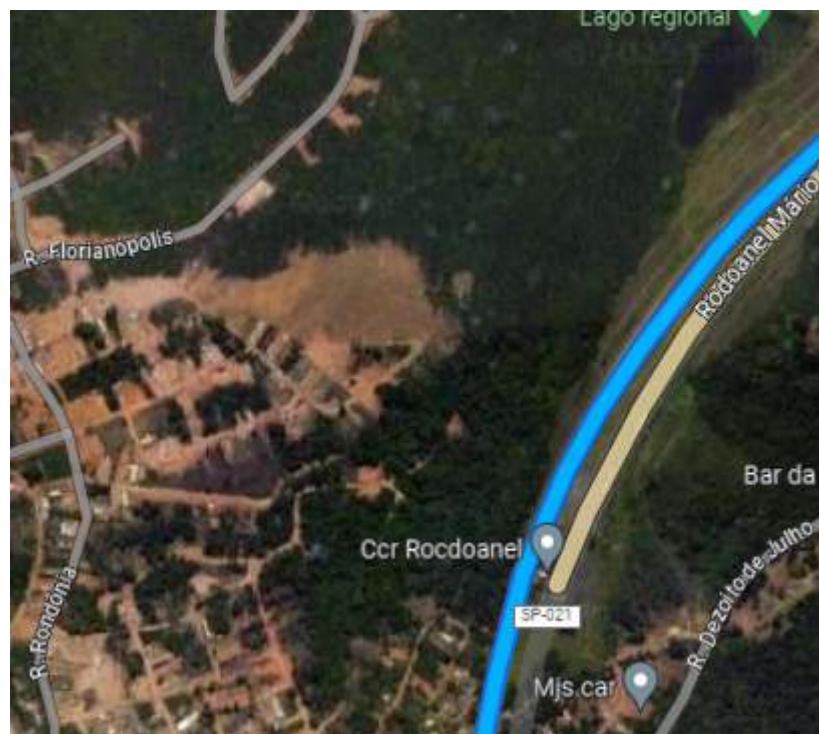
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 15 - *Lellingeria limula* observada durante o trajeto.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 16 - Área em que se observou uma crescente ocupação durante os campos realizados.



Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

Figura 17 - Área em que se observou uma crescente ocupação durante os campos realizados.



Fonte: Arquivo pessoal.

8.1. O trajeto entre São Paulo e Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos) e suas características

Partindo do bairro de Santana, observa-se a vegetação presente nas ruas e vielas, a presença de árvores e arbustos são distribuídas, em muitas áreas, de forma totalmente artificial, apenas como decoração botânica e sem nenhuma ligação com a composição vegetal natural.

Já na Avenida Braz Leme, que apresenta 3,6km de extensão, vemos uma região de arborização mais densa, quando comparado às outras áreas do bairro - apesar de, novamente, se tratar de um espaço de arborização construída principalmente para o lazer e utilizando de árvores com função decorativa - no entanto, nesse espaço notamos a presença de epífitas, entre elas a *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*) apesar de ser uma presença quase inexpressiva. Com essa informação podemos presumir que essa planta bioindicadora consegue sobreviver neste local especificamente, o que nos leva a pensar que há a possibilidade de utilização dessa espécie, de forma ativa, como bioindicadora de acumulação.

O trajeto segue pelas margens do Rio Tietê, por aproximadamente 28,2km, nesse trecho do trajeto a presença de plantas se dá no geral de forma muito escassa. Apenas algumas plantas distribuídas nas margens do Rio Tietê e com uma presença extremamente reduzida de espécies epífitas. Lembrando que essa composição botânica às margens do rio ocorreu através de um projeto encabeçado pela Prefeitura de São Paulo, chamado “Marginal Mais Verde”, no ano de 2017. Nessa ação a Prefeitura plantou mudas de árvores raras da Mata Atlântica por toda a extensão da Marginal Tietê como uma tentativa de reduzir a temperatura, aumentar a umidade do ar e fazer uso delas como um filtro natural das partículas de poeira e dos gases tóxicos liberados pelos veículos. No entanto, algumas considerações feitas neste trabalho nos faz questionar a extensão em que o sucesso desejado aconteceu de forma efetiva e o quanto se sabe da concentração de poluentes atmosféricos nesta região.

Com isso, não é difícil presumir que a qualidade do ar esteja muito abaixo do ideal, uma vez que temos de uma lado, o rio mais poluído do Brasil, e do outro, uma avenida de grande extensão, com circulação de carros 24 horas por dia. Neste caso podemos pensar até que ponto uma planta bioindicadora como uma epífita seria capaz de sobreviver a essas condições o suficiente até que se pudesse tirar alguma conclusão sobre os poluentes presentes no ar deste local. No entanto, se levarmos em consideração a presença de epífitas bioindicadoras de reação, podemos chegar à conclusão anterior, de que a qualidade do ar está muito abaixo do ideal.

Figura 18 - Árvores presentes no trecho da marginal Tietê.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 19 - Árvores presentes no trecho da marginal Tietê.



Fonte: Arquivo pessoal.

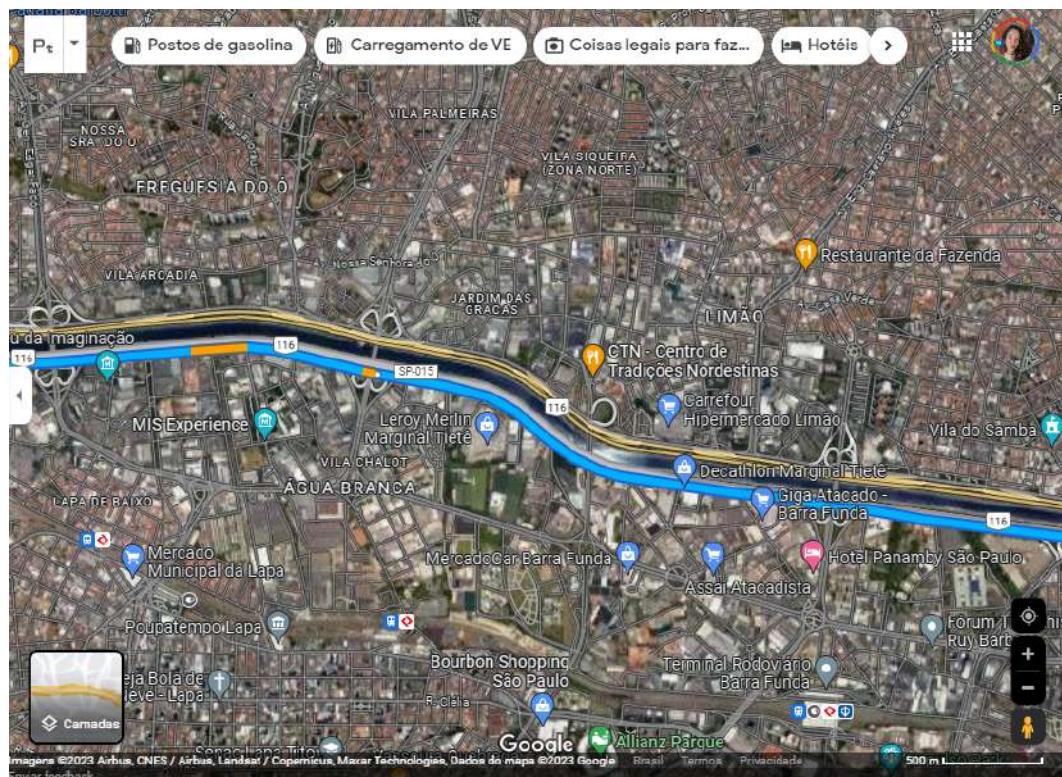
Figura 20 - Árvores presentes no trecho da marginal Tietê.



Fonte: Arquivo pessoal.

Ao se afastar das margens do Rio Tietê, seguimos pela Rodoanel Mário Covas e partimos para a Rodovia Régis Bittencourt. Nesse trecho é possível notar a presença de manchas esporádicas de vegetação um pouco mais densa, com isso, nota-se uma diversidade um pouco maior de árvores, arbustos e também uma concentração ainda baixa de epífitas. Na figura abaixo exemplifica-se a comparação entre o trajeto sem e com a presença de manchas de vegetação, respectivamente. É importante ressaltar que, a partir dessa altura, a presença de manchas verdes vai se intensificando gradualmente.

Figura 21 - Trecho da Marginal Tietê visto de cima.



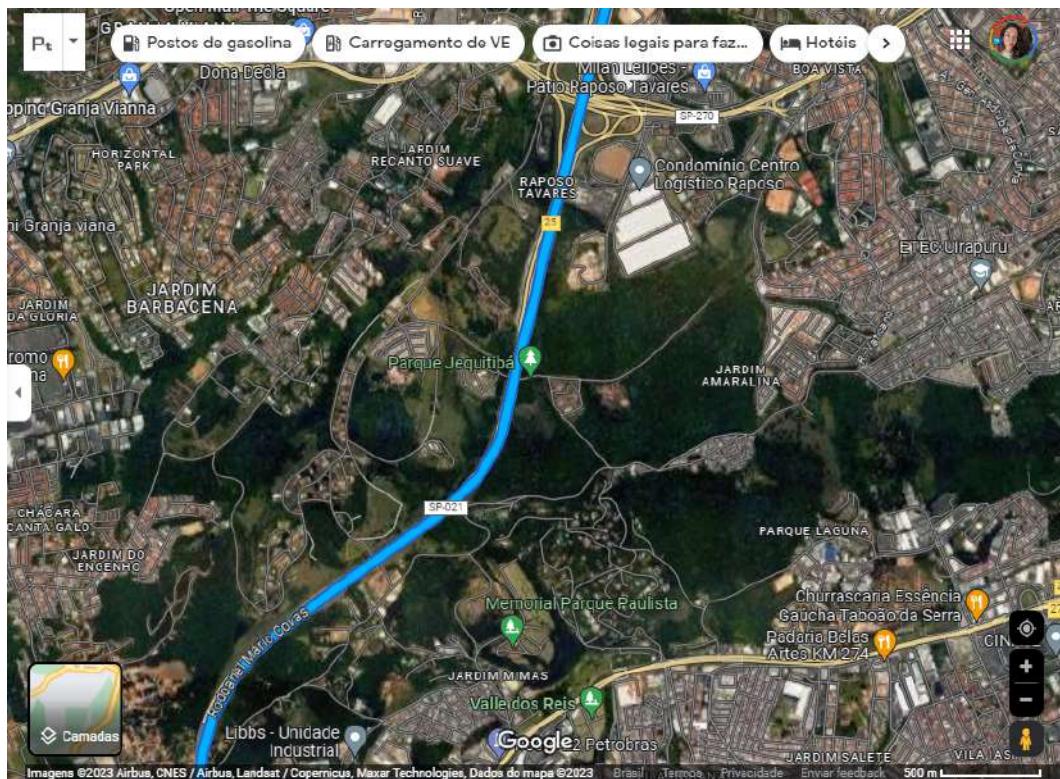
Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

Figura 22 - Árvores presentes no trecho Regis Bittencourt



Fonte: Arquivo pessoal.

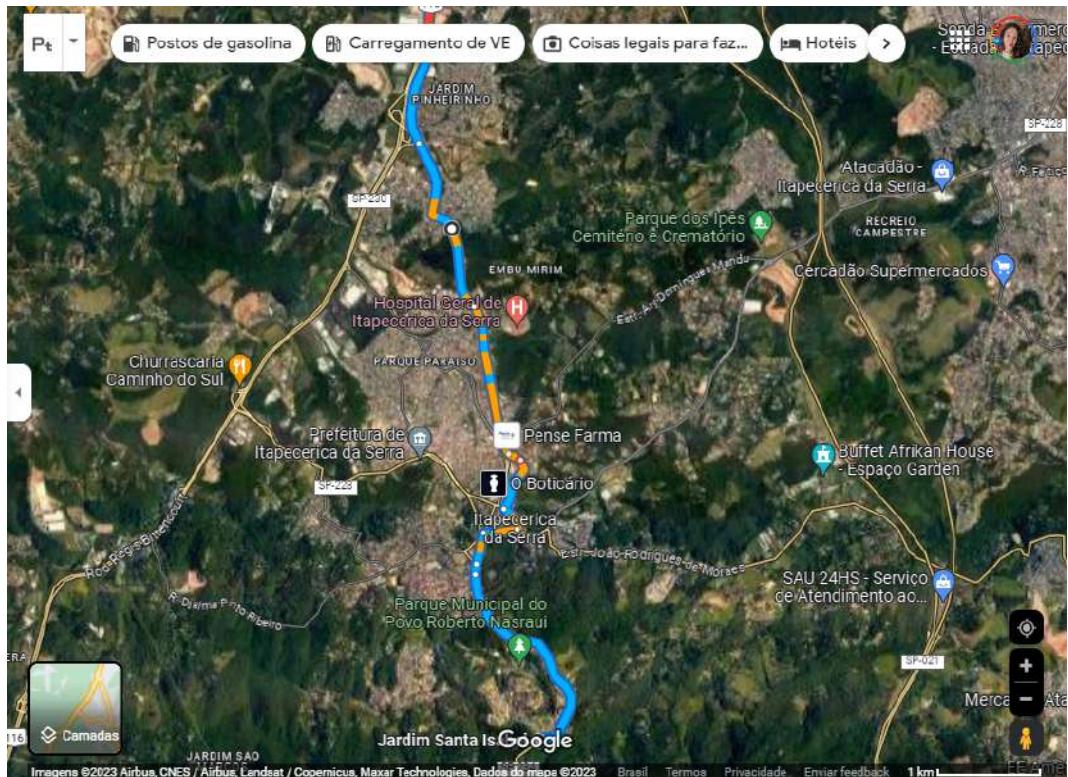
Figura 23 - Trecho da Rodovia Mário Covas visto de cima.



Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

Na altura do quilômetro 116, pegamos a Estrada de Itapecerica e seguimos até a Rodovia Prefeito Bento Rotger Domingues. Nesse trecho já não há mais uma predominância de áreas urbanizadas com relação às manchas de vegetação, como podemos notar na imagem abaixo.

Figura 24 - Trecho da Estrada de Itapecerica - Cipó-Guaçu visto de cima.



Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

A partir daí, a presença de áreas com vegetação densa é perceptível de forma mais constante, principalmente no trecho mostrado abaixo. Com base nas visualizações feitas no trajeto e através das imagens de satélite, pode-se observar que, de acordo com a presença mais intensa de vegetação e consequentemente de plantas epífitas, a qualidade do ar se encontra em condições melhores do que as áreas mais urbanizadas da RMSP.

Figura 25 - Árvores presentes no trecho da Rod. Pref. Bento Rotger Domingues.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 26 - Árvores presentes no trecho da Rod. Pref. Bento Rotger Domingues.



Fonte: Arquivo pessoal.

É importante ressaltar que, até Itapecerica da Serra, a presença da espécie *Lellingeria limula* só podem ser visualizadas se forem buscadas ativamente e sua presença só é notada com facilidade quando o índice vegetativo está com uma concentração alta. De acordo com sua distribuição natural, acredita-se que sua presença nas áreas mais urbanizadas seria possível, uma vez que as condições naturais de qualidade do ar, temperatura e umidade teriam se mantido tal qual às regiões menos desmatadas. Com isso, podemos presumir que a espécie *Lellingeria limula* sofre mudanças pela absorção de poluentes atrelada ao clima gerado pela urbanização, causando sua morte, com isso podemos considerá-la como um organismo sensível tornando-a um bioindicador de resposta.

Mas é a partir do município de Embu-Guaçu que essa e outra espécies de epífitas podem ser vistas com abundância fixadas em diversas árvores. A partir daí se nota como a vegetação, em grande parte, se apresenta intacta mas ainda assim se vê estradas de terra e casas distribuídas por todo o trajeto. Com isso, pode-se concluir que a ação humana, quando acontece de forma muito intensa como na RMSP, prejudica não só a qualidade do ambiente em que vivemos mas também do ar que respiramos, já quando a ação humana se dá de forma menos predatória, vemos que é possível manter a qualidade ambiental e consequentemente a qualidade de vida - aqui trata-se do Domínio I – Domínio Físico e Domínio V – Meio Ambiente definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), dentro do conceito de “qualidade de vida”.

Já a respeito da *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*), sua distribuição durante o trajeto se dá de forma mais presente quando comparado à *Lellingeria limula*. Considerando essa informação empírica atrelada a diversos estudos que trazem as *Tillandsia* como excelentes bioindicadores de acumulação, pois são reconhecidas como organismos resilientes e que apresentam em seus tecidos alguns poluentes atmosféricos específicos, podemos pensar nessa planta como uma possibilidade de medir efetivamente, a presença de alguns poluentes e com isso tomar medidas cabíveis para reverter essa situação e seguirmos na busca por melhor qualidade de vida na RMSP já que posicionando essas plantas nos locais onde se busca essas informações é possível encontrar resultados de forma mais barata, uma vez que esse processo, quando comparado aos métodos tecnológicos tradicionais, tem um custo bem reduzido.

Figura 27 - Árvores presentes no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 28 - Árvores presentes no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 29 - Epífitas observadas no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 30 - *Lellingeria limula* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 31: *Lellingeria limula* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 32: *Lellingeria limula* observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 33: *Tillandsia stricta* (Bromeliaceae) observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 34: *Tillandsia stricta* (Bromeliaceae) observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 35: *Tillandsia stricta* (Bromeliaceae) observada no distrito de Cipó-Guaçu (Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos).

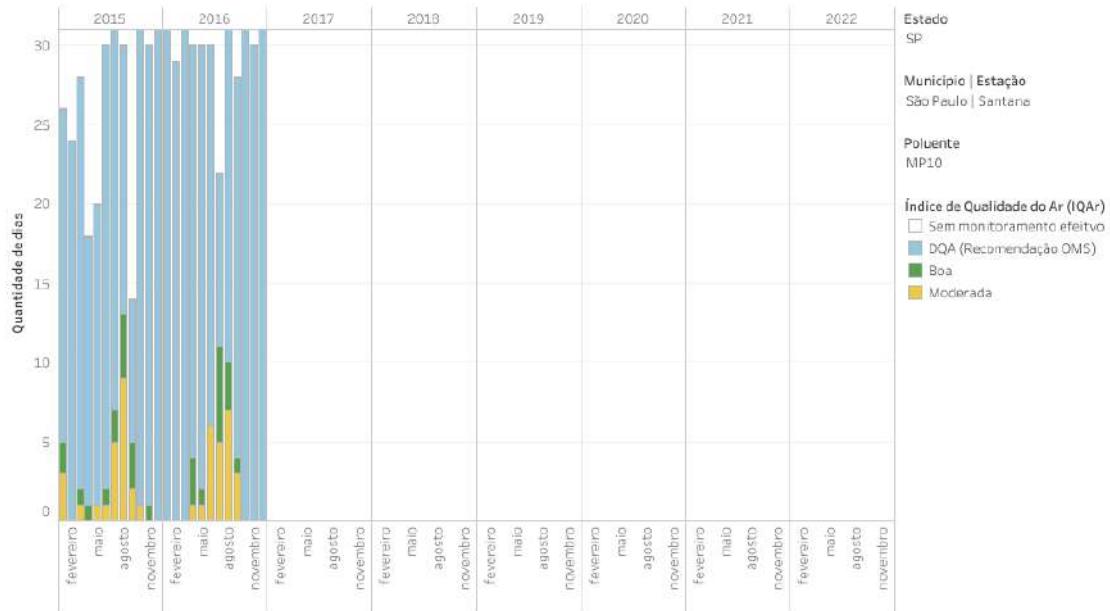


Fonte: Arquivo pessoal.

A partir das observações, atreladas à bibliografia sobre o tema, também é possível refletir sobre como é possível chegar a conclusões relevantes apenas observando a natureza ao nosso redor e a partir dessa reflexão, pode-se pensar em formas de elaboração dessas informações com métodos didáticos com o intuito de trazer a consciência ambiental de forma mais palpável. Fazer a população entender que algo que não vemos, como o ar, pode ser entendido de forma visual através de plantas tão inusitadas e fazê-los entender que sua distribuição está empiricamente atrelada à maior ou menor intensidade de urbanização e consequentemente à qualidade do ar, quando se entende como essas plantas absorvem os nutrientes necessários para a sua sobrevivência, através do ar que respiramos, pode trazer uma consciência ambiental muito maior do impacto da poluição atmosférica para a vida de todos.

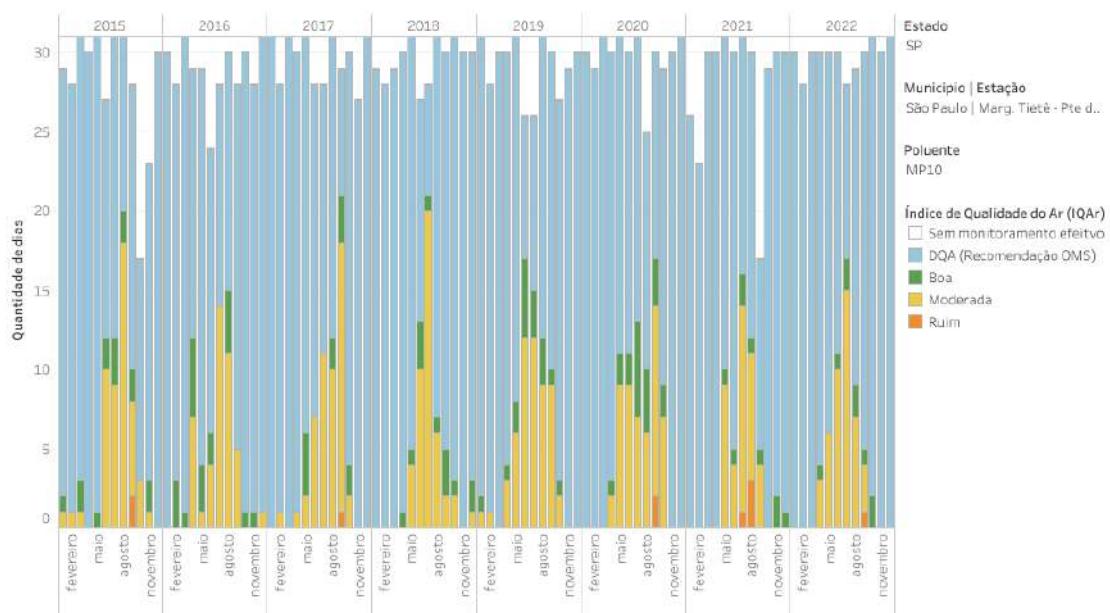
8.2. Dados oficiais:

Figura 36 - Dados públicos sobre a qualidade do ar no bairro de Santana.



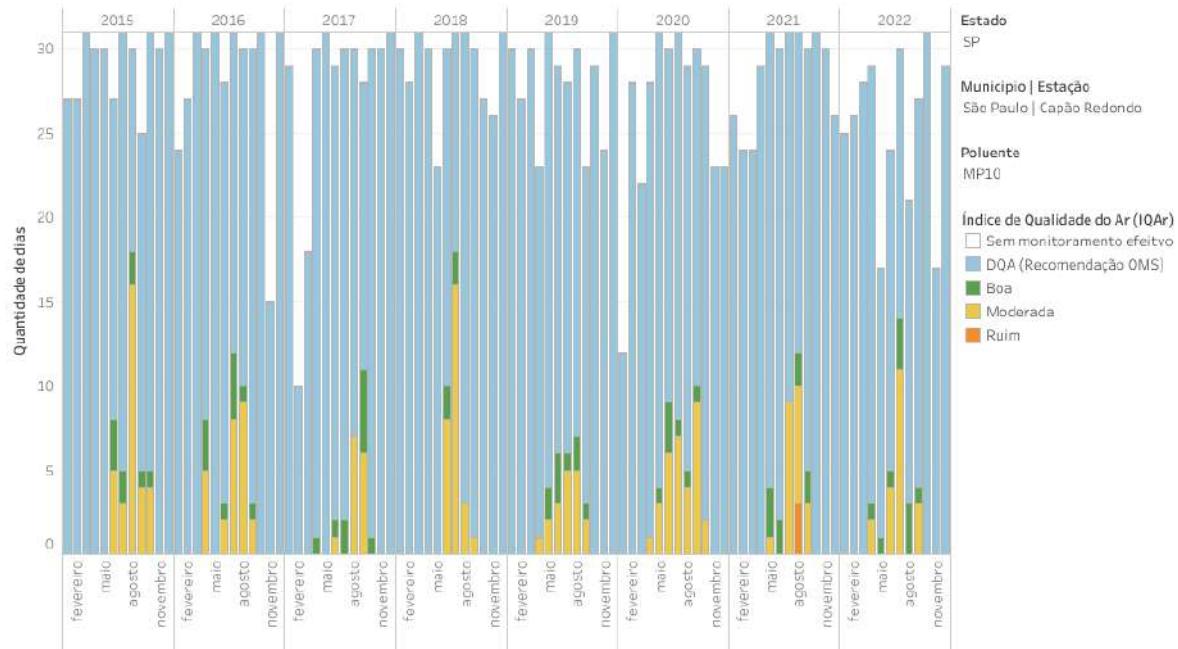
Fonte: Plataforma da qualidade do ar do Instituto de Energia e Meio Ambiente. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/qualidadedoar/>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

Figura 37 - Dados públicos sobre a qualidade do ar na Marginal Tietê.



Fonte: Plataforma da qualidade do ar do Instituto de Energia e Meio Ambiente. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/qualidadedoar/>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

Figura 38 - Dados públicos sobre a qualidade do ar no bairro de Capão Redondo.



Fonte: Plataforma da qualidade do ar do Instituto de Energia e Meio Ambiente. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/qualidadedoar/>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

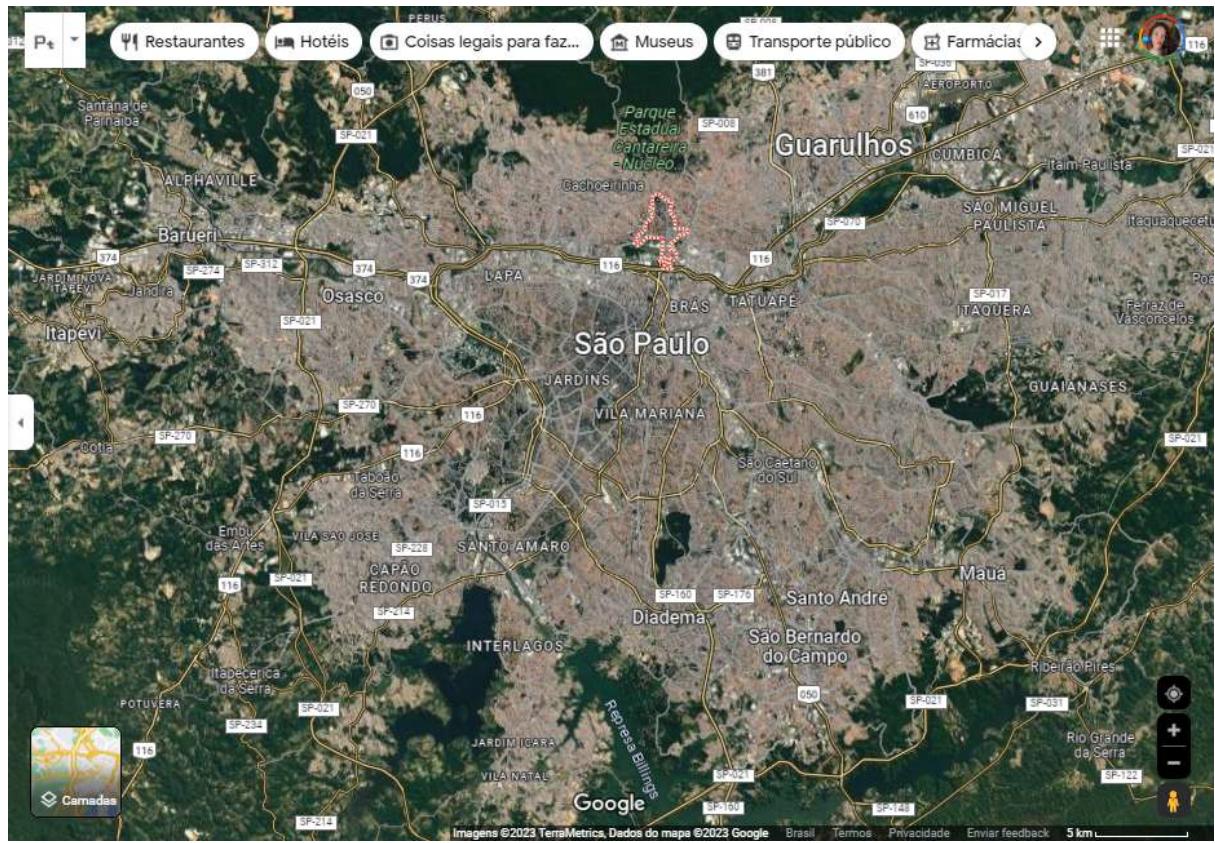
Como vimos, há estações de medição da qualidade do ar dispostas em alguns bairros de São Paulo, que são de responsabilidade do poder público, no entanto, tratando-se especificamente do Bairro de Santana, os dados estão paralisados desde o ano de 2015, ou seja, estamos a 8 anos sem informações sobre a qualidade do ar dessa região. Ainda com base nos dados da plataforma de qualidade do ar é possível comparar a qualidade do ar do bairro de Capão Redondo, que, mesmo sendo um centro com uma quantidade razoável de casas, vias, circulação de carros e residências é infinitamente melhor que do bairro de Santana e da Marginal Tietê. Pode-se presumir que essa qualidade venha da presença de áreas de mata preservadas nas proximidades do bairro de Capão Redondo como podemos ver nas imagens comparativas abaixo:

Figura 39 - Imagem do bairro de Capão Redondo visto de cima.



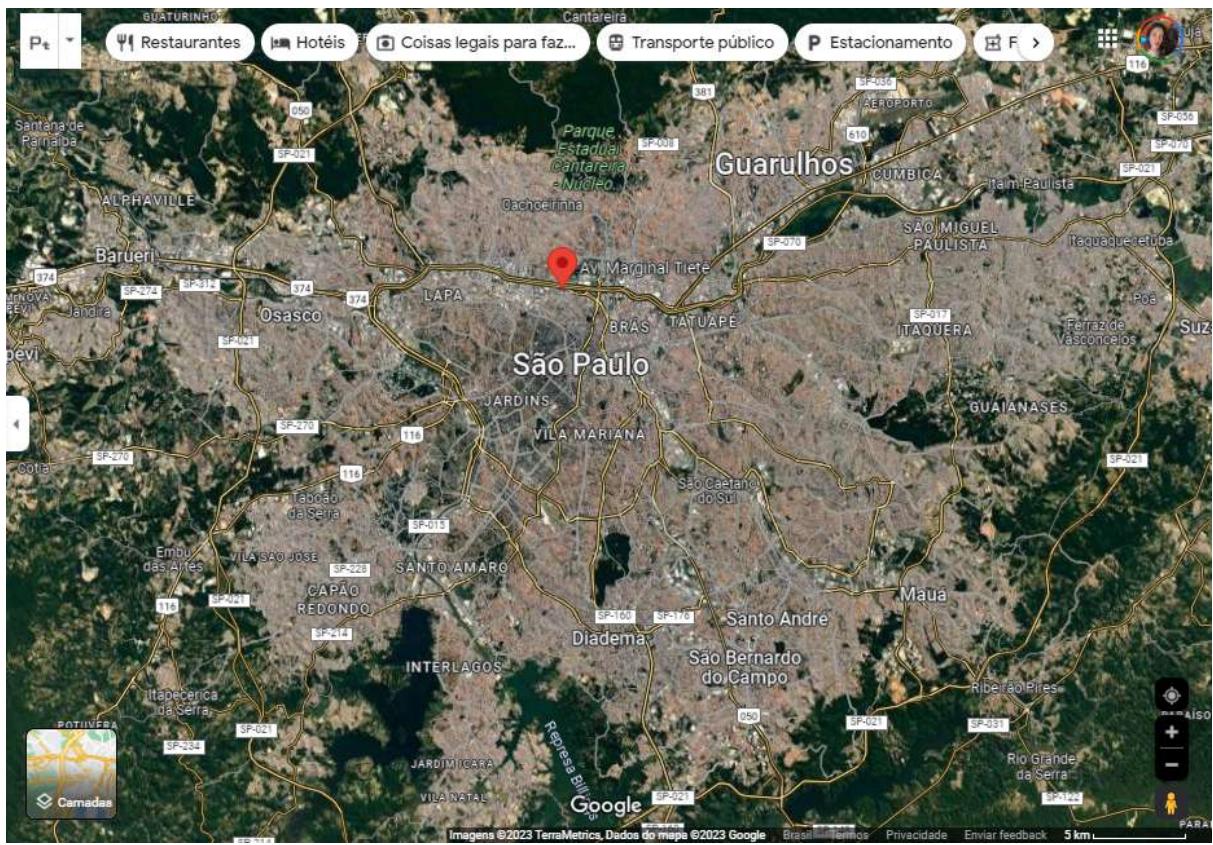
Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

Figura 40 - Imagem do bairro de Santana visto de cima



Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

Figura 41 - Imagem da Marginal Tietê visto de cima.



Fonte: Google Maps, Acessado em: 08 de junho.

9. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível notar os grandes impactos que a poluição atmosférica exerce na saúde humana e, partindo deste problema, buscou-se identificar formas alternativas e mais viáveis para a medição da qualidade do ar atmosférico através da utilização das epífitas. Como vimos, em alguns casos, as estações de medição da qualidade do ar ou não funcionam corretamente ou não disponibilizam os dados corretamente, o que dificulta o repasse dessas informações para os órgãos ambientais responsáveis e com isso não são tomadas as medidas necessárias para reduzir os impactos da poluição. Outra questão que podemos levantar é, qual o raio de abrangência dessas estações? Até onde estão os pontos cegos desses equipamento?

Com base nos dados levantados na Plataforma de qualidade do ar, podemos notar que a qualidade do ar está atrelada à presença de mata preservada, e não somente a árvores decorativas como vemos às margens do Rio Tietê Correlacionando os dados obtidos, as leituras bibliográficas e as observações empíricas podemos deduzir que: (I) a quantidade de plantas epífitas vistas pelas ruas do trajeto está diretamente ligada a urbanização/desmatamento e a qualidade do ar; (II) essas plantas podem indicar como está a qualidade do ar dessas regiões quando observamos seu índice de presença de forma natural; (III) essas plantas podem ser usadas como bioindicadores da qualidade atmosférica de forma ativa, principalmente a espécie *Tillandsia stricta* (*Bromeliaceae*), tanto por ser uma planta naturalmente endêmica, quanto pela sua resistência aos poluentes, permitindo, através de trabalhos em laboratório, identificar materiais particulados presentes no ar; (IV) esse método de medição da qualidade do ar através de plantas bioindicadoras se mostra cada vez mais utilizado por seu poder de fazer medições em diversos pontos pré-determinados de forma simples e com baixo custo de manutenção; (V) entender que essas plantas nos trazem respostas sobre como está o ar que respiramos pode ser muito valioso para um melhor entendimento, por parte da população, sobre como está o ar que respiramos dos locais que frequentamos, gerando com isso ainda mais consciência ambiental; e por fim, (VI) podemos notar que o gera uma baixa qualidade do ar não é a existência humana e sim sua forma predatória de ocupação do espaço. (VII) A importância das delimitações de áreas de proteção ambiental, que, como no caso observado, se pautou na preservação das águas que abastecem a cidade de São Paulo mas que, como podemos observar, impactam positivamente também na qualidade do ar que respiramos.

10. BIBLIOGRAFIA

ARANTES, Bruna Lara de. **Arborização urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo.** 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BELLENZANI, Maria Lucia Ramos. **Ápa municipal Capivari-monos e legislação de proteção dos mananciais na região metropolitana de São Paulo: estratégias complementares.**

BAPTISTA, Kayan Eudorico Ventury; MIGUENS, Flávio Costa. EMPREGO DE Tillandsia stricta (BROMELIACEAE) COMO BIOMONITOR DE MATERIAL PARTICULADO. **Conflict**, 2013.

BERNAL, Luis Alejandro Quintero. **Biodiversidad epífita vascular subandina como estrategia de educación ambiental.** 2022. Tese de Doutorado. Universidad Tecnológica de Pereira.

BONDUKI, N. O modelo de desenvolvimento urbano de São Paulo precisa ser revertido. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 23–36, abr. 2011.

BRAGA, Alfesio; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. **Trabalho apresentado no evento de sustentabilidade na geração e uso de energia, UNICAMP**, v. 18, 2002.

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

BRAZ, Sofia Negri; LONGO, Regina Márcia. Qualidade ambiental das cidades: uso de bioindicadores para avaliação da poluição atmosférica. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 2, p. 1-21, 2021.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. A metrópole de São Paulo no contexto da urbanização contemporânea. **Estudos avançados**, v. 23, p. 303-314, 2009.

CARNEIRO, Regina Maria Alves. Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade. **Ribeirão Preto**, 2004.

DA COSTA, Fernanda Cristina Benjamim et al. Espécies de Tillandsia L.(Tillandsioideae, Bromeliaceae) como bioindicadoras de poluição atmosférica. **CES Revista**, v. 33, n. 1, p. 235-257, 2019.

DAPPER, Steffani Nikoli; SPOHR, Caroline; ZANINI, Roselaine Ruviaro. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 83-97, 2016.

DE OLIVEIRA, Maria Aparecida; DA FONSECA ALVES, Humberto Prates. Expansão urbana e desmatamento nas áreas protegidas por legislação ambiental na Região Metropolitana de São Paulo. **CADERNOS IPPUR**, p. 29-52, 2007.

DE SOUZA GONÇALVES, Bianca Regina; RODRIGUES, Núbia Beatriz Fonseca; RIBEIRO, Christian Ricardo. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SAÚDE HUMANA NO ESTADO DE SÃO PAULO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE TESES E DISSERTAÇÕES. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 19, p. e1911, 2023.

DIAS, Márcia Lúcia Rebello Pinho. **Desenvolvimento urbano e habitação popular em São Paulo: 1870-1914**. NBL Editora, 1989.

DRAGUNSKI, Douglas Cardoso et al. Uso de bromeliáceas em biomonitoramento atmosférico. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 13, n. 3, 2009.

FRONDIZI, Carlos Alberto. **Monitoramento da qualidade do ar: teoria e prática**. Editora E-papers, 2008.

GONÇALVES, André Vinícius Martinez. **Manifestações e contradições da metrópole de São Paulo no antigo bairro de Santana: a paisagem, o valor da terra, a intervenção urbana e o fenômeno da deterioração urbana**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GRANADOS-SÁNCHEZ, D. et al. Ecología de las plantas epífitas. **Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente**, v. 9, n. 2, p. 101-111, 2003.

JACINTHO, Luiz Roberto de Campos. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de Unidades de Conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos**, São Paulo-SP. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KLUMPP, Andreas et al. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede européia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, p. 511-518, 2001.

KRÖMER, Thorsten; GARCÍA-FRANCO, José G.; TOLEDO-ACEVES, Tarin. Epífitas vasculares como bioindicadores de la calidad forestal: impacto antrópico sobre su diversidad y composición. **Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental**, p. 605-623, 2014.

LABIAK, P. H.; PRADO, J. As espécies de Lellingeria A.R. Sm. & R.C. Moran (Grammitidaceae - Pteridophyta) do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 1, mar. 2005.

MOREIRA, Tiana Carla Lopes. **Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

POZZA, Simone Andréa. **Características temporais da concentração de material particulado na atmosfera da cidade de São Carlos-SP**. 2009.

RAPOSO, Alceu; DE ASSIS, Welligton Lopes; NORTON, Shayanne Raposo. Revisão bibliográfica dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana e uma breve análise crítica da atual legislação brasileira sobre os padrões de qualidade do ar (CONAMA 491/2018). **Cadernos do Leste**, v. 21, n. 21, 2021.

Prefeitura de São Paulo. APA CAPIVARI-MONOS. 2017.
<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de Conservacao/apa_capivarimonos/index.php?p=41966> Acesso em: oito de setembro de 2023

RIBEIRO, Larissa Miranda et al. Briófitas como bioindicadores da qualidade do ar no Parque Nacional Serra dos Órgãos, Teresópolis, RJ, Brasil. **6º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade. Rio de Janeiro**, p. 20-23.

TIRLONI, Ketelin Roos; DELLA FLORA, Felipe Schneider. URBANIZAÇÃO DE SÃO PAULO NO SÉCULO XX. **Mostra Interativa da Produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica**, 2017.

VORMITTAG, Evangelina da Motta et al. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 7-30, 2021.