**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Arborização urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo

Bruna Lara de Arantes

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

**Piracicaba
2017**

Bruna Lara de Arantes
Licenciada e Bacharelada em Ciências Biológicas

Arborização urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Arantes, Bruna Lara de

Arborização urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo / Bruna Lara de Arantes. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011 -- Piracicaba, 2017

87 p.

Dissertação (Mestrado) -- USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Florestas urbanas 2. Uso e ocupação do solo 3. Material particulado 4. Saúde pública I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à aqueles que me protegem, me guiam e me guardam,
minha família e São Jorge.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que em sua infinita bondade, me proporciona a cada amanhecer uma nova oportunidade de ser melhor.

À Universidade de São Paulo e a Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de cursar o Mestrado em uma das melhores instituições do mundo. À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos. Ao programa de pós-graduação em Recursos Florestais, seus docentes e funcionários, em especial à Giovana Oliveira, por todo apoio e pela realização de um trabalho humano e cuidadoso com todos os Pós-graduandos do nosso programa.

Ao Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho pela confiança, apoio acadêmico e científico, e pela oportunidade em poder compartilhar de seus conhecimentos, sempre de forma bondosa e paciente. Ao Dr. Jefferson Lordello Polizel, por estar sempre pronto a ajudar, ensinar e aconselhar nossas pesquisas, quais sem você jamais seriam realizadas com tanta maestria.

À Profa. Thaís Mauad e a Dra. Tiana Lopes, por todo apoio, esclarecimento e auxílio com o tema de saúde pública. Ao Mestre Fernando Tolffo, por todo o auxílio e disponibilidade em contribuir com o projeto.

Aos colegas do Centro de Métodos Quantitativos, e em especial aos meus amigos, Gustavo Oliva, por todo apoio e cumplicidade nas horas de estudos, aflições e desafios que a decisão da pós graduação nos trouxe, e a Rafaela Abreu, por todas as longas conversas, desabafos, risadas, parcerias e ótimas histórias para contar.

À Maison, por deixarem os meus dias mais leves com muitas zueiras e jantares *magnýphicos*, e por me fazerem acreditar que os pós-graduandos podem ser divertidos e aplicados, ao mesmo tempo. Agradeço ao Leandro *Magi* Gilio, Nicole *Rica* Rennó (Fuego), Rodrygo Peixoto e Alice *Bacon* Cruz.

À República Café C/ Leite pela enorme afinidade, companheirismo, cumplicidade, apoio, amizade, amor, e por serem responsáveis por alguns dos mais divertidos anos da minha vida. Em especial as minhas irmãs, Dose (Cecília Meireles) e Rodô (Camila Cardoso); Nãber (Martina Pires), Babado (Kamile Lobo) e Gãxo (Anna Fett); K-rré (Paula Vitelli), Roseta (Lisandra Diniz) e Assada (Luana Machado); Ostenta (Heloá Freire); Ostra (Ana Bertoloni); e D-trã (Geovânia Rezende); agradeço por me darem a oportunidade de conhecer o valor da amizade Esalqueana.

À República Pik-reta, por serem a minha segunda casa em Piracicaba durante esses anos, por todos os almoços maravilhosos, roupas lavadas, estadias, roubos e viagens, e em especial ao A-não (Rodrigo Assis), por toda a amizade e parceria.

À República TPM – UNESP Botucatu, minha família botucuda, qual tem papel fundamental em todas as minhas vitórias, e em especial à Dopamina (Vânia Magalhães), Trupikei (Daniele Santos), TomyLee (Vicky Faleiros), Betty (Fabiana Zambuzi) e Peritela (Bianca Tofoli) por sempre compartilharmos os nossos momentos mais importantes.

Aos meus pais Rejane e José Afonso, e minha irmã Camila, por todos os sacrifícios, presença, amor e suporte incondicional, sem os quais nada disso seria possível.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	9
REFERÊNCIAS	13
2. FLORESTAS URBANAS, QUALIDADE DO AR E SAÚDE PÚBLICA, UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	17
Resumo.....	17
Abstract.....	17
2.1. INTRODUÇÃO	17
2.2. MATERIAIS E MÉTODOS	19
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
2.4. CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	36
3. ÁRVORES E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO NA REDUÇÃO DE MP10	41
Resumo.....	35
Abstract.....	35
3.1. INTRODUÇÃO	41
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
3.4. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58
4. A RELAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COM CASOS DE NEOPLASIA MALIGNA DE PULMÃO, NA CIDADE DE SÃO PAULO	63
Resumo.....	57
Abstract.....	57
4.1. INTRODUÇÃO	63
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS	64
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
4.4. CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICES	73
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86

RESUMO

Arborização urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo

O estudo avaliou a influência das árvores urbanas na manutenção da qualidade do ar e na melhoria da saúde pública, na cidade de São Paulo/SP. Para isso, essa dissertação apresenta três artigos, sendo o primeiro um artigo de revisão sistemática da literatura científica dos últimos 10 anos, contendo pesquisas que envolvem ao menos dois dos três temas: florestas urbanas, poluição do ar e saúde pública, de forma integrada. O segundo trabalho demonstra como a distribuição do solo urbano e as árvores urbanas, levantadas através de um Inventário Florestal, influenciam na qualidade do ar. O terceiro artigo discute o processo de urbanização e como o uso e ocupação do solo podem influenciar nos casos de Câncer de pulmão em idosos. As principais conclusões observadas são que as publicações da área vêm crescendo com o passar dos anos em revistas consideradas de alta qualidade científica, porém há uma carência de estudos que englobem os três grandes temas de forma integrada; Copa arbórea/arbustiva e Relvado podem ser utilizados como ferramentas eficientes na gestão pública, no combate à poluição por Material Particulado de 10 μ m; áreas abertas de relvado, como praças, campos e jardins, assim como a presença de árvores, podem ser considerados como fatores que favorecem a saúde da população de idosos paulistanos, e são encontradas quando mais distantes do centro da cidade.

Palavras-chave: Florestas urbanas; Uso e ocupação do solo; Material particulado; Saúde pública

ABSTRACT

Urban arborization and air quality in São Paulo

The study evaluated the influence of urban trees in maintaining air quality and improving public health in São Paulo. For this, this dissertation presents three articles, the first one is a systematic review of the scientific literature of the last 10 years, containing research involving at least two of the three themes: urban forests, air pollution and public health, in an integrated way. The second work demonstrates how the distribution of land use and urban trees, raised through a Forest Inventory, influence the quality of the air. The third article discusses the process of urbanization and how land use and land cover can influence the cases of lung cancer in old people. The main conclusions observed are that the publications have been growing over the years in journals considered of high scientific quality, but there is a lack of studies that encompass the three major matters in an integrated way; Arboreal / Shrub Cup and Grass can be used as efficient tools in the public management, in reduction of pollution by particulate matter of 10 μ m; Open areas such as squares, fields and gardens, as well as the presence of trees, can be considered as factors that favor the health of the elderly population of São Paulo, and these environments are found when further away from the city center.

Keywords: Urban forests; Land use and land cover; Particulate material; Public health

1. INTRODUÇÃO

Globalmente, mais pessoas vivem em áreas urbanas do que em áreas rurais. Em 1950 mais de 70% da população ainda vivia em áreas rurais, desde então o processo de urbanização intensificou-se rapidamente, sendo em 2007 o primeiro ano na história que a população mundial tornou-se predominantemente urbana, segundo relatório das Nações Unidas, em 2015. A Figura 01 é retirada do relatório, e ilustra esse processo com projeções para 2050, onde o mundo terá uma relação aproximadamente inversa daquelas dos meados do século XX.

Sabe-se que o crescimento descontrolado das cidades leva a alterações drásticas na sua paisagem, onde na maioria das vezes espaços arbóreos são substituídos por asfalto e construções, principalmente nas zonas periféricas, acarretando diversos problemas no bom funcionamento da cidade, na preservação biodiversidade urbana, e na qualidade de vida da população. Para ter um bom planejamento de expansão, os ambientes urbanos não devem ser vistos meramente como um mecanismo físico e uma construção artificial, pois ela está envolvida nos processos vitais das pessoas que as compõe, é um produto da natureza e particularmente da natureza humana (PARK, 1984).

Para harmonização e descontaminação atmosférica das cidades, as florestas urbanas têm sido utilizadas como ferramenta há muitos anos, pois jardins botânicos já existiam na Mesopotâmia, no Antigo Egito e na América Pré-Colombiana onde se encontravam plantas medicinais e espécies que eram objetivos de estudos e de observações, além de serem considerados como um espaço para o convívio da comunidade. (ROCHA *et al.*, 2001; SOUZA, 1976).

No Brasil, foi a partir do século XVIII que surgiram os primeiros espaços ajardinados e de uso coletivo nos espaços urbanos, ainda quando colônia, através de ordens Portuguesas, sendo o primeiro construído em Belém em 1796 (SEGAWA 1996; ROCHA *et al.* 2001).

Figura 1. Porcentagem da população residindo em áreas urbanas em 1950, 2014 e 2050.

Fonte: World Urbanization Prospects, the 2014 Revision. NU 2015.

A partir de 1910, onde o país apresentou crescimento econômico devido ao auge da era do café e da borracha, os jardins residenciais nas cidades começaram a ser valorizados e vistos com mais frequência; assim ocorreu uma reestruturação do espaço urbano brasileiro onde a população criou o hábito da jardinagem, os jardins botânicos foram abertos à visitação pública, e as ruas e praças começaram a ser arborizadas (GOMES, 2007).

Atualmente as florestas urbanas encontram diversos problemas e sofrem grandes pressões seletivas, tais como adversidades climáticas; espaços restritos; disputa de espaço com calçadas, ruas, construções, solos inadequados, ambientes que se modificam rapidamente, diminuição dos quintais, excesso de sombreamento, falta de manejo/manutenção adequada, entre outros.

Apesar de diversas pesquisas científicas apontarem a importância das árvores nos ambientes urbanos, no Brasil poucos municípios conhecem as espécies da sua composição florestal ou possuem um bom planejamento de manejo, fazendo necessárias o incentivo a políticas nacionais que estabeleçam diretrizes para essa demanda, intensificando assim seus serviços ecossistêmicos e valoração (SILVA FILHO e BORTOLETO, 2005). É também essencial, o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de mensuração que avaliem com mais eficiência as necessidades de arborização e manejo nos mais diferentes tecidos urbanos.

Outros aspectos importantes da presença das árvores nas cidades é seu uso como meio para diminuir a demanda por energia elétrica, devido ao seu sombreamento, controle de calor e de resfriamento; estudos apontam que quando a escolha da espécie arbórea é feita corretamente, permitindo a passagem da radiação solar no inverso, ela também possibilita o efeito de calefação passiva nas edificações (MASCARO 2006; MCPHERSON AND SIMPSON 2003; SIMPSON 1998).

Ambientes urbanos que são relativamente mais quentes quando comparados aos ambientes rurais, resultam de um fenômeno conhecido como “ilhas de calor” (MASCARO 2000). Um estudo realizado na Califórnia/EUA relacionou a cobertura arbórea com as ilhas de calor da cidade, concluindo que a economia anual de resfriamento realizada foi de 157 GWh (18.5 milhões de dólares) por ano, 12% do total de ar condicionados do país (SIMPSON 1998).

Em 2014 o *Intergovernmental Panel on Climate Change* lançou seu 5º relatório sobre mudanças do clima, apontando que as emissões anuais de Gases do Efeito Estufa têm crescido continuamente desde 2010, onde já havia alcançado 49.5 bilhões de toneladas de carbono equivalente, uma taxa maior do que os limites ideais pré-estabelecidos (IPCC, WORKING GROUP III, 2014).

O AR5 nos confirma ainda que as estabelecidas metas de aquecimento de 1.5 à 2 graus Celsius para o período pós industrial é inconsistente e irreal, pois para poder garantir um pouco mais que 2°C de aquecimento, já seria necessário que quase todos os governos prontamente se envolvessem em cooperações internacionais, adotassem políticas de controle de emissões nacionais e internacionais rigorosas e implantassem rapidamente uma ampla gama de tecnologias de baixa e zero emissão, o que efetivamente não aconteceu ainda.

Discutisse ainda, que as metas de concentração de C equivalente até 2100 são de até no máximo 550 ppm, o que irá exigir drásticas mudanças de sistemas de energia e de uso e ocupação do solo mundiais, que reflitam as diferentes pretensões sobre custos, o potencial de produção de bioenergia em larga escala e potencial para arborização e redução do desmatamento, para efetivamente atingir a meta esperada (IPCC, WORKING GROUP I, 2014).

Já em 1993 Nowak demonstrava em um estudo nos EUA, na cidade de Oakland/Califórnia, que as árvores realizam sequestro de carbono, e que esse poderia ser um dos caminhos para combater os altos índices do gás de efeito estufa (CH₄) na atmosfera das cidades. Através da análise de sua cobertura arbórea urbana (cerca de 21%) constatou-se que o sequestro de carbono realizado era de 110 metros toneladas/hectare.

É importante lembrar que as florestas, de maneira geral, não só acumulam carbono, mas também o devolvem para a atmosfera através da decomposição da serrapilheira e de raízes mortas e da própria respiração das folhas e raízes; mas no geral, esse saldo se torna positivo para o sequestro ou armazenamento de carbono, sendo o conceito de reflorestamento consagrado em 1997 na conferência de Kyoto como item fundamental no combate ao aquecimento global (SCHUMACHER, 2000).

Em face ao aumento da temperatura global, além de diversos outros agravamentos ambientais, acredita-se que alguns poluentes na área urbana tenham suas concentrações intensificadas, principalmente aquelas gerados a partir de processos fotoquímicos atmosféricos, o

que pode gerar aumento da mortalidade humana geral, devido a maior exposição a aerossol secundários, como nitratos e sulfatos, e gases oxidantes, como ozônio (NOBRE *et al.* 2010)

Um dos primeiros episódios de poluição atmosférica ocorreu no Vale de Meuse/Bélgica em 1930, devido a grandes concentrações de indústrias e minas de carvão, sob condições meteorológicas desfavoráveis de ausência de chuva e vento, acumulou-se os poluentes no ar, sendo registrado o aumento do número de doenças respiratórias e sendo a causa de 60 mortes (FIRCKET 1931). Essas ocorrências auxiliaram ao endurecimento das normas da qualidade do ar, mostrando que a poluição atmosférica representa uma ameaça à saúde pública (SAMET *et al.* 2000).

O objetivo desse trabalho é avaliar a influência das árvores urbanas na manutenção da qualidade do ar e na melhoria da saúde pública, na cidade de São Paulo/SP. Para isso, essa dissertação foi dividida em três partes, sendo a primeira um artigo de revisão da literatura científica dos últimos 10 anos, contendo pesquisas que envolvem ao menos dois dos três temas: florestas urbanas, poluição do ar e saúde pública, de forma integrada.

O segundo trabalho demonstra como a distribuição do solo urbano e as árvores urbanas, levantadas através de um Inventário Florestal, influenciam na qualidade do ar. O terceiro artigo discute o processo de urbanização e como o uso e ocupação do solo podem influenciar nos casos de Câncer de pulmão em idosos. Ambas pesquisas foram realizadas na cidade de São Paulo/SP, e sustentam suas teorias através de modelos estatísticos.

Referências

FIRCKET, J. Sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Meuse, lors des brouillards de décembre 1930. **Brussels - Académie Royale de Médecine de Belgique**, v. 11, p. 683-741, 1931.

GOMES, M. A. S.; De largo a Jardim: praças públicas no Brasil – algumas aproximações. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 5(1): 101-120, 2007.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, AR5 - FIFTH ASSESSMENT REPORT, **Working Group III – Mitigation of Climate Change**, Chapter 1, Introductory Chapter. 2014

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, AR5 - FIFTH ASSESSMENT REPORT, **Working Group I – Carbon and Other Biogeochemical Cycles**, Chapter 6. 2014.

MASCARO, J. J. Significado ambiental-energético da arborização urbana. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**. Vol.7, No 1. 2000.

MASCARO, J. J. Significado ambiental-energético da arborização urbana. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**. Vol.7, No 1. 2006

MCPHERSON, E.G. and SIMPSON, J.R. Potential Energy savings in buildings by an urban tree planting programme in California. **Urban Forestry and Urban Greening**. 2: 073-86. 2003.

NOBRE C.A.; YOUNG, A.F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J.A.; NOBRE, A.D.; ALVES JR., S.; SILVA, G.M.C.; LOMBARDO, M. **Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras as Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo, Relatório Final**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, Sumário executivo, p.32, 2010.

NOWAK, D. J. 1993. Atmospheric carbon reduction by urban trees. **Journal of Environmental Management**. 17: 269-275.

PARK, Robert E. The city. **University of Chicago Press**, 1984.

ROCHA, Y. T.; CAVALHEIRO, F. Aspectos históricos do Jardim Botânico de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, V.24, n.4 (suplemento), p.577-586, dez. 2001.

SAMET, J.M.; DOMINICI, F.; CURRIERO, F. C.; COURSAK, I.; ZEGER, S. L. Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 U.S. Cities, 1987–1994. **The new England Journal of Medicine**. Volume 343:1742-1749. Number 24.December, 14, 2000.

SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, J. M. **A floresta e o ar**. Porto Alegre: Pallotti, 2000.

SEGAWA, H. Ao amor do público: jardins no Brasil. **Studio Nobel/FAPESP**, São Paulo, 1996.

SILVA FILHO, D. F. e BORTOLETO, S. Uso de Indicadores de Diversidade na Definição de Plano de Manejo da Arborização Viária de Águas de São Pedro-SP1. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 973-982, 2005.

SIMPSON, J. R. Urban forest impacts on regional cooling and heating energy use: Sacramento Country case study. **Journal of Arboriculture** 24 (4): Jul, 1998

SOUZA, H.M. Os jardins botânicos. **Suplemento Agrícola**, 1084:7. 1976

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, p.517, Nova Iorque, 2015.

2. FLORESTAS URBANAS, QUALIDADE DO AR E SAÚDE PÚBLICA, UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Resumo

Mais da metade da população mundial vive em cidades e as projeções apontam um crescimento de 2,5 bilhões de pessoas para 2050. A urbanização concentra cada vez mais pessoas, materiais e energia em um menor espaço, gerando subprodutos indesejáveis como concentração de gases poluentes, diminuição das áreas verdes, adensamento populacional, afetando a qualidade de vida das pessoas. Esse estudo fornece uma revisão sistemática da literatura dos últimos 10 anos sobre três grandes áreas: florestas urbanas, qualidade do ar e saúde pública. As publicações aumentaram nos últimos anos, sendo a maioria realizadas em metrópoles dos EUA e China; os estudos focam nas relações entre as florestas urbanas e qualidade do ar, e nas florestas urbanas e saúde pública, sendo a minoria dos estudos que integram as 3 áreas; Asma é a doença mais relacionada a poluição e PM 2,5 o poluente mais pesquisado; as metodologias mais utilizadas para quantificar/averiguar as árvores são estudos morfológicos e de mensuração do uso e ocupação do solo; a revista com o maior fator de impacto encontrado foi de 8.4, Qualis A1. No total foram levantados 237 artigos, e selecionados 51 para compor esse artigo.

Palavras-chave: Florestas urbanas; Qualidade do ar; Saúde pública; Revisão sistemática

Abstract

More than half of the world's population lives in cities and projections point to another 2.5 billion people by 2050. Urbanization concentrates people, materials and energy in a smaller space, generating products like pollutant gas concentration, green areas reduction, and population density that affect people life quality. This study provides a systematic review of the literature of the last 10 years on three major themes: urban forests, air quality and public health. Publications have increased in recent years, most of them in the USA and China; the studies focus on the relationships between urban forests and air quality, and on urban forests and public health, with a minority of the studies that integrate the three areas. The disease most related to pollution is asma, and PM 2,5 is the pollutant most researched; the most used methodologies to quantify and verify the trees are morphological studies and measurement of land use and occupation; the highest impact factor journal found was 8.4, Qualis A1. In total, were collected 237 articles, and were selected 51 to compose this article.

Keywords: Urban forests; Air quality; Public heal; Systematic review.

2.1. Introdução

Os grandes centros urbanos estão crescendo cada dia mais, segundo relatório de 2015 da Nações Unidas (UNITE NATIONS, 2015) mais da metade da população mundial vive em cidades, e as projeções apontam mais 2.5 bilhões de pessoas para 2050, ultrapassando uma população mundial de seis bilhões, sendo na China, Índia e Nigéria os maiores crescimentos.

A organização aponta ainda, para o aumento da aglomeração da população em megacidades, que em 2014 totalizam 28 no mundo com 453 milhões de pessoas, cerca de 12% da população

mundial. Dessas, 16 são Asiáticas, quatro estão na América Latina, 3 no continente Europeu e Africano, e duas na América do Norte.

A urbanização acelerada concentra cada vez mais pessoas, materiais e energia em um menor espaço, facilitando o funcionamento da sociedade globalizada, mas também gerando subprodutos indesejáveis como maior concentração de gases poluentes, diminuição das áreas verdes, adensamento populacional, entre outros problemas que afetam a qualidade de vida das pessoas que residem, visitam, e/ou trabalham ao redor das áreas urbanas (NOWAK, 2006).

Sabendo que o ar limpo é um requisito básico para a saúde humana, ambientes que indicam altas concentrações de poluentes em sua atmosfera são considerados alarmantes e estão associados a quadros de doenças respiratórias, problemas cardíacos, diminuição da qualidade de vida da população (STIEB 2002; MARTINS *et al.*, 2002; SAMET *et al.*, 2000; SALDIVA *et al.*, 1994).

No ano de 2013, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) declarou que a poluição do ar é um dos líderes das causas de mortes por câncer, baseado em avaliações dos últimos anos de literatura, e pode-se concluir que já há evidências suficientes para classificar a poluição do ar como altamente carcinogênico à espécie humana.

Os co-benefícios de se evitar mortes das populações urbanas por poluição do ar, tanto para médias globais quanto para médias locais, justificam substancialmente na redução, sendo estimados uma economia de \$50 a \$380 por cada tonelada de dióxido de carbono removido (WEST *et al.*, 2013,)

Árvores nas cidades podem ser utilizadas para limpeza do ar, entre diversos outros benefícios. Para BRADLEY (1995), árvores de rua, parques, espaços verdes, espaços residenciais, públicos ou privados com vegetação, compõe a chamada Floresta Urbana, termo definido de maneira ampla como um ecossistema urbano que permitem construir melhores lugares para as pessoas viverem.

O termo Floresta Urbana, segundo MILLER (1997), a primeira vista pode parecer contraditório, tendo como ideia de floresta um bioma isolado, intocado e distante da população. Porém historicamente, eventos muito determinantes como o êxodo rural que superlotou as cidades pelo mundo gerando uma queda da qualidade de vida comparada a vida rural, criaram uma alta demanda de meios para se repensar as cidades de modo mais natural e sustentável a sua população.

Benefícios das florestas urbanas como por exemplo redução da poluição do ar, dos ruídos indesejáveis, diminuição do impacto da chuva e do sol em construções, calçadas e solos, segundo discute o autor, só podem ser observados e confirmados através de pesquisas científicas.

Sabe-se que em diversos países as informações sobre as coberturas arbóreas das cidades ainda são consideradas insuficientes e incompletas para revelar as extensões e variações, sendo

fundamentais para fornecer uma ampla visão das florestas urbanas para entender sua estrutura e suas funções (ROWNTREE and NOWAK 1991).

Dentro desse contexto, esse estudo fornece uma revisão sistemática da literatura dos últimos 10 anos sobre a relação das árvores urbanas, qualidade do ar e saúde pública, verificando os diversos padrões encontrados, recursos metodológicos, apontamentos convergentes e divergentes, que caracterizam as principais diferenças nas pesquisas mundiais acerca dos temas.

2.2. Materiais e métodos

A revisão sistemática investiga e analisa a literatura existente sobre um determinado assunto, provendo ao leitor um resumo das evidências pertinentes, através de uma pesquisa específica, com métodos e normas de busca sistematizadas bem delineadas, críticas aos resultados que podem ser coincidentes ou paralelos, identificação dos pontos que carecem de maiores evidências científicas, auxiliando na condução de pesquisas futuras (LINDE & WILLINCH, 2003).

Diversos autores estabeleceram metodologias para esse tipo de pesquisa. Um trabalho muito importante é a publicação de Cochrane Handbook (HIGGINS & GREEN, 2009), que oferece um guia atualizado dos avanços metodológicos da revisão sistemática, definindo que sua aplicação procura reunir todas as evidências que se ajustam a critérios de elegibilidade pré-definidos para responder uma pergunta de pesquisa específica, com métodos sistemáticos que buscam minimizar a presença de vies.

Quando uma revisão sistemática avalia diversos artigos através de fórmulas estatísticas, obtendo índices precisos que facilitam as análises comparativas e no espaço e tempo, permitindo unir diferentes tipos de resultados em uma medida numérica comum, pode ser classificada como uma revisão sistemática de meta-análise (GLASS, 1976).

Dentro desse contexto, realizou-se uma revisão metodológica sistemática com meta-análise, através de estatísticas quantitativas, tendo como pergunta norteadora: “O que a literatura dos últimos 11 anos discute sobre a relação das florestas urbanas, poluição do ar e saúde pública?”. Foram definidos três temas centrais de pesquisa, denominados escopos, sendo eles:

1. Florestas Urbanas
2. Saúde Pública
3. Qualidade do ar

Para serem incluídos, os artigos devem abordar simultaneamente e no mínimo dois dos três escopos estabelecidos como centrais, gerando assim 4 interfaces (Figura 1), definidas como:

I – Artigos que apresentam pesquisas sobre o escopo 1. Florestas Urbanas e 3. Qualidade do ar.

II – Artigos que apresentam pesquisas sobre o escopo 3. Qualidade do ar e 2. Saúde Pública.

III – Artigos que apresentam pesquisas sobre o escopo 2. Saúde Pública e 1. Florestas Urbanas.

IV – Artigos que apresentam pesquisas sobre o escopo 1. Florestas Urbanas, 2. Saúde Pública e 3. Qualidade do ar.

Figura 1. Classificação adotada para categorizar os artigos selecionados em interfaces (I, II, III, IV), segundo seus escopos 1, 2 ou 3.

O enfoque do artigo deve ainda, correlacionar os escopos com dados inéditos e/ou dados secundários (ex. IBGE, SUS, etc.), com discussões sólidas para embasar suas afirmações, não incluindo aqueles que optam por uma abordagem mais superficial ou somente o fazem através da citação de outros trabalhos.

Os artigos seguiram ainda os seguintes critérios de inclusão: publicados em periódicos indexados; publicados na íntegra em língua inglesa; trabalhos originais relacionados à pesquisa com temas centrais em *urban forest*, *street trees*, *environmental*, *medicine*, *public health*, *air quality*, *air pollution*, *cities*; publicado nos últimos 11 anos (de 01/01/2006 à 31/12/2016). Foram excluídos ainda, artigos que tem como temas norteadores: *mitigation*; *carbon capture*; *greenhouse effect*; *climate change*; *morphological health*; *thermal comfort*; e os critérios de exclusão: anais de congresso, capítulos de livros, teses, dissertações, por compreender que esses meios de publicação não tem o mesmo impacto e qualidade do que revistas indexadas, e também artigos de revisão.

A partir disso e da literatura existente, elegeu-se os termos chaves mais adequados. Para o escopo 1. Florestas urbanas elegeu-se: *urban tree*; *urban forest*; *tree canopy*; para o escopo 2. Saúde Pública, elegeu-se: *healf*; *mortality*; *healf impacts*; *disease*; para o escopo 3. Qualidade do ar elegeu-se: *air pollution*; *air quality*; obtendo a Fórmula (1) para estratégia de busca.

$$(("urban\ tree*" OR "urban\ forest*" OR "tree* canopy") AND ("air\ pollution*" OR "air\ qualitt*") AND ("health*" OR "mortality" OR "health impacts" OR "disease*")) \quad (1)$$

Os operadores booleanos permitem que os diferentes termos sejam combinados entre eles, sendo o operador AND (“e” em inglês) uma combinação restritiva e OR (“ou” em inglês) uma combinação aditiva. Já a utilização do sinal gráfico aspas delimita buscas em que as palavras aparecem adjacentes e na mesma ordem, o asterisco permite que todas as palavras derivadas do termo principal sejam incluídas (ex. forest* = forest; forests; forestry), e os parênteses dividem os termos de cada escopo.

A busca eletrônica foi realizada em 5 bases de dados de literatura científica online, de 3 editoras diferentes, sendo eles: MedLine, Urban Studies Abstracts e Academic Search Premier, da editora EBSCO Publishing; Scopus, da ed. Elsevier; Springer Link, da ed. Springer; e 1 repositório: PubMed Center (PMC); que foram escolhidas por serem referenciais em bibliografias científicas, devido ao seu alto nível de exigência e qualidade.

A primeira iniciativa de criar um banco de dados científico online foi da área médica, realizada pela *National Library of Medicine* (NLM) em 1971, com a criação da base de dados MedLine, que apresenta publicações desde 1946, revolucionando a pesquisa clínica (NLM, 2003).

O PubMed Center que hoje conta com cerca de 4 milhões de artigos indexados, considera-se um repositório, por não possuir editora e publicações próprias, tendo porém uma alta exigência dos artigos que podem compor sua plataforma: as editoras devem se enquadrar nos índices de qualidade da *PubMed Central's Scientific Quality Standard*, e com um padrão técnico ideal segundo a *National Institute of Health Manuscript Submission (NIHMS)* (NCBI, 2015). Atualmente o PMC é uma das mais importantes, populares, e confiáveis fontes de pesquisas da área de Ciências Biomédica e da vida, em todo o mundo.

A Scopus, criada em 2004 pela editora Elsevier, é considerada a maior base de bibliografia técnica e científica do mundo nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e artes e humanidades, e hoje conta com aproximadamente 46 milhões de registros (ELSEVIER, 2011; CAPES, 2007).

Já a editora EBSCO publishing, atuante na área desde 1944, é formada por diversos bancos de dados multidisciplinares, sendo alguns deles, a *Academic Search Premier* que conta com mais de 2.500 periódicos, cerca de 9 mil artigos indexados, com edições retrospectivas desde 1975 (CAPES, 2009); e a *Urban Studies Abstracts*, que tem como foco principal estudos sobre cidades e suas expansões, desenvolvimento das comunidades e história urbana; conta com mais de 118 mil registros desde 1964 (EBSCOhost, 2016).

Cada banco oferece diferentes opções de pesquisa, não sendo possível aplicar a fórmula de maneira idêntica em todos, assim em cada um deles as análises foram adaptadas a sua forma e recursos, a fim de otimizar os resultados. Foram feitos testes com todas as opções disponíveis, buscando alcançar uma forma ideal qual não apresentasse elevado número de artigos que não se

enquadram nessa pesquisa. Na Figura 2 é ilustrado todo o processo de busca, desde os itens de exclusão e inclusão (A), até quais foram as opções escolhidas para o uso das palavras chave em cada banco de dados (B).

As análises dos artigos foram divididas em duas fases, na primeira foi realizada a leitura do título, resumo e palavras-chave, avaliando se os artigos estavam de acordo com os critérios de inclusão (seleção 01); depois foi realizada uma leitura completa e sistemática dos artigos selecionados para compor esse trabalho (seleção 02).

Para o gerenciamento bibliográfico dos artigos optou-se pelo software livre Mendeley, qual permite analisar se há a duplicidade nos arquivos, além de facilitar a organização e análise dos arquivos. Esse programa é considerado um dos mais simples quanto a utilização e ferramentas eficientes, promovendo melhores buscas e diagnósticos de artigos, principalmente para revisões bibliográficas de literatura.

2.3. Resultados e discussões

A revisão sistemática da bibliografia foi realizada nos meses de Agosto e Setembro de 2016. Todos os bancos de dados escolhidos nessa pesquisa possuem assinatura com a Universidade de São Paulo - USP ou com o Portal de Periódicos CAPES, assim a grande maioria teve o acesso liberado. Com a exceção de 3 artigos (LEE, 2014; MANES; SALVATORI, 2014; WANG *et al.*, 2012) que não estavam disponíveis nas bases de dados assinadas, e foram solicitados a outras universidades que disponibilizaram os arquivos em PDF, e foram incluídos nesse estudo.

A amostragem inicial realizada nos 6 bancos de dados bibliográficos, gerou no total 237 artigos, dos quais passaram pela Seleção 01 (leitura e análise do título, resumo e palavras-chave) que gerou 88 artigos, quais passaram pela Seleção 02 (leitura completa e sistemática), que gerou os

Figura 2. Especificações de busca de bancos de dados bibliográficos online, segundo suas características e limitações, sendo o item mais alto o espaço geral que os artigos devem seguir, A os itens de exclusão e inclusão, e B quais as opções escolhidas para o uso das palavras chave em cada banco de dados.

Fonte: elaborado pelo autor

artigos finais a serem incluídos nesse trabalho, um total de 51 (Figura 3).

Figura 3. Organograma da busca de artigos em 6 bancos de dados de literatura científica, quais passaram pela Seleção 01 (leitura de título, resumo e palavras chave), remoção de artigos duplicados, Seleção 02 (leitura completa), gerando a seleção final utilizada nesse estudo. Os valores totais de cada etapa são mostrados.

Fonte: elaborado pelo autor

A partir dos artigos selecionados, gerou-se dados estatísticos quantitativos. Para compreender a diversidade de origem dos artigos selecionados, foram contabilizados e mapeados os

países, segundo os locais da pesquisa (Figura 4).

Figura 4. Mapeamento dos locais de pesquisa, dos artigos selecionados.

Fonte: elaborado pelo autor

Trabalhos que relacionam dados de árvores urbanas, qualidade do ar e saúde pública estão presentes em todo o mundo, em quase todos os continentes, com uma grande maioria de 44% das pesquisas sendo realizadas nos EUA e China. A China vem enfrentando diversos problemas com a poluição, sua capital Pequim é considerada uma das cidades com maiores concentrações de poluição por Material Particulado (MP) do mundo, e outras metrópoles como Hong Kong e Xangai apresentam alta densidade populacional, intensivo uso do solo urbano e ruas em cânions, todos fatores que contribuem para a má qualidade do ar (JIN *et al.*, 2014; NGUYEN *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2012). No Brasil os problemas com o ar são mais amenos que em países asiáticos, mas não menos preocupantes.

Na revisão somente dois trabalhos, ambos com pesquisas no estado de RJ, foram encontrados. Uma delas foi realizada no Jardim Botânico da cidade do Rio de Janeiro, e encontrou relações entre a presença de biomassa, distância da rua e atividades dentro do parque, nas alterações das concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis (VCOs) (SILVA *et al.*, 2016). Já a outra pesquisa foi conduzida em dois locais de Mata Atlântica (um localizado dentro da cidade em uma área altamente urbanizada, e outra em uma área de reserva, em um município da área metropolitana) e encontrou diferenças significativas entre eles, sugerindo uma espécie como biomarcador (VASCONCELLOS; CUNHA; CALLADO, 2016).

Os artigos foram classificados segundo sua interface (Figura 5), sendo observado que há uma maioria maciça de trabalhos que pesquisam a relação Florestas Urbanas e Qualidade do ar (I) (ALONSO *et al.*, 2011; NADGORSKA-SOCHA, 2016; BARÓ *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2016; CURRIE; BASS, 2008; DA SILVA *et al.*, 2016; DE VASCONCELLOS; DA CUNHA; CALLADO, 2016; DZIERŻANOWSKI *et al.*, 2011; FAGGI *et al.*, 2011; GARCÍA-GÓMEZ *et al.*, 2016; GUIDOLOTTI; SALVIATO; CALFAPIETRA, 2016; HASHEMI; ALINEJAD; FALLAHCHAY, 2015; JIN *et al.*, 2014; KAPOOR; BAMNIYA; KAPOOR, 2013;

KING *et al.*, 2014; KORD; MATAJI; BABAIE, 2010; LIU; GUAN; PEART, 2012; MAHER *et al.*, 2013; MANES *et al.*, 2012; MANES; SALVATORI, 2014; MCPHERSON *et al.*, 2011; MORAKINYO; LAM, 2016a, 2016b; MORANI *et al.*, 2011; NGUYEN *et al.*, 2015; PEI; CHEN; LIU, 2015; POURKHABBAZ *et al.*, 2010; QIU *et al.*, 2009; SALMOND *et al.*, 2013; VIIPPOLA *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2012; WU *et al.*, 2015a,

Figura 5. Resultados das classificações dos artigos em quatro interfaces, sendo elas: I – Árvores Urbanas e Qualidade do Ar; II – Qualidade do Ar e Saúde Pública; III – Saúde Pública e Árvores Urbanas; IV – Árvores Urbanas, Qualidade do ar e Saúde Pública.

Fonte: elaborado pelo autor

2015b).

Esses trabalhos apontam evidências da influência positiva da vegetação, como (MORANI *et al.*, 2011), que demonstrou que árvores plantadas em Nova Iorque podem remover mais de 10000 toneladas de poluentes e 1500 toneladas de carbono nos próximos 100 anos, prevendo as taxas de mortalidade arbóreas; (BARÓ *et al.*, 2014) evidenciou que as árvores na cidade de Barcelona obtiveram uma purificação do ar estimada em 305.6 toneladas de poluentes removidos, em um ano, representando uma economia ao país de € 2.38 milhões.

Em contrapartida, obteve-se somente um estudo (CHAN *et al.*, 2015) que teve como foco a relação da Qualidade do ar e da Saúde Pública (II), abordando florestas urbanas de forma complementar, através da inclusão de uma análise de uso e ocupação do solo, demonstrando que longas exposições a PM_{2.5} e NO₂ estão relacionadas com quadros de pressão alta e aumentam casos de problemas cardiovasculares.

Uma dificuldade percebida, que talvez justifique a ausência de artigos na classificação II, foi a utilização de termos como “*green spaces, greenness*” nos artigos de saúde para designar a presença de árvores nas cidades, o que se distância muito dos termos utilizados pelos pesquisadores da ecologia urbana: *Urban Forest, street trees, urban tree, tree canopy*. É provável que muitos estudos não tenham sido encontrados pela busca dessa revisão, devido a essa divergência de termos chave.

Somente 13,46% dos estudos apresentados nessa revisão, utilizam-se da interface IV - Árvores Urbanas, Qualidade do ar e Saúde Pública, com discussão e apresentação embasadas em dados originais ou secundários (ITO *et al.*, 2015; LEE, 2014; NOWAK *et al.*, 2013; NOWAK; HIRABAYASHI; GREENFIELD, 2014; RAO *et al.*, 2014; SHANDAS *et al.*, 2016; TSAO *et al.*, 2014)

Esses dados mostram que há uma certa dificuldade de realizar pesquisas de alto impacto que abordem os 3 espocos de pesquisa, que esse tipo de pesquisa pode estar iniciando sua tendência mundial, e que alguns países como o Brasil, por exemplo, apontam uma maior carência de dados fidedignos e ferramentas, como softwares e modelos próprios, que possam embasar sua abordagem interdisciplinar.

NOWAK, em 2013 pesquisou em 10 cidades dos Estados Unidos as concentrações de remoção de MP10 por árvores urbanas, e chegou a resultados de remoção de 4.7 a 64.5 toneladas, com valoração de \$1.1 à \$60.1 milhões e redução da mortalidade humana entre 1 e 7.6 pessoas, com médias de qualidade do ar variando de 0.05% e 0.24% - todos em valores anuais.

Aproximadamente 20% dos artigos apontam resultados sobre a presença de árvores e a melhora na saúde humana, enquadrados na interface Saúde Pública e Árvores Urbanas (III) (BEYER *et al.*, 2014; CASEY *et al.*, 2016; DADVAND *et al.*, 2012; GRAZULEVICIENE *et al.*, 2015; HYSTAD *et al.*, 2014; KABISCH; HAASE; VAN DEN BOSCH, 2016; KARDAN *et al.*, 2015; KIHAL-TALANTIKITE *et al.*, 2013; LOVASI *et al.*, 2013). O estudo de BEYER 2014 confirma, por exemplo, que bairros com elevadas áreas verdes estão associados com níveis mais baixos de depressão, ansiedade, estresse, demonstrando ser uma excelente estratégia na melhoria da saúde mental da população urbana.

É importante ressaltar, que 3 artigos relataram a influências das árvores no aumento de casos de doenças alérgicas, asma, e doenças respiratórias, principalmente devido a pólenes dispersos nas cidades (ANDRUSAITYTE *et al.*, 2016; ITO *et al.*, 2015; LOVASI *et al.*, 2013). Essas pesquisas são importantes de serem destacadas, pois mostram que é necessário conhecer as espécies que vão compor o ambiente urbano, pois isso é fundamental para que as árvores possam exercer suas funções benéficas ao ambiente e a população, sem se tornar agravantes da saúde pública.

Os artigos foram classificados ainda, segundo seu ano de publicação (Figura 6), demonstrando uma positiva tendência de aumento de publicações desde 2006, com o maior índice no ano de 2016 (14 artigos). Considerando ainda que esse artigo não considerou os meses de 09 a 12 de 2016, podendo ainda ter o ano se encerrado com mais publicações nas áreas estudadas, esse resultado

demonstra que durante a última década os pesquisadores do mundo todo vêm buscando mais evidências da importância das árvores na cidade na contribuição na qualidade do ar e na saúde da população urbana.

Figura 6. Classificação dos artigos utilizados na revisão, segundo ano de publicação.
Fonte: elaborado pelo autor

Foram contabilizadas as doenças abordadas nos artigos. A maioria deles escolheram como foco da pesquisa Asma, seguido de desfechos perinatais (fatores como: peso ao nascer, pequeno para a idade gestacional, nascimento prematuro, entre outros) e risco cardiovascular. Os artigos que abordavam bronquite, pneumonia, e etc. foram agrupados na categoria “Doenças respiratórias gerais”, sendo os problemas a saúde que estão mais relacionadas à poluição do ar (Figura 7).

Figura 7. Ranking das doenças estudadas nos artigos selecionados para o estudo de revisão.
Fonte: elaborado pelo autor

Os principais poluentes analisados nos artigos foram PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂ e O₃ (Figura 8). Estudos epidemiológicos vêm definindo que PM, NO₂ e O₃ são prejudiciais à saúde em áreas urbanas, principalmente PM_{2,5} que devido ao seu tamanho pode penetrar mais profundamente o corpo humano, induzindo a doenças pulmonares, problemas no sistema imunológico e morte prematura (JIN *et al.*, 2014; LEE, 2014; RAO *et al.*, 2014; TSAO *et al.*, 2014).

Figura 8. Ranking dos poluentes estudados nos artigos selecionados para o estudo de revisão.
Fonte: elaborado pelo autor

Os artigos ainda, foram classificados segundo sua metodologia para quantificar, medir e/ou averiguar a presença de árvores urbanas nas cidades estudadas, sendo que uma pesquisa pode utilizar-se de um ou mais métodos conjuntamente, e o resumo desses resultados está esquematizada na Figura 09.

Assim, 21% dos artigos estudaram as árvores a nível de espécie, como bioindicadores, através de inventários florestais, ou quando duas ou poucas espécies dominavam a malha urbana estudada (NADGORSKA-SOCHA , 2016; BARÓ *et al.*, 2014; DA SILVA *et al.*, 2016; DE VASCONCELLOS; DA CUNHA; CALLADO, 2016; DZIERŻANOWSKI *et al.*, 2011; FAGGI *et al.*, 2011; HASHEMI; ALINEJAD; FALLAHCHAY, 2015; ITO *et al.*, 2015; JIN *et al.*, 2014; KAPOOR; BAMNIYA; KAPOOR, 2013; KORD; MATAJI; BABAIE, 2010; MAHER *et al.*, 2013; MANES; SALVATORI, 2014; POURKHABBAZ *et al.*, 2010).

Entre os artigos, 23% utilizaram softwares para criar modelos que permitem estudar as relações ecológicas urbanas de uma forma interdisciplinar, sendo os principais encontrados: I-tree, UFORE, ENVI-met, LIDAR, Gaussian Equation Model, BenMap, Landsat, LUR model, NDVI, SPSS Amos, MOCA Fleix model (BARÓ *et al.*, 2014; GUIDOLOTTI; SALVIATO; CALFAPIETRA, 2016; KING *et al.*, 2014; LEE, 2014; LOVASI *et al.*, 2013; MANES; SALVATORI, 2014; MCPHERSON *et al.*, 2011;

MORAKINYO; LAM, 2016a, 2016b; MORANI *et al.*, 2011; NOWAK *et al.*, 2013; NOWAK; HIRABAYASHI; GREENFIELD, 2014; RAO *et al.*, 2014; SHANDAS *et al.*, 2016; WU *et al.*, 2015a).

Já 27% dos estudos, utilizaram análises de uso e ocupação do solo, através de sensoriamento remoto, imagens de satélite de alta resolução, softwares como ArcGis e Landsat (ALONSO *et al.*, 2011; ANDRUSAITYTE *et al.*, 2016; BEYER *et al.*, 2014; CASEY *et al.*, 2016; CHAN *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2016; CURRIE; BASS, 2008; GARCÍA-GÓMEZ *et al.*, 2016; GRAZULEVICIENE *et al.*, 2015; HYSTAD *et al.*, 2014; KABISCH; HAASE; VAN DEN BOSCH, 2016; KARDAN *et al.*, 2015; KIHAL-TALANTIKITE *et al.*, 2013; MANES *et al.*, 2012; MORANI *et al.*, 2011; QIU *et al.*, 2009; TSAO *et al.*, 2014; WU *et al.*, 2015b).

A metodologia mais utilizada foram estudos de Morfologia, 29% dos artigos, que incluem tanto análises anatômicas internas (abertura e fechamento de estômatos, maceração de amostras de folhas e troncos, absorção de poluentes) mas também análises de morfologia externa, como DAP, índice de área foliar, tamanho de copa, altura da árvore, ausência de folhas, entre outros parâmetros (ALONSO *et al.*, 2011; NADGORSKA-SOCHA, 2016; DE VASCONCELLOS; DA CUNHA; CALLADO, 2016; DZIERŻANOWSKI *et al.*, 2011; FAGGI *et al.*, 2011; HYSTAD *et al.*, 2014; JIN *et al.*, 2014; KAPOOR; BAMNIYA; KAPOOR, 2013; LIU; GUAN; PEART, 2012; MORAKINYO; LAM, 2016a; NGUYEN *et al.*, 2015; PEI; CHEN; LIU, 2015; POURKHABBAZ *et al.*, 2010; QIU *et al.*, 2009; SALMOND *et al.*, 2013; SHANDAS *et al.*, 2016; VIIPPOLA *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2012).

Figura 9. Resultados encontrados na classificação dos artigos, segundo sua metodologia utilizada para quantificar, medir e/ou averiguar a presença de árvores urbanas nas cidades estudadas, sendo que um artigo pode utilizar mais de uma metodologia conjuntamente.

Fonte: elaborado pelo autor

Investigando se haveria pesquisadores que se destacam dos demais em nível de produção acadêmica, ranqueou-se os primeiros autores dos artigos. As pesquisas encontram-se bem homogêneas, sendo que 85% dos pesquisadores possuem 1 artigo de sua primeira autoria, e somente

15% dos autores possuem 2 artigos de sua primeira autoria, sendo eles Andrusaityte, Sandra; Kabisch, Nadja; Nowak, David J.; Wu, Jiansheng.

Averiguando o prestígio científico das publicações incluídas nessa revisão, foram classificadas as revistas que os publicaram, segundo seu Fator de Impacto e Qualis CAPES (Tabela 1). Uma das revistas de destaque desse estudo é a *Environmental Health Perspectives*, com um Fator de Impacto de 8.44, um dos mais altos em toxicologia, saúde pública, meio ambiente e saúde ocupacional, e ciências ambientais (EPH NIEHS), sendo ainda classificada como Qualis A no Brasil. Ela é mantida pelas instituições *National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS)*, *National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services*.

Tabela 01. Classificação das revistas onde os artigos selecionados foram publicados, segundo o Fator de Impacto (FI) e a QUALIS CAPES.

Revista	FI	Qualis
Environmental Health Perspectives	8.443	A1
Environmental Science and Technology	5.393	C
Scientific Reports	5.228	A1
Environmental Pollution	4.839	A1
Ecological Applications	4.252	
International Journal of Hygiene and Environmental Health	3.981	A2
Science of the Total Environment	3.976	A1
Chemosphere	3.698	A1
Landscape and Urban Planning	3.654	B1
Atmospheric Environment	3.459	A2
Environmental Health	3.453	
PloS one	3.057	A1
Environmental Science and Pollution Research	2.761	B1
BMJ Open	2.562	B1
Ambio	2.555	A1
International Journal of Environmental Science and Technology	2.344	
Journal of Environmental Quality	2.238	A2
Journal of Environmental Sciences (China)	2.208	B2
International Journal of Phytoremediation	2.085	B1

International Journal of Environmental Research and Public Health	2.035	B1
Urban Ecosystems	1.984	B1
Toxicology and Industrial Health	1.688	B2
Environmental Monitoring and Assessment	1.633	B1
Bulletin of environmental Contamination and toxicology	1.191	B1
Agrochimica	0.317	
BMC Pregnancy Childbirth		
Ecological Processes		
International Journal of Public Policy		

Fonte:
elaborado
pelo
autor

A

prese
nta-se
ainda,

um resumo dos artigos selecionados para esse trabalho, ordenados em ordem alfabética por autor, seguido do objetivo e a principal conclusão da pesquisa (Tabela 02), gerando um panorama geral de todas as pesquisas aqui estudadas.

Tabela 02. Resumo dos artigos selecionados para a revisão, classificados por Autor, seguido do objetivo da pesquisa e a sua principal conclusão.

Fonte: elaborada pelo autor.

Autor	Pesquisa	Conclusão
ALONSO, R. et al., 2011	O papel da vegetação peri-urbana de Madrid na modificação das concentrações de O ₃	A floresta é uma área de captura de O ₃ e desde sua remoção os níveis aumentaram
ANDRUSAITYTE et al., 2016	A associação dos índices de área verde e sua distância das residências de crianças com asma	Um alto índice de área verde ao redor da residência, está associada a um leve aumento do risco de asma em crianças
BARÓ, F. et al., 2014	Quantificação dos serviços providos pelas florestas urbanas e avaliação das contribuições segundo as políticas de mitigação de poluição do ar, do município de Barcelona	A contribuição da floresta urbana na redução da poluição é considerável, e está dentro do que prevê o regulamento municipal
BEYER, K. et al., 2014	Avaliação da relação entre espaços verdes e efeitos na saúde mental	Vizinhanças com alto índice de áreas verdes estão associadas com significantes quedas nos sintomas de depressão, ansiedade e estresse.
CASEY, J. A. et al., 2016	Associação entre o espaço verde ao redor de gestantes em pré-natal e desfechos perinatais	Alto índice de áreas verdes melhoram saúde de pré-maturos, mas não há influência em peso ao nascer e idade gestacional.
CHAN, S. H. et al., 2015	Relação entre exposição a poluentes (NO ₂ ; MP) e risco cardiovascular	Longas exposições aos poluentes estão associadas com pressão alta
CHEN, J. et al., 2016	Compreensão da importância da vegetação urbana na redução do Material Particulado 2,5	Os modelos foram significativos somente para a primavera, podendo associar o potencial da redução a

		estação do ano
CURRIE, B. A. & BASS, B., 2008	O efeito das árvores, arbustos, telhados e muros verdes na poluição do ar, em Toronto	Telhados e muros (extensos) aumentam o potencial das árvores e arbustos em mitigar poluentes
DADVAND, P. et al., 2012	Relação entre área verde circundante a residência e peso ao nascer, circunferência da cabeça e idade gestacional no parto	Altos índices de vegetação ao redor da residência da gestante estão associados ao aumento de peso e circunferência de cabeça, mas não com a idade
DZIERŻANOWSKI, K. et al., 2011	Absorção de MP de diferentes tamanhos, por 4 sp. de árvores, 3 sp. de arbusto e 1 sp. de trepadeira	Todas as sp. capturam MP, sendo depositadas nas folhas e ceras, contribuindo na limpeza do ar.
FAGGI, A. M. et al., 2011	Avaliação de cascas de árvores comparando a poluição por metais, em área central e área residencial da cidade e da zona rural	As árvores apontaram diferenças entre as áreas e os combustíveis utilizados em cada uma, podendo ser utilizadas como indicador
GARCÍA-GÓMEZ, H. et al., 2016	Absorção de diversos poluentes por 4 florestas peri-urbanas de <i>Quercus ilex</i> , em diferenças áreas, na Espanha	Espera-se que o Ozônio tenha efeitos fitotóxicos na vegetação, e que o Nitrogênio contribua com a eutrofização. As florestas tem redução de dossel devido a concentração gasosa
GRAZULEVICIENE, R. et al., 2015	Índices de verde ao redor das residências e/ou a distância de parques urbanos afetam desfechos perinatais?	Altos índices de área verde e proximidade dos parques, tem efeitos benéficos nos desfechos da gestação. O benefício dos parques sobre o crescimento fetal é mais aparente em ambientes com menor área verde ao redor
GUIDOLOTTI, G.; SALVIATO, M.; CALFAPIETRA, C., 2016	Comparar os resultados de dois modelos de remoção de poluição (NO ₂ , O ₃ , MP 10) por árvores urbanas	As estimativas apresentaram concordâncias, e podem ser usadas conjuntamente para uma melhor acurácia das estimativas
HASHEMI, S. A.; ALINEJAD, F.; FALLAHCHAY, M., 2015	Estimar a contaminação de árvores de rua e determinar os parâmetros do tráfego que afetam o teor de chumbo, em folhas de Sicômoro, no Irã	Os locais de maior absorção são aqueles que possuem maior tráfego, assim a espécie pode ser considerada ideal para vias com tráfego intenso
HYSTAD, P. et al., 2014	Investigar a associação entre áreas verdes residenciais e desfechos perinatais, incluindo fatores de ambiente construído	Aumento nas áreas verdes residenciais está associado com benefícios nos desfechos perinatais; outros fatores não alteram os resultados
ITO, K. et al., 2015	Qual a influência de diferentes tipos de pólen, na primavera, em casos de asma e venda de medicamentos alérgicos?	Os picos de pólen no ar são nos meados da primavera, e estão associados com alergia e asma, particularmente em crianças
JIN, S. et al., 2014	Esclarecer a distribuição de MP 2,5 concentrado em ruas de cânions e impacto das árvores, quando comparado a ruas sem árvores, em Xangai	A densidade do dossel, índice de área foliar e velocidade do vento influenciam a taxa de atenuação de PM 2,5. Ruas de cânions com árvores reduzem a quantidade de vento. Estabeleceu-se um padrão otimizado de plantio por rua.
KABISCH, N.; HAASE, D.; VAN DEN BOSCH, M. A., 2016	Potenciais relações inter-urbanas entre saúde infantil, desfechos e áreas naturais (áreas verdes e com água) em Berlim	Há correlação entre áreas naturais e determinantes de saúde sociais, e locais com uma baixa porcentagem de áreas naturais está correlacionada com déficits no desenvolvimento visomotor
KAPOOR, C. S.; BAMNIYA, B. R.; KAPOOR, K., 2013	Impacto da poluição do ar na alteração de componentes	A espécie consegue com sucesso ser cultivada em uma área para monitorar a

	fotossintéticos, altura da planta, folha e parâmetros bioquímicos, na espécie <i>Dalbergia sissoo</i> Roxb.	poluição do ar, sendo efetiva no controle da poluição,
KARDAN, O. et al., 2015	Associações entre abrangentes métricas de espaço verde e saúde humana	Pessoas que vivem em bairros com uma maior densidade de árvores em suas ruas relatam maior percepção de saúde e menos condições cardio-metabólicas
KIHAL-TALANTIKITE, W. et al., 2013	Investigação da relação entre espaços verdes e a distribuição espacial da mortalidade infantil, levando em conta os níveis de privação da vizinhança	Há evidências de uma relação entre o acesso a espaços verdes e os desfechos da gravidez
KING, K. L. et al., 2014	Compreender a relação entre a emissão nos municípios de NY e a absorção por florestas urbanas decíduas	O alcance da remoção de NO ₂ chega de 1-13%. A remoção de PM10 excede ligeiramente a emissão pelo tráfego. A remoção é inversamente proporcional no verão (sem folhas) e inverno (com folhas).
KORD, B.; MATAJI, A.; BABAIE, S., 2010	Avaliação de <i>Pinus</i> sp. como bioindicador de contaminação de metais pesados, no Irã	Amostras com maiores contaminações estão em locais com tráfego pesado e áreas industriais. <i>Pinus Eldarica</i> Medw. pode ser usado como bioindicador
LEE, K. 2014	Testar a hipótese de que a extensão da floresta urbana está negativamente relacionada com o uso de cuidados médicos para doenças respiratórias	Essas áreas têm efeito direto e significativo em cuidados médicos, controlando fatores como efeitos do grau de poluição do ar, da disponibilidade de prestadores de cuidados de saúde
LIU, L.; GUAN, D.; PEART, M. R., 2012	Testar a capacidade de retenção de poeira das árvores urbanas, nas folhas e outras partes anatômicas, na China	Maiores acumulações de poeira foram encontradas em áreas industriais, e menores em terrenos vazios. Deve-se considerar a capacidade de retenção das árvores na gestão das áreas urbanas
LOVASI, G. S. et al., 2013	Investigar a relação da cobertura arbórea com o desenvolvimento subsequente de asma, respiração asmática, rinite e sensibilidade alérgica na infância	Os resultados não são significativos para afirmar uma associação com asma e alergia, mas são para sensibilidade a pólen e perto de residências com gestantes pré-natais. Não há especificação de sp. ou tipo de pólen.
MAHER, B. A. et al., 2013	Monitoramento da absorção de Material Particulado 10 em uma área residencial na beira de uma estrada, antes e depois do plantio arbóreo de Videiro sp.	Foi identificado uma redução de 50% de Material Particulado dentro das residências, e comprovada a absorção nas folhas das árvores, o que comprova sua utilização como mitigadores.
MANES, F. et al., 2012	Avaliar os efeitos da diversidade de árvores na remoção de ozônio troposférico (O ₃) em Roma, Itália, em dois anos	Há maior estabilidade da função de absorção, no aumento dos níveis de diversidade. Tais serviços ecossistêmicos podem ser avaliados em aproximadamente US \$ 2 (externalidades) e US \$ 3 milhões (mortalidade), ao ano
MANES, F.; SALVATORI, E., 2014	Estimar a quantidade de O ₃ e MP10 removido por 3 tipos de vegetação urbana, na região metropolitana de Roma, por dois anos.	Os diferentes tipos de vegetação apresentaram absorção complementar e padrões de deposição fisiológicos e fenológicos, mantendo as funções da comunidade em diferentes condições climáticas.
MCPHERSON, E. G. et al.,	Medir a cobertura existente do dossel de árvores de Los Angeles,	21% é composto por cópas arbóreas; tem a capacidade real do plantio de 1,3

2012	determinar se existe espaço para 1 milhão de árvores adicionais e estimar os benefícios futuros do plantio. Baseado na iniciativa MillionTreesNYC	milhões árvores; dos serviços ecossistêmicos, 81% são estéticos, 8% redução de escoamento, 6% economia de energia, 4% melhoria da qualidade do ar e menos de 1% mitigação de carbono atm.
MORAKINYO, T. E.; LAM, Y. F., 2016	Analisar a remoção de poluentes relacionados ao tráfego, através de deposição foliar, em ruas de canion com árvores, focando na dispersão e deposição	Lugares com mais árvores, a concentração de poluentes foi maior, quando comparada com lugares sem árvores. A remoção é potencialmente suficiente para contrabalançar o aumento de PM2.5 por tais árvores sob alguns cenários de plantio de árvores e condições de vento
MORAKINYO, T. E.; LAM, Y. F., 2016	Avaliar o benefício da qualidade do ar da barreira de vegetação próxima da estrada usando uma abordagem integrada de deposição-dispersão	Um maior volume de barreira de vegetação aumenta a remoção total de massa enquanto enfraquece a dispersão de poluentes dentro do mesmo domínio. Assim seu uso depende do objetivo de dispersão ou deposição.
MORANI, A. et al., 2011	Estabelecer aos melhores locais para plantio de árvores baseado na melhoria da qualidade do ar e mitigação de carbono. Baseado na iniciativa MillionTreesNYC	Essas árvores provavelmente removerão mais de 10 000 toneladas de poluentes atmosféricos e um máximo de 1500 toneladas de carbono nos próximos 100 anos, dado uma taxa de mortalidade anual de 4%.
NADGORSKA-SOCHA, A.; KANDZIORA-CIUPA, M.; CIEPAŁ, R.; BARCZYK, G., 2016	Calcular índice de tolerância à poluição por metais, através da análise da absorção da deposição pelas folhas de <i>Melandrium album</i> e <i>Robinia pseudoacacia</i>	A melhor capacidade de acumulação encontrada em <i>M. album</i> ; podem ser utilizadas como bioindicadores de Zn, Cd (ambas espécies) e Pb (<i>M. album</i>) no solo.
NGUYEN, T. et al. 2015	Encontrar formas de sistemas florestais urbanos que com a capacidade de reduzir a quantidade de partículas no ar de forma eficaz	Sistemas florestais realizam captura de poeira do ar; arbustos e árvores de folha larga capturam melhor PM 2,5 quando desenvolvem-se completamente; na estação sem folhagem, coníferas e tipos de árvores mistas são mais eficazes; independente das árvores, MP 2,5 é mais alto de manhã, menor a tarde e a noite; <i>grasslands</i> reduz a poluição devido ao vento.
NOWAK, D. J. et al., 2013	Quais os efeitos das árvores sobre as concentrações de PM2,5 e sobre a saúde humana foram modelados para 10 cidades dos EUA	Os valores foram estimados em toneladas de PM2,5 removidos, em valores monetários referentes à saúde humana. Contribuindo para a compreensão do impacto das árvores urbanas na qualidade do ar
NOWAK, D. J.; HIRABAYASHI, S.; GREENFIELD, E., 2014	Estimar a magnitude e o valor dos efeitos das árvores e florestas na qualidade do ar e na saúde humana nos Estados Unidos	Foram removidos 17,4 milhões de toneladas de poluição atmosférica em 2010, com efeitos na saúde humana avaliados em 6,8 bilhões de dólares dos EUA (médias)
PEI, N.; CHEN, B.; LIU, S. 2015	Contaminação de Cádmio e Chumbo em 13 espécies plantadas (folha e ramo), solo e água, em uma área de reflorestamento do litoral	Os metais pesados estão em maiores concentrações no solo; os metais apresentaram diferentes concentrações nas diferentes partes das plantas, e entre nativas e sp. introduzidas; árvores podem ser usadas para amenizar contaminações em áreas urbanas
POURKHABBAZ, A. et al.,	As folhas de sp. do genero Platanus	Somente o chumbo apresentou altas

2010	são danificadas pela poluição do tráfego de uma mega cidade e de sua zona rural?	concentrações nas folhas; densidade de estômatos e folhas são menores na área urbana, como outros aspectos morfológicos; sugeresse que árvores podem não reagir bem a poluição urbana.
QIU, Y. et al., 2009	Captura de metais pesados e enxofre através da análise da poeira foliar, na área urbana	A concentração dos metais foi alta, principalmente para Cd e Pb; após um evento de chuva a poeira acumulava cerca de 20 dias; árvores podem ser usadas para absorver poluentes
RAO, M. et al., 2014	Modelar a remoção de NO ₂ por árvores urbanas e saúde respiratória, em áreas urbanas	10 ha de copa de árvore foram associado a uma diminuição de 0.57 ppb em NO ₂ ; as árvores no local diminuem a incidência de problemas respiratórios, proporcionando um benefício anual de US \$ 7 milhões.
SALMOND, J. A. et al., 2013	Determinar o impacto da cobertura arbórea de espécies decíduas, na distribuição de óxidos de nitrogênio	A presença das copas impacta na acumulação líquida dos poluentes; sugeresse que a presença de folhas reduz o transporte ascendente da emissão veicular, aumentando armazenamento dentro do espaço do dossel
SHANDAS, V. et al., 2016	Qual o papel da escala espacial, na exposição da população a poluentes urbanos? Identificando comunidades urbanas que estão desproporcionalmente expostas a má qualidade do ar, levando em conta a poluentes de fontes móveis através de árvores	Foram encontradas até 197% de diferença entre populações expostas a uma má qualidade do ar, o que mostra que há necessidade de uma melhor gestão urbana para uma distribuição mais justa.
SILVA, C. M. et al., 2016	Variação de VCOs no ar ao redor do Jardim Botânico, segundo a vegetação e as malhas e atividades urbanas	Diferença na biomassa, distância da rua e atividades dentro do parque alteram as concentrações de VCOs
TSAO, T.-M. et al., 2014	Demonstrar os efeitos duradouros de viver em um ambiente com árvores em doações cardiovasculares (CVDs) e qualidade de vida relatada quando comparado com um ambiente urbano	Níveis de colesterol total, LDL e glicose em jejum, concentração de poluentes, foram maiores em ambientes urbanizados; habitantes de ambientes florestados obtiveram maiores <i>scores</i> em qualidade de vida declarada
VASCONCELLOS, T. J.; DA CUNHA, M.; CALLADO, C. H., 2016	Comparação histológica do câmbio de <i>Ceiba speciosa</i> em um ambiente poluído e em uma área de preservação de mata atlântica	Foram encontradas diferenças morfológicas entre os ambientes, sugerindo que a espécie possui tolerância a poluição e pode ser usada como biomarcador
VIIPPOLA, V. et al., 2016	Avaliação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) em áreas urbanas cobertas, áreas abertas e áreas sem árvores, perto a uma estrada	A influência das árvores, principalmente decíduas, depende da estação climática, e que as árvores nesse estudo não promoveram qualidade do ar
WANG, H. et al., 2012	Captura de Ozônio por 17 árvores adultas, de seis espécies diferentes	A captura variou muito de espécie, algumas possuem maior condutância de O ₃ que outras; o Ozônio causa alto risco para as espécies
WU, J. et al., 2015	Estimar a variação espaço temporal de MP 2.5, através de 77 variáveis, incluindo cobertura arbórea uso do	Com uma média de 90.7 µg/m ³ , há mais variação temporal que espacial, indicando a necessidade de melhorar o

	solo urbano e dados populacionais	modelo para captar mais essas tendências espaçotemporais;
WU, J. et al., 2015	Compreender os impactos da paisagem urbana nos padrões de MP 2.5 presentes na atmosfera	As classes vegetação e água foram os componentes paisagísticos que reduziram de MP 2.5; componentes das paisagens influenciam nas concentrações do poluente.

2.4. Conclusão

Através dessa revisão foi possível obter um painel da academia nos últimos 11 anos sobre florestas urbanas, qualidade do ar e saúde pública. Pode-se observar que há tendências entre as pesquisas no que tange os tipos de poluentes, doenças e metodologias de estimativa arbórea, demonstrando que os mesmos problemas afetam as diferentes metrópoles por todo o mundo.

Destaca-se ainda que as publicações vem crescendo nos últimos anos e estão presentes em revistas consideradas de alta qualidade científica, mas ainda existe a necessidade de estudos que englobem os três grandes temas de forma integrada. As cidades devem ser vistas como grandes ecossistemas, onde vários aspectos influenciam sua composição e interação de forma dinâmica, assim, somente estudos que consideram os mais variados aspectos urbanos podem compreender sua realidade de forma verdadeira e apontar soluções para gerar cidades com melhor qualidade de vida.

Referências

- ALONSO, R. et al. Modelling the influence of peri-urban trees in the air quality of Madrid region (Spain). **Environmental Pollution**, v. 159, n. 8–9, p. 2138–2147, 2011.
- ANDRUSAITYTE, S. et al. Associations between neighbourhood greenness and asthma in preschool children in Kaunas, Lithuania: a case–control study. **BMJ Open**, v. 6, n. 4, p. e010341, 2016.
- BARÓ, F. et al. Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. **Ambio**, v. 43, n. 4, p. 466–479, 2014.
- BEYER, K. M. M. et al. Exposure to neighborhood green space and mental health: Evidence from the survey of the health of wisconsin. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 3, p. 3453–3472, 2014.
- BRADLEY, Gordon A. Urban forest landscapes: integrating multidisciplinary perspectives. Seattle: University of Washington Press, 235 p, 1995.
- CASEY, J. A. et al. Greenness and birth outcomes in a range of Pennsylvania communities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 3, 2016.
- CHAN, S. H. et al. Long-Term Air Pollution Exposure and Blood Pressure in the Sister Study. **Environmental Health Perspectives**, v. 123, n. 10, p. 951–958, 2015.

- CHEN, J. et al. Do green spaces affect the spatiotemporal changes of PM_{2.5} in Nanjing? **Ecological Processes**, v. 5, n. 1, p. 7, 2016.
- CURRIE, B. A.; BASS, B. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. **Urban Ecosystems**, v. 11, n. 4, p. 409–422, 2008.
- DADVAND, P. et al. Research | Children ' s Health. **Environmental Health Perspectives**, v. 120, n. 10, p. 1481–1488, 2012.
- DZIERŻANOWSKI, K. et al. Deposition of Particulate Matter of Different Size Fractions on Leaf Surfaces and in Waxes of Urban Forest Species. **International Journal of Phytoremediation**, v. 13, n. 10, p. 1037–1046, 2011.
- FAGGI, A. M. et al. Use of tree bark for comparing environmental pollution in different sites from Buenos Aires and Montevideo. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, n. 1–4, p. 237–245, 2011.
- GARCÍA-GÓMEZ, H. et al. Atmospheric pollutants in peri-urban forests of *Quercus ilex*: evidence of pollution abatement and threats for vegetation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6400–6413, 2016.
- GRAZULEVICIENE, R. et al. Surrounding greenness, proximity to city parks and pregnancy outcomes in Kaunas cohort study. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 218, n. 3, p. 358–365, 2015.
- GUIDOLOTTI, G.; SALVIATO, M.; CALFAPIETRA, C. Comparing estimates of EMEP MSC-W and UFORE models in air pollutant reduction by urban trees. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1–10, 2016.
- HASHEMI, S. A.; ALINEJAD, F.; FALLAHCHAY, M. Analyzing lead concentration in the sycamore tree species in high- and low-traffic areas of Rasht, Iran. **Toxicology and Industrial Health**, v. 31, n. 6, p. 542–545, 2015.
- HIGGINS, P.T.J.; GREEN, S. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. **The cochrane library**, n. 3, 2008. Disponível em: <https://dhosth.files.wordpress.com/2011/12/cochrane-handbook-for-systematic-reviews-of-interventions.pdf>. Acesso em 25 jan. 2017
- HYSTAD, P. et al. Residential Greenness and Birth Outcomes: Evaluating the Influence of Spatially Correlated Built-Environment Factors. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 10, p. 1095–1102, 2014.
- ITO, K. et al. The associations between daily spring pollen counts, over-the-counter allergy medication sales, and asthma syndrome emergency department visits in New York City, 2002-2012. **Environmental Health**, v. 14, n. 1, p. 71, 2015.
- JIN, S. et al. Evaluation of impacts of trees on PM_{2.5} dispersion in urban streets. **Atmospheric Environment**, v. 99, p. 277–287, 2014.
- KABISCH, N.; HAASE, D.; VAN DEN BOSCH, M. A. Adding natural areas to social indicators of intra-urban health inequalities among children: A case study from Berlin, Germany. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 8, 2016.
- KAPOOR, C. S.; BAMNIYA, B. R.; KAPOOR, K. Efficient control of air pollution through plants, a cost-effective alternative: Studies on *Dalbergia sissoo* Roxb. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, n. 9, p. 7565–7580, 2013.
- KARDAN, O. et al. Neighborhood greenspace and health in a large urban center. **Scientific Reports**, v. 5, p. 11610, 2015.

KIHAL-TALANTIKITE, W. et al. Green space, social inequalities and neonatal mortality in France. **BMC Pregnancy Childbirth**, v. 13, p. 191, 2013.

KING, K. L. et al. Differences in magnitude and spatial distribution of urban forest pollution deposition rates, air pollution emissions, and ambient neighborhood air quality in New York City. **Landscape and Urban Planning**, v. 128, p. 14–22, 2014.

KORD, B.; MATAJI, A.; BABAIE, S. Pine (*Pinus Eldarica* Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution. **International Journal of Environmental**, v. 7, n. 1, p. 79–84, 2010.

LEE, K. The effects of urban forests on the medical care use for respiratory disease in Korea : a structural equation model approach. **International Journal of Public Policy**, v. 10, p. 195–208, 2014.

LIU, L.; GUAN, D.; PEART, M. R. The morphological structure of leaves and the dust-retaining capability of afforested plants in urban Guangzhou, South China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 8, p. 3440–3449, 2012.

LOVASI, G. S. et al. Urban tree canopy and asthma, wheeze, rhinitis, and allergic sensitization to tree pollen in a New York city birth cohort. **Environmental Health Perspectives**, v. 121, n. 4, p. 494–500, 2013.

MAHER, B. A. et al. Impact of roadside tree lines on indoor concentrations of traffic-derived particulate matter. **Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 23, p. 13737–13744, 2013.

MANES, F. et al. Urban ecosystem services : tree diversity and stability of tropospheric ozone removal
Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/41416764> REFERENCES Linked references are available on JSTOR for this article : Urban ecosystem services : tree diversity and st. **Ecological Applications**, v. 22, n. 1, p. 349–360, 2012.

MANES, F.; SALVATORI, E. Ecosystem services of urban trees: The case of rome. **Agrochimica**, v. 58, n. 3, p. 222–233, 2014.

MCPHERSON, E. G. et al. Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment. **Landscape and Urban Planning**, v. 99, n. 1, p. 40–50, 2011.

MILLER, R. W. Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces. New Jersey: Prentice Hall, 502 p., 1997.

MORAKINYO, T. E.; LAM, Y. F. Study of traffic-related pollutant removal from street canyon with trees: dispersion and deposition perspective. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1–17, 2016a.

MORAKINYO, T. E.; LAM, Y. F. Simulation study of dispersion and removal of particulate matter from traffic by road-side vegetation barrier. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6709–6722, 2016b.

MORANI, A. et al. How to select the best tree planting locations to enhance air pollution removal in the MillionTreesNYC initiative. **Environmental Pollution**, v. 159, n. 5, p. 1040–1047, 2011.

NADGORSKA-SOCHA, A.; KANDZIORA-CIUPA, M.; CIEPAŁ, R.; BARCZYK, G. Robinia pseudoacacia and Melandrium album in trace elements biomonitoring and air pollution tolerance index study. **International Journal of Environmental Science and Technology**, p. 1741–1752, 2016.

NGUYEN, T. et al. Relationship between types of urban forest and PM_{2.5} capture at three growth stages of leaves. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 27, n. C, p. 33–41, 2015.

NOWAK, D. J. et al. Modeled PM 2.5 removal by trees in ten US cities and associated health effects. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 395–402, 2013.

- NOWAK, D. J.; HIRABAYASHI, S.; GREENFIELD, E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. **Environmental Pollution**, v. 193, p. 119–129, 2014.
- PEI, N.; CHEN, B.; LIU, S. Pb and Cd Contents in Soil, Water, and Trees at an Afforestation Site, South China. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 95, n. 5, p. 632–637, 2015.
- POURKHABBAZ, A. et al. Influence of environmental pollution on Leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis* L. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 85, n. 3, p. 251–255, 2010.
- QIU, Y. et al. Capture of heavy metals and sulfur by foliar dust in urban Huizhou, Guangdong Province, China. **Chemosphere**, v. 75, n. 4, p. 447–452, 2009.
- RAO, M. et al. Assessing the relationship among urban trees, nitrogen dioxide, and respiratory health. **Environmental Pollution**, v. 194, p. 96–104, 2014.
- SALMOND, J. A. et al. The influence of vegetation on the horizontal and vertical distribution of pollutants in a street canyon. **Science of the Total Environment**, v. 443, p. 287–298, 2013.
- SHANDAS, V. et al. Integrating high-resolution datasets to target mitigation efforts for improving air quality and public health in Urban Neighborhoods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 8, p. 1–16, 2016.
- SILVA, C. M. et al. Volatile Organic Compounds in the Atmosphere of the Botanical Garden of the City of Rio de Janeiro: A Preliminary Study. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, p. 1–6, 2016.
- TSAO, T.-M. et al. The health effects of a forest environment on subclinical cardiovascular disease and health-related quality of life. **PloS one**, v. 9, n. 7, p. e103231, 2014.
- VASCONCELLOS, T. J.; CUNHA, M.; CALLADO, C. H. A comparative study of cambium histology of *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae) under urban pollution. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1–14, 2016.
- VIIPPOLA, V. et al. Gaseous polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations are higher in urban forests than adjacent open areas during summer but not in winter - Exploratory study. **Environmental Pollution**, v. 208, p. 233–240, 2016.
- WANG, H. et al. Ozone uptake by adult urban trees based on sap flow measurement. **Environmental Pollution**, v. 162, p. 275–286, 2012.
- WU, J. et al. Applying land use regression model to estimate spatial variation of PM_{2.5} in Beijing, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 9, p. 7045–7061, 2015a.
- WU, J. et al. Effects of urban landscape pattern on PM_{2.5} Pollution-A Beijing Case Study. **PLOs ONE**, v. 10, n. 11, p. 1–20, 2015b.

3. ÁRVORES E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO NA REDUÇÃO DE MP10

Resumo

Árvores nas áreas urbanas através das suas funções naturais trazem diversas benfeitorias para as cidades, incluindo melhorias na qualidade da água, conservação da energia das construções, redução da radiação ultravioleta e diversos outros benefícios ambientais e sociais. A poluição nas cidades é um problema crescente e mundial, que causa malefícios a saúde das populações urbanas, sendo a presença de áreas verdes diferenciais para a reversão desse quadro. Esse estudo analisou as relações da arborização urbana, uso e ocupação do solo e qualidade do ar, através de um Inventário Florestal, análises de uso e ocupação do solo por classificação supervisionada de imagem de satélite, e dados de MP10 das estações da CETESB, na cidade de São Paulo/SP. É possível afirmar, através de modelos estatísticos lineares que, no aumento de 1% do Relvado na paisagem da cidade, o MP10 irá diminuir $0.45 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, e no aumento de 1 m^2 de Copa, as quantidades de MP10 irão diminuir $0.29 \mu\text{g}/\text{cm}^3$.

Palavras-chave: Florestas urbanas; Qualidade do ar; Inventário florestal; Imagens multiespectrais de alta resolução

Abstract

In urban areas, trees through natural functions bring many improvements to cities, including improvements in water quality, conservation of building energy, reduction of ultraviolet radiation and a number of other environmental and social benefits. Pollution in cities is a growing and global problem, which causes health effects to urban populations, and the presence of green areas is different for the reversal of this situation. This study has analyzed the relationships of urban afforestation, land use and occupation and air quality, through a Forest Inventory, land use and land cover classifications, and PM10 data from CETESB stations, in São Paulo city, Brazil. It is possible to affirm, through linear statistical models, that in the increase of 1% of Turf in city landscape, MP10 will decrease $0.45 \mu\text{g} / \text{cm}^3$, and in the increase of 1 m^2 of Cup, MP10 will decrease $0.29 \mu\text{g} / \text{Cm}^3$.

Keywords: Urban forests; Air quality; Forest Inventory; High-resolution multispectral videography images

3.1. Introdução

As cidades estão crescendo cada vez mais com o passar dos anos, no Brasil a população na área urbana cresceu de 67,70% em 1980, para 84,36% em 2010, em relação as áreas rurais, aumentando também seu índice de aglomeração (IBGE, 2010)

Urbes com mais de 10 milhões de habitantes são classificadas como megacidades, e em 2004 já tínhamos 21 delas pelo mundo, sendo RJ e SP as brasileiras que juntas detêm 16% da população do país e que representam 9% da população urbana mundial, sendo um desafio para os urbanistas, prefeitos e administradores, responsáveis por fornecer serviços básicos, infraestrutura e um ambiente com qualidade (NOBRE *et al.*, 2010)

Árvores nas áreas urbanas através das suas funções naturais trazem diversas benfeitorias para as cidades, incluindo melhorias na qualidade da água, conservação da energia das construções, redução da radiação ultravioleta e diversos outros benefícios ambientais e sociais (NOWAK AND DWEYER, 2000).

Pensando nisso a *United Department of Agriculture - USDA Forest Service* lançou em 2006 o software i-Tree, baseado no modelo UFORE (*Urban Forest Effects Model*), cujo objetivo é avaliar a estrutura da floresta urbana e mensurar seus diversos serviços ecossistêmicos (NOWAK AND CRANE, 1998; NOWAK *et al.*, 2008).

E em 2008 lançou o aplicativo ECO, ideal para ser utilizado em regiões que se possui dados completos ou amostrais dos indivíduos arbóreos, somados a dados horários de poluição do ar e meteorologia, que permitem quantificar a quantidade de poluição (O_3 , SO_2 , NO_2 , CO , MP_{10} , $MP_{2,5}$) removida pela a floresta urbana, em dias sem chuva, durante um ano, valorando ainda o serviço ecossistêmico dessa remoção em dólares/toneladas (I-TREE, 2008; NOWAK *et al.*, 2008)

Esse modelo, considera ainda, diversas variáveis arbóreas importantes nas análises de seus serviços ecossistêmicos nas áreas urbanas, e não são muito comumente utilizadas em Inventários Brasileiros, como porcentagem de copa original perdida devido a podas ou má condução (*Crown Missing*), porcentagem de copa morta (*Crown Die Back*), lados da copa que recebem luz plena (CLE).

Estudos tem utilizado desse software para analisar a influência direta da arborização na qualidade do ar (MCPHERSON *et al.*, 2011; NOWAK *et al.*, 2013), como o estudo que demonstrou que a poluição removida pelas árvores no país (O_3 , MP_{10} , NO_2 , SO_2 , CO) é estimada em 71 mil toneladas, cerca de 3,8 bilhões de dólares por ano (NOWAK *et al.*, 2006).

Ao analisar a captura de poluidores deve-se considerar as peculiaridades de cada um deles, bem como a estrutura arbórea da árvore, como sugere o QUARG - *Quality of Urban Air Review Group*, que em 1996, evidenciou que no processo de deposição seca dos poluentes o tamanho da partícula é determinante, pois partículas com diâmetro $< 0.1 \mu m$ em sua maioria são removidas pelo movimento Browniano, e partículas com diâmetro entre 0.1 e $10 \mu m$ são interceptadas e impactadas.

Já o armazenamento de poluentes pelas árvores urbanas é confirmado por Baes III & MCLAughlinI, em 1984, ocorrendo nos anéis de crescimento que contém todo o histórico da poluição do ar da sua região. O estudo mostrou que pinheiros apresentaram altas concentrações de metais em anéis dos mesmos anos em que a região de *Great Smoky Mountains National Park* (GSMNP), nos EUA, tiveram grandes lançamentos de dióxido de enxofre na atmosfera.

Atualmente várias cidades pelo mundo tem tomado medidas para reduzir a produção de poluentes, como por exemplo Paris que diminuiu pela metade o número de carros em circulação, pois desde o dia 18/março ela ganhou, por alguns dias, o posto de um de ar mais sujo do mundo de

acordo com a empresa de monitoramento chamada *Plume Labs*: “O ar estava tão poluído que a Torre Eiffel estava envolta em uma névoa esfumaçada” (THE NEW YORK TIMES, 2015).

A Índia, segundo a *World Health Organization* (WHO), é a 13ª cidade mais poluída do mundo, sofrendo com problemas de neblina e com sérios problemas de saúde pública, tendo uma das taxas de mortalidade mais alta do mundo por doenças respiratórias crônicas, que matam cerca de 1,5 milhões de indianos a cada ano, principalmente devido ao uso de fontes de energias não limpas (THE NEW YORK TIMES, 2015); nessa mesmo ranking, o Brasil ocupa a 45ª dos países com o ar mais poluído, contando com um PM2.5 de 22 ug/m3.

As medições da qualidade do ar das cidades são geradas pela interação da atmosfera com as fontes poluidoras, que determinam os efeitos da poluição sobre a saúde da população humana, qual atinge também animais, plantas e as construções urbanas (CETESB). Suas concentrações, mesmo com valores inferiores dos níveis permitidos pelos órgãos responsáveis, têm afetado significativamente a qualidade de vida dos seres vivos (PEREIRA *et al.*, 1998).

Assim, condições meteorológicas como vento, humidade relativa, temperaturas, precipitação, devem ser consideradas pois são fatores determinantes nas concentrações dos poluentes limpeza do ar (FORNARO, 2006). A cidade de São Paulo no ano de 2015 apresentou o inverno muito chuvoso, resultando em um ano com altas precipitações e consequentemente, a estação mais favorável a dispersão de poluentes dos últimos 10 anos, com significativas reduções da poluição devido ao clima (CETESB, 2015)

Para a avaliação da qualidade do ar de um ambiente urbano, foram definidos universalmente, gases poluentes padrões, que foram escolhidos em razão da sua frequência, dos recursos disponíveis para acompanhamento e de seus efeitos adversos. Sendo eles: Material Particulado (MP); Dióxido de Enxofre (SO₂); Monóxido de Carbono (CO); Oxidantes Fotoquímicos, como o Ozônio (O₃); Hidrocarbonetos (HC); e Óxidos de Nitrogênio (NO_x) (CETESB), sendo que diversos estudos utilizam-se dessa padronização (NOWAK *et al.*, 2006; NOWAK 2006, 1993; GOUVEIA *et al.*, 2006; SAMET *et al.* 2000; STIEB 2002).

Além disso o Decreto Estadual nº 59113, de 23 de abril de 2013, estabeleceu escalas de representatividade das estações frente as medições de MP10, MP2,5, SO₂, NO₂ e O₃, ou seja, a escala representa qual a extensão de ar no entorno da estação que apresenta concentrações similares e uniformes às medidas na estação (SÃO PAULO, 2013)

A classificação segue os critérios e recomendações da *Electronic Code of Federal Regulations – eCFR*, é dependente da localização da estação e considera: poluente de interesse, proximidade das fontes de emissão, intensidade das emissões, condições de topografia, relevo e transporte dos poluentes, uso do solo, altura de captação e proximidade de obstáculos (edificações, árvores, etc.),

podendo ser: Microescala – de poucos metros até 100m; Média escala – de 101 à 500m; Escala de bairro – 501 à 4000m; Escala Urbana – de 4 à 50km.

Diariamente na cidade de São Paulo são realizadas mais de 30,5 milhões de viagens, compostas por 12 milhões por transportes coletivos e 8,1 milhões por transportes individuais, circulando cerca de 3 milhões de veículos por dia (NOBRE *et al.*, 2010). Em 2013 segundo a ANTP (Associação Nacional de Transporte Público), a frota de veículos em São Paulo bateu recorde de crescimento dos últimos três anos, agravando ainda mais esse quadro, evidenciando um sério problema de mobilidade urbana na cidade, sendo que as emissões de poluentes por frota veicular na Região Metropolitana equivalem a 30% das emissões totais do estado de São Paulo (CETESB, 2016)

Na cidade a principal fonte de energia é através de hidrelétricas, cerca de 95%, o que elimina poluições por esse recurso, sendo que a emissão de SO_2 é dada principalmente por veículos e por atividades industriais leves e pesadas, assim como para o Material Particulado (PM) (CITY AIR QUALITY TRENDS, 1996).

A capital paulistana possui uma população de 11.895.893 pessoas, extensão territorial de 1.521,110 km², com uma densidade demográfica (hab./km²) de 7,82, uma das maiores do país. Sendo uma região metropolitana possui 38 municípios que circundam a capital e utilizam de seus serviços, sendo assim, a população real pode chegar a 19 milhões de habitantes, gerando a principal economia do país, com 11,4% do PIB nacional em 2012 (IBGE, 2010).

A poluição nas cidades é um problema crescente e mundial, que causa malefícios a saúde das populações urbanas, sendo a presença de áreas verdes diferenciais para a reversão desse quadro. Tendo a comunidade científica um papel fundamental de gerar novos conhecimentos que auxiliem no desenvolvimento e implantação de políticas públicas ambientais efetivas à melhoria dos ambientes urbanos, o presente estudo tem como objetivo analisar as relações da arborização urbana, uso e ocupação do solo e qualidade do ar.

3.2. Materiais e métodos

A cidade de São Paulo está localizada no estado de São Paulo/Brasil, com uma elevação de 802 metros, latitude de 23°37' e longitude 46°39' W, classificada como "CFA" - Clima Subtropical Úmido, segundo a Classificação de Köppen (KOTTEK, 2006).

Esse clima é caracterizado por temperaturas relativamente altas e precipitações uniformemente distribuídas pelo ano todo. No verão essa região é largamente influenciada por umidade, fluxo de ar marítimo do lado ocidental, as temperaturas são altas e podem ter noites quentes, com muito mais precipitações e presenças de tempestades. O mês mais frio é geralmente

bastante ameno, embora as geadas sejam comuns, sendo as precipitações de inverno derivadas principalmente de ciclones frontais ao longo da frente polar (WETHERBASE, 2015).

As áreas selecionadas para esse estudo foram escolhidas a partir de 10 estações de monitoramento da qualidade do ar, da Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo – CETESB, que possuem medições horárias de Partículas Inaláveis de $10\ \mu\text{m}$, ativas no ano 2015 (Figura 01), sendo elas: Cerqueira César, Cidade Universitária USP-IPEN, Congonhas, Interlagos, Itaim Paulista, Marginal Tietê - Ponte dos remédios, Mooca, Nossa Senhora do Ó, Pinheiros, Santo Amaro (CETESB).

Figura 1. Locais das estações da CETESB selecionadas para o estudo, com medições ativas de MP10 no ano de 2015, na cidade de São Paulo/SP.

Fonte: Elaborado pelo autor

As análises foram baseadas em buffers de influência, com raio de 100m a partir da localização georreferenciada da estação, correspondentes a classificação de micro escala (SÃO PAULO, 2013), escolhida por se a escala mínima referente a um poluente, pois no relatório disponível de 2014 nem todas as estações escolhidas estavam classificadas (CETESB, 2014)

Definidas as áreas de estudo, foi quantificado o uso e ocupação das superfícies urbanas dessas regiões (Figura 02), mapeadas por meio do método de classificações automáticas supervisionadas no software MultiSpec e Quantum Gis, a partir de uma ortofoto digital infravermelho de alta resolução da cidade de São Paulo, no ano de 2010, cedidos pela empresa Emplasageo, como demonstra Silva Filho *et al.*, 2005 e 2006.

Figura 2. Buffer de influência de 100m com a classificação supervisionada, no centro a estação de monitoramento da qualidade do ar da CETESB da Nossa senhora do Ó.

Fonte: elaborado pelo autor

E ainda, um Inventário Florestal da comunidade vegetal arbórea e arbustiva, realizado do dia 10/03/16 à 19/03/16, que incluiu indivíduos com valor de CAP (circunferência à altura do peito) a partir de 0,15 cm, baseado no modelo UFORE, utilizado pelo software i-Tree Eco (I-TREE, 2008), exceto a coleta de dados que foi adaptada para as árvores de rua/locais abertos, onde foi utilizado o método foto e para as árvores que estavam em maciços foi utilizado o método clássico, ambos descritos no trabalho de SOAVE JUNIOR *et al.*, 2013.

Testes estatísticos de Análise de Regressão Linear foram realizados, através do software Stata versão 14.0, para analisar a poluição (MP10) em função dos diferentes índices de arborização e uso e ocupação do solo, propondo gerar uma equação matemática, e a partir dela um modelo que busca prever valores de poluição em um local a partir de valores conhecidos de arborização e uso e ocupação do solo.

É importante destacar que foram excluídos os dias que apresentaram precipitações na cidade de São Paulo no ano de 2015, através de dados fornecidos pelo IAG/USP, na tentativa de isolar o efeito das chuvas na limpeza do ar, sabendo-se que fatores meteorológicos são muito importantes no processo de limpeza do ar e da dispersão de poluentes (FORNARO, 2006). Para estimar a biodiversidade usou-se o Índice de Shannon, segundo MAGURRAN (1988), sendo que a maioria das espécies nativas do estado de São Paulo apresentam um índice em torno de 4,00. Para áreas urbanas aplicou-se a mesma proporção.

3.3. Resultados e discussões

Apresentamos uma caracterização dos locais de estudo segundo seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM, por setor censitário, da cidade de São Paulo (Atlas Brasil, 2010) e vias relevantes mais próximas (CETESB, 2014) (Tabela 01); uso e ocupação do solo das superfícies urbanas, sendo que as classes sobra, piscina, rio/lago e solo exposto não são apresentadas pois representam baixas porcentagens, e as classes telha clara, escura, cinza e cerâmica apresentam suas porcentagens somadas na classe “Telhas” (Tabela 02); do Inventário Florestal completo, com os dados médios de cada parâmetro por estação, mais o índice copa remanescente, gerado pelo índice

de Copa (m^2) subtraído da Copa perdida (%) (Tabela 03); e médias diárias de MP10 durante o ano de 2015, de cada estação (CETESB, 2015) (Figura 03).

Tabela 01. Caracterização das estações da CETESB com medições ativas de MP10 no ano de 2015, na cidade de São Paulo, ranqueadas segundo o IDH; apresentados vias que IM = impactam/NIM = não impactam nas coletas de monitoramento da qualidade do ar.

ESTAÇÃO	IDH 2010	CLASSIFICAÇÃO	ZONA	VIAS RELEVANTES MAIS PRÓXIMAS (M)	TRÁFEGO DA VIA
USP IPEN	0.95	MUITO ALTO	ZO	70m-Av.Prof.Lineu Prestes	NIM
CERQUEIRA CÉSAR	0.94	MUITO ALTO	ZN	6,5m-Av.Dr.Arnaldo	IM
PINHEIROS	0.94	MUITO ALTO	ZO	7m-Av.Professor Frederico Hermann Jr	IM
INTERLAGOS	0.87	MUITO ALTO	ZS	15m-Rua São Canuto; 245m-Rua Domingas Galleteri Blotta	NIM
CONGONHAS	0.86	MUITO ALTO	ZO	6,5m-Al.Tupiniquins; 8m-Av.dos Bandeirantes	IM
SANTO AMARO	0.84	MUITO ALTO	ZS	50m-R.Humboldt; 68m-R.Padre José Maria	NIM
MAG. TIÊTE	0.78	ALTO	ZO	13m-Marginal Tietê	IM
MOOCA	0.77	ALTO	ZL	68m-Rua Bresser; 250m-Radial Leste	NIM
ITAIM PAULISTA	0.76	ALTO	ZL	20m-Rua Guapeva; 39m-Rua Jaguar	NIM
N. S. DO Ó	0.69	MÉDIO	NOROESTE	9m-R.Cap.José Amaral; 87m-R.Parapuã	NIM

Fonte: elaborada pelo autor, com base nas informações contidas em CETESB, 2015.

Tabela 02. Resultado de classificações automáticas supervisionadas de buffers de influência de 100m, realizadas nos softwares livres MultiSpec e Quantum Gis, a partir de uma ortofoto digital infravermelho de alta resolução da cidade de São Paulo, no ano de 2010, cedidos pela empresa Emplasageo. Os resultados são apresentados em porcentagem (%).

	COPA ARBÓREA	RELVADO	ASFALTO	TELHAS
CERQUEIRA CÉSAR	68	3	11	14
CONGONHAS	25	1	39	26
INTERLAGOS	4	29	14	53
ITAIM PAULISTA	37	4	4	52
MARGINAL TIETE	3	0	37	50
MOOCA	44	5	6	43
NOS	22	1	11	64
PINHEIROS	38	3	12	34
SANTO AMARO	26	2	15	55
USP IPEN	19	16	25	38

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 03. Inventário florestal completo, por estações de monitoramento da qualidade do ar, da CETESB, na cidade de São Paulo, com medições ativas de MP10, no ano de 2015. Dados apresentados em médias.

	TOTAL INDIVÍDUOS	ÍNDICE SHANNON (IS)	DIÂMETRO DE COPA (m^2)	COPA (m^2)	COPA PERDIDA (%)	COPA REMANESCENTE (m^2)	DAP (cm)	ALTURA TOTAL (m)	ALTURA TRONCO (m)
CERQUEIRA CÉSAR	478	2.72	4.69	27.67	6.58	25.13	30.67	7.23	2.08
CONGONHAS	114	2.54	6.37	42.41	3.69	40.61	30.80	4.16	1.59
INTERLAGOS	79	1.75	3.75	13.74	4.18	12.91	15.67	4.98	2.16
ITAIM PAULISTA	57	3.00	6.40	36.92	3.25	35.72	40.42	8.81	2.85
MAG. TIÊTE	81	2.57	3.58	14.75	10.00	12.72	23.91	5.02	2.12
MOOCA	172	2.86	6.77	43.84	8.28	39.17	47.33	9.71	3.31
N. S. DO Ó	47	2.52	4.78	28.28	9.67	24.93	22.76	5.11	1.34
PINHEIROS	283	2.95	4.93	24.93	1.75	24.27	29.03	3.52	1.94
SANTO AMARO	187	2.53	5.08	25.05	2.27	24.15	35.87	3.22	1.52
USP IPEN	128	2.82	7.25	62.48	4.29	58.84	34.50	7.03	1.07

Fonte: elaborada pelo autor

Figura 03. Médias diárias de MP10, no ano de 2015, de 10 estações da CETESB na cidade de São Paulo/SP. No eixo X estão as estações e no eixo Y o MP10 selecionadas em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fonte: elaborado pelo autor, com informações contidas em CETESB, 2010.

CERQUEIRA CÉSAR

Localizada em uma zona nobre de São Paulo, com um IDHM muito alto, a região é também a maior em copa arbórea (68%) desse estudo, e menor índice de telhas (14%), caracterizando uma área com poucas construções e muito arborizada (Tabela 02). A estação de monitoramento do ar está ao lado da Avenida Prof. Lineu Prestes, que influencia as medições da estação em MP10, sendo os carros as principais fontes do poluente (Tabela 01). O Inventário Florestal (Tabela 03) mostra que apesar da região ter o maior número de indivíduos, não possui a maior diversidade de espécies (IS 2.72) e possui menor diâmetro de copa e DAP do que áreas com menor número de indivíduos, como Itaim Paulista (Tabela 3). Isso pode ser explicado ao analisar as espécies que compõe a paisagem do local, na Figura 4 estão as 10 principais espécies encontradas, sendo dominantes *Schefflera actinophylla* (Brassaia), um arbustivo de diâmetro de copa e DAP baixos, seguido de *Tabebuia sp.* (Ipê) e *Tibouchina sellowiana* (Quaresmeira).

Figura 04. Principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar de Cerqueira César, da CETESB, em São Paulo/SP.

Fonte: elaborado pelo autor.

COGONHAS

A estação de monitoramento encontra-se em uma área escolar e residencial, próxima a vias de trânsito que influenciam em suas medições de MP10 (Tabela 01), sendo o local um dos mais poluídos no ano de 2015 (Figura 02)

Em sua composição urbana, telhas e asfalto possuem 67% do uso do solo, enquanto árvores e relvado apenas 26% (Tabela 02), mesmo a microrregião possuindo um IDHM considerado muito alto (Tabela 01). Apesar de poucas árvores, apresenta diversidade de espécies, e alto diâmetro e m² de copa (Tabela 03), e tem como espécies arbóreas dominantes o Alfeneiro (*Ligustrum lucidum*), a Magnólia (*Magnólia sp.*) e o Pau-Formiga (*Triplaris brasiliiana*), espécies que normalmente alcançam um grande porte e possuem copas vastas (Figura 05).

Figura 05. As 10 principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar de Congonhas, da CETESB, em São Paulo/SP.

Fonte: elaborado pelo autor.

INTERLAGOS

Localizada em uma região de centros comerciais, com IDHM considerado muito alto (Tabela 01) a estação encontra-se em uma região com a maioria de sua área coberta por telhas, seguida de relvado e asfalto, com um baixo índice de cobertura arbórea (Tabela 02), composta pela menor diversidade de espécies, diâmetro e m³ de copa entre as estações (Tabela 03). A dominância de espécies dessa paisagem é dada por Palmeiras (*Roystonea sp.*), o que justifica copas pequenas e de baixo diâmetro, seguida por Merindiba (*Lafoensia glyptocarpa*) e Sibipirunas (*Caesalpinia pluviosa*) (Figura 06)

Figura 06. Todas as espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar de Interlagos, da CETESB, em São Paulo/SP.

Fonte: elaborado pelo autor.

ITAIM PAULISTA

Localizada na Zona Leste de São Paulo, seu IDHM está entre os mais baixos da pesquisa, classificado como alto (Tabela 01). Possui a maioria de sua cobertura urbana composta por telhas, seguido de copa arbórea (Tabela 02). Suas árvores são altas com elevado DAP e diâmetro de copa, características de uma composição mais madura; apresenta baixo número de indivíduos, porém uma alta diversidade de espécies (Tabela 03). As mais frequentes são o Oiti (*Licania tomentosa*), a Figueira (*Ficus Beijamina*) e o Alfeneiro (*Ligustrum lucidum*), espécies que quando não sofrem podas drásticas e tem seu crescimento conduzido corretamente, se tornam adultas de grande porte e DAP alto (Figura 07)

Figura 07. As 10 principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar de Itaim Paulista, da CETESB, em São Paulo/SP.

Fonte: elaborado pelo autor.

MARGINAL TIÊTE

Localizada em uma área de rodovia, não residencial, nas margens da Marginal Tiete, próximo a ponte dos remédios, a estação de monitoramento tem suas medições influenciadas pelo tráfego da rodovia e os bairros ao redor possuem em sua maioria um IDHM considerado alto (Tabela 01). A região é composta predominantemente por telhas e asfalto (87%), e o menor índice de cobertura arbórea observado (3%) (Tabela 02), caracterizando a área mais intensa em urbanização do estudo. Sua vegetação é composta por indivíduos de baixo diâmetro e m^2 de copa, e com maior índice de copa morta (10%), o que agrava ainda mais as árvores da região (Tabela 03). Suas espécies dominantes são Alfeneiro (*Ligustrum lucidum*), Ipê (*Tabebuia sp.*) e Palmeira (*Roystonea sp.*) (Figura 08). Como esperado a região apresenta os maiores índices de MP10, justamente por se localizar em uma das principais vias de acesso da metrópole de São Paulo, qual diariamente possui um tráfego

Figura 08. As 10 principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar da Marginal Tietê, da CETESB, em São Paulo/SP.

Fonte: elaborado pelo autor.

intenso, com ocorrência de congestionamentos (Figura 02).

MOOCA

Localizada na Zona Leste da cidade de São Paulo, entre os menores IDHMs do estudo (Tabela 01), a estação encontra-se na subprefeitura da Mooca, próximo a áreas escolares, com alto fluxo de pedestres, cercada de um amplo espaço de lazer público. É a segunda melhor região em arborização (44%) (Tabela 02), sendo a estrutura arbórea com as maiores médias observadas de altura total, altura de tronco, diâmetro de copa, e DAP, demonstrando uma vegetação alta, robusta em folhas e espessura de tronco, tendo muito provavelmente uma vegetação mais madura (Tabela 03). Suas espécies dominantes são Oiti (*Licania tomentosa*), Ipê (*Tabebuia sp.*) e Palmeiras (*Roystonea sp.*)

Figura 09. As 10 principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar da Mooca, da CETESB, em São Paulo/SP.

Fonte: elaborado pelo o autor.

(Figura 09)

NOSSA SENHORA DO Ó

Localizada na região Noroeste de São Paulo, com um dos menores IDHMs do estudo, classificado como médio, a estação de monitoramento da CETESB abrange um ambiente escolar e residencial (Tabela 01). Sua composição urbana é a que apresenta a maior ocupação do solo por telhas (64%) (Tabela 02) e o menor número de indivíduos arbóreos/arbustivos (Tabela 03), com alto índice de mortalidade que agrava ainda mais seus índices de arborização. As espécies dominantes são o Alfeneiro (*Ligustrum lucidum*), a Córdia (*Cordia sp.*) e o Oiti (*Licania tomentosa*) (Figura 10).

Figura 10. Dez principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar da Nossa Senhora do Ó, da CETESB, em São Paulo/SP.

Fonte: elaborado pelo autor.

PINHEIROS

Classificada com IDHM muito alto, a região apresenta dominância residencial, e encontra-se próxima a uma via que influencia as coletas da estação de monitoramento da qualidade do ar (Tabela 01), devido ao seu tráfego intenso torna a região uma das mais poluídas no ano de 2015 (Figura 02). A região apresenta dominância de cobertura do solo por copa arbórea (38%) (Tabela 02), com alto número de indivíduos, alta diversidade, e o menor índice observado de copa morta (Tabela 03), sendo as espécies predominantes: Palmeiras (*Roystonea sp.*), Sibipirunas (*Caesalpinia pluviosa*) e Mangueira (*Mangifera indica*) (Figura 11).

Figura 11. Des principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar de Pinheiros, da CETESB, em São Paulo/SP.

SANTO AMARO

Encontra-se na Zona Sul de São Paulo, com um IDHM muito alto, com predominância de uso do solo urbano por telhas (55%) (Tabela 2), possui alto número de indivíduos arbóreos/arbustivos e alto diâmetro de copa (Tabela 3). Sua arborização é composta principalmente por Pata-de-vaca (*Bauhinia rufa*), Ipê (*Tabebuia sp.*) e Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*), espécies que quando bem conduzidas, ou quando não sofrem podas drásticas e têm espaços adequados para seu crescimento, tendem a ter copas largas (Figura 12).

Figura 12. Principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar de Santo Amaro, da CETESB, em São Paulo/SP.

USP IPEN

A estação está localizada dentro do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, da Universidade de São Paulo – IPEN/USP, que fica no bairro do Butantã, o IDHM mais alto dentre os locais estudados (Tabela 01), com a paisagem dominada por asfalto e telhas (63%) (Tabela 02). A composição arbórea não é a mais alta em indivíduos, porém é a maior em diâmetro de copa e copa m² (Tabela 03), com espécies dominantes que justificam esse arranjo devido a formação de suas copas, sendo elas: Tipuana (*Tipuana tipu*), Leucena (*Leucaena leucocephala*), Ipê (*Tabebuia sp.*) Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*) (Figura 13).

A região apresentou menor índice de MP10 no ano de 2015, mesmo tendo alta porcentagem de asfalto e construções em sua composição urbana (Figura 02). Isso se justifica pelo IPEN apesar de

ser uma área pública, não permitir a livre circulação de pessoas, sendo que somente pessoas autorizadas podem adentrar o local, sendo que o asfalto não representa necessariamente um alto potencializador de MP10, nesse caso em específico.

Figura 13. As dez principais espécies que compõe o Inventário da estação de monitoramento da qualidade do ar de USP IPEN, da CETESB, em São Paulo/SP.

Análise estatística

Correspondendo os objetivos propostos inicialmente, foi desenvolvido um modelo estatístico a fim de avaliar a influência dos componentes urbanos nos índices de poluição, na cidade de São Paulo/SP. As informações utilizadas são os dados originais dessa pesquisa, sendo elas: a média da copa remanescente (Tabela 03), os índices de asfalto, telhas e relvado (Tabela 02); sendo uma observação para cada local de estudo, totalizando 10 observações. A Tabela 04 abaixo mostra as variáveis consideradas, as siglas, os sinais esperados na regressão (baseado na literatura, quando há estudos existentes), e a fonte dos dados.

Tabela 04. Variáveis utilizadas nas análises estatísticas, sigla, sinal esperado na equação, referência bibliográfica, fonte dos dados gerados.

VARIÁVEIS	SIGLA	SINAL ESPERADO	REFERÊNCIA	FONTE DE DADOS
COPA QUE SOBROU	m²CopaS	-	Mcpherson et al., 2011 Nowak et al., 2008 Baes III & MCLaughlin, 1984	Inventário Florestal completo
ASFALTO	%Asf	+	Nobre et al., 2010 CETESB, 2016	Feita pelo autor a partir de classificação supervisionada de imagens de satélite multiespectral
TELHAS	%Te	-		Feita pelo autor a partir de classificação supervisionada de imagens de satélite multiespectral
RELVADO	%Rel	+		Feita pelo autor a partir de classificação supervisionada de imagens de satélite multiespectral

Optou-se por uma regressão linear múltipla, que segundo Hoffmann (2015), é um modelo estatístico que se adequa quando aceitamos que o valor da variável condicionada é função linear de duas ou mais variáveis explicativas, estimando os parâmetros de acordo com o método dos mínimos quadrados, considerando as suposições que: (I) a variável dependente (Y_j) é função linear das variáveis explicativas; (II) os valores das variáveis explicativas são fixos; (III) $E(u) = 0$; (IV) os erros são homocedásticos; (V) os erros não são correlacionados entre si; (V) os erros tem distribuição normal.

Aplicando aos dados desse trabalho, temos a variável dependente Y (MP 10), que altera-se de forma unidimensional em relação as variáveis não dependentes X (copa de árvore, asfalto, telhas, relvado). O modelo proposto por esse estudo pode ser expresso pela Fórmula 1.

$$MP10_{i=} \beta_0 + \beta_1 \%Te + \beta_2 \%Asf + \beta_3 \%Rel + \beta_4 CopaRe \quad (1)$$

Sendo:

MP10 = média anual de Material Particulado de $10\mu\text{g}/\text{cm}^3$

%Te = porcentagem de Telha em relação a área total do buffer de influência

%Asf = porcentagem de Asfalto em relação a área total do buffer de influência

%Rel = porcentagem de Relvado em relação a área total do buffer de influência

CopaRe = Copa remanescente, em metros quadrados

O índice β_0 representa a constante da regressão, ou seja, o intercepto da reta com o eixo dos Y ; o índice i indica que o valor observado para a variável dependente está no i -ésimo nível da variável independente X ; e os $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ e β_4 são os coeficientes procurados da regressão, quais representam a variação de Y em função da variação de uma unidade da variável Y .

As séries de dados foram utilizadas em suas unidades de medida originais. A Tabela 05 mostra as análises detalhadas de cada variável, os valores de cada coeficiente, Teste T de significância e Teste F, R^2 e R^2 ajustado, sabendo-se que o número de observações é igual a 10 e o intervalo de confiança é de 95%.

Tabela 05. Resultados da Regressão Linear Múltipla, apresentando os valores dos coeficientes, valores de Teste T e P com intervalo de confiança de 95%.

Variável	Coefficiente	Teste T	P (95%)
%Te	0.044	0.55	0.60
%Asf	0.052	0.46	0.66
%Rel	-0.456	-3.79	0.01
m²CopaS	-0.299	-3.26	0.02
_cons	37.23	7.7	0.00
Teste F = 0.02 $R^2 = 0.84$ Adj $R^2 = 0.77$			

Pode observar que a variável Telhas e Asfalto possuem um P maior que 0.05%, logo pode-se dizer que eles não estão dentro do intervalo de confiança, não sendo para o modelo estatisticamente diferente de zero, sendo o oposto ocorre para Relvado e Copa.

Segundo o R^2 ajustado, 72% da variação de MP10 pode ser explicada pelas variáveis Copa e Relvado, demonstrando assim, juntamente com os testes F e T, a adequabilidade do modelo, que está dentro do intervalo de confiança, com os coeficientes significativos tendo os sinais esperados.

Diversos estudos apontam a utilização das copas arbóreas na retenção, filtração e/ou deposição de poluentes nas cidades, ajudando significativamente na melhora das condições do ar (BAES III AND MCLAUGHLIN, 1984; MCPHERSON et al., 2011; NOWAK, D. J. et al. 2013).

Um estudo realizado na cidade de Pequim comparou a atuação de 5 tipos de florestas urbanas, presentes em parques pela cidade, na redução de PM 2,5 do ar, e observou que esses diferentes sistemas florestais são capazes de captar e estocar a poluição, e que o *Grassland* não pode controlar ou reter as partículas de poluentes devido a sua estrutura vegetal rasteira, mas pode reduzir sua presença devido a maior circulação de ar que permite que o vento sopra a poluição do chão, levando-a novamente para a atmosfera (NGUYEN et al., 2015).

Glassland são ecossistemas que possuem dominância de gramíneas, com vegetação rasteira semelhante aos pampas brasileiros, representam 40% da cobertura terrestre (excluindo a Groelândia e a Antártica), e são ainda grandes depósitos de carbono que ajudam a amenizar o aquecimento global e fornecem áreas abertas com muito vento, utilizados inclusive para parques eólicos (WHITE et al., 2000; KELLIHER et al. 1993).

Pode-se comparar a função de remoção de poluentes dos gramados e áreas abertas urbanas, rotulada nesse estudo como a classe Relvado, com as funções encontradas pelo bioma *Grassland*, descritas por Nguyen et al. 2015, em Pequim, explicada principalmente pela sua formação espacial que nas grandes metrópoles representam áreas de grande circulação de vento em meio a verticalização urbana, limpando o ar e diminuindo a concentração de poluentes.

Assim, pode-se dizer que no aumento de 1% do Relvado, o MP10 irá diminuir $0.45 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, e no aumento de 1 m^2 de Copa, as quantidades de MP10 irão diminuir $0.29 \mu\text{g}/\text{cm}^3$.

3.4. Conclusão

As regiões que possuem a maior quantidade de indivíduos arbóreos não necessariamente apresentam os melhores serviços ecossistêmicos, sendo o índice de copa em m^2 e o diâmetro da

copa mais importantes, o que faz sentido ao passo que são nas folhas que acontecem a maioria das dinâmicas de troca entre árvore e atmosfera.

As regiões com maior IDHM não necessariamente são as que apresentaram maiores copas por m² e porcentagem de copa no uso do solo, sugerindo futuros estudos que utilizem de outros indicadores sociais e econômicos que possam explicar mais profundamente o resultado dessa relação. O que se sugere também para os índices de MP10 e Asfalto, gerando pesquisas que modelem melhor a dependência existente, que é esperada, sendo os carros o principal emissor na cidade de São Paulo.

Copa arbórea/arbustiva e Relvado podem ser utilizados como ferramentas eficientes na gestão pública da cidade de São Paulo, no combate à poluição por Material Particulado de 10µm.

Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO – ANTP. **Frota de veículos em São Paulo bate recorde de crescimento em 2013 nos últimos três anos.** 15/02/2014. Disponível em: <http://www.antp.org.br/website/noticias/ponto-de-vista/show.asp?npgCode=A606E53D-D751-427D-99B6-C129849F771A>. Acesso em: 31/03/2015.

Atlas Brasil. **Ranking São Paulo 2010.** Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking>. Acesso em 21/09/16.

BAES III, C. F.; MCLAUGHLIN, S. B. Trace elements in tree rings: evidence of recent and historical air pollution. **Science**, v. 224, n. 4648, p. 494-497, 1984.

CITY AIR QUALITY TRENDS. **EarthWhatch Global Environment Monotoring System.** GEMS/Air Data, v.01, 1996.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB a. **Poluentes.** Disponível em: <http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>. Acesso em 25 mar. 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB b. **Configuração da Rede Automática.** Disponível em: <http://ar.cetesb.sp.gov.br/configuracao-da-rede-automatica/>. Acesso em 25 mar. 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Aquisição de dados da qualidade do ar - **QUALAR**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/exportaDados.do?method=pesquisarInit>. Acesso em: 22 abr. 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Emissões veiculares no estado de São Paulo**, p. 214, 2016. Disponível em: <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/RelatorioEmissoesVeiculares-2015-subst-201016.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Classificação da representatividade espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB no estado de São Paulo - segunda etapa**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://ar.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/relatorio-classificacao-M1.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Sistema de informações da qualidade do ar**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/32-qualar>>. Acesso em: 13 out. 2012

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Qualidade do ar no estado de São Paulo**, p. 165, 2015.

EUA. US GOVERNMENT PRINTING OFFICE. **Electronic Code of Federal Regulations (eCFR)**. Title 40 - Protection of Environment, Chapter I – Environmental Protection Agency, Subchapter C -- Air Programs, Part 58 – Ambient Air Quality Surveillance, Appendix E to Part 58 - Probe and Monitoring Path Siting Criteria for Ambient Air Quality Monitoring. USEPA 40CFR – Ch.I (7-1-91 Edition). Disponível em: <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=965b563bb1ce68e58bc2a3d4f48a9f6d&r=PART&n=40y6.0.1.1.6>. Acesso em: 05 nov. 2015.

FORNARO, A. Águas de chuva: conceitos e breves históricos. Há chuva ácida no Brasil? **REVISTA USP**, São Paulo, n.70, p. 78-87, 2006.

GOUVEIA, N. *et al.* Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n.12, p. 2669-2677, 2006.

HOFFMANN, R. *Análise de regressão: uma introdução à econometria* [recurso eletrônico]. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015. Disponível em: <http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/48616/REGRESS.pdf?sequence=5>. Acesso em: 22/02/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>. Acesso em: 02/04/2015

I-TREE Eco. **User's manual**, p. 239, v.20, 2008. Disponível em: www.itreetools.org/resource_learning_center/elements/i-Tree_v20_UsersManual.pdf Acesso em: 23 out. 2015.

MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press, p. 179, 1988.

MCPHERSON, E. G. *et al.* Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment. **Landscape and Urban Planning**, v. 99, n. 1, p. 40–50, 2011.

NOBRE, C.A.; YOUNG, A. F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J. A.; ALVES JR., S.; MOREIRA DA SILVA, G.C., LOMBARDO, M. **Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas**. Região Metropolitana de São Paulo – Sumário executivo. Junho/2010. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf. Acesso em: 01 abr. 2015.

NOWAK, D. J. *et al.* Modeled PM 2.5 removal by trees in ten US cities and associated health effects. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 395–402, 2013.

NOWAK, D.J. Institutionalizing urban forestry as a “biotechnology” to improve environmental quality. **Urban Forestry & Urban Greening**, p. 93-100, 2006.

NOWAK, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 4, p. 15-123, 2006.

NOWAK, D.J., Dwyer, J.F. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. **Urban and Community Forestry in the Northeast**. Plenum Publishers, New York, p. 11-25. 2000

NOWAK, David J. and CRANE, D. E. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: quantifying urban forest structure and functions. **IntegratedTools Proceedings**. Boise, Idaho, p. 16-20. 1998.

NOWAK, David J., Crane, D. E., Stevens, J. C., Hoehn, R. E., Walton, J. T., & Bond, J. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 34, n. 6, p. 347-358, 2008.

PEREIRA, L.A.A.; LOOMIS, D.; CONCEIÇÃO, G. M.S.; BRAGA, A. L.F.; ARCAS, R. M.; KISHI, H. S.; SINGER, J. M.; BOHM, G. M.; SALDIVA, P. H. N. Association between Air Pollution and Intrauterine Mortality in Sao Paulo, Brazil. **Environmental Health Perspectives**, v.106, n. 6, 1998.

QUARG - Quality of Urban Air Review Group. Third Report to the Department of the Environment. Airborne Particulate Matter in the United Kingdom. HMSO, London. 1996.

SAMET, J.M.; DOMINICI, F.; CURRIERO, F. C.; COURSAK, I.; ZEGER, S. L. Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 U.S. Cities, 1987–1994. **The new England Journal of Medicine**, v. 343:1742-1749, n. 24, 2000.

SÃO PAULO. Decreto Nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo. 24, Abril, 2013.

SILVA FILHO, D.F.; PIVETTA, K. F. L.; COUTO, H. T. Z. do; POLIZEL, J. L. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **SCIENTIA FORESTALIS**, n. 67, p.88-100, abr. 2005

SILVA FILHO, D.F. Videografia aérea multiespectral em silvicultura urbana. **AMBIÊNCIA**, v. 2, p. 55-68, 2006.

SOAVE JUNIOR, M.A.; ARANTES, B.L.; ABREU, R.N.; OLIVA, G.T.; POLIZEL, J.L.; SILVA FILHO, D.F. Comparação entre métodos de diagnóstico de árvores em vias públicas. **Circular Técnica IPEF**, n.210, p. 01-14, março de 2017.

STIEB, D. M.; JUDEK, S.; BURNETT, R. T. Meta-Analysis of Time-Series Studies of Air Pollution and Mortality: Effects of Gases and Particles and the Influence of Cause of Death, Age, and Season. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 52, 2002.

THE NEW YORK TIMES. **Paris Hit by Air Pollution Spike, Halves Cars on Roads**. March 21, 2015, 10:58 A.M. E.D.T. Disponível em: http://www.nytimes.com/aponline/2015/03/21/world/europe/ap-eu-france-pollution.html?_r=0. Acesso em: 25 mar. 2015.

KELLIHER, F. M.; LEUNING, R.; SCHULZE, E. D. Evaporation and canopy characteristics of coniferous forests and grasslands. **Oecologia**, v. 95, n. 2, p. 153-163, 1993.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

WETHERBASE, 2015. **São Paulo, São Paulo**. Disponível em: <http://www.weatherbase.com/weather/weather-summary.php3?s=8738&cityname=S%E3o+Paulo%2C+S%E3o+Paulo%2C+Brazil&units=>. Acesso em: 25 mar. 2015.

WHITE, R., MURRAY, S.; ROHWEDER, M. Pilot analysis of global ecosystems: Grassland ecosystems. World Resources Institute, Washington, p 100, 2000.

WORD HEALTH ORGANIZATION (WHO)/INTERNATIONAL AGENCY FOR RESERCH ON CANCER (IARC). **IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths**. Press release n° 221. 17 October 2013. Disponível em: http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf. Acesso em: 25 mar. 2015.

4. A RELAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COM CASOS DE NEOPLASIA MALIGNA DE PULMÃO, NA CIDADE DE SÃO PAULO

Resumo

Áreas verdes, como praças, canteiros, árvores nas calçadas, aumentam a qualidade de vida e a saúde da população urbana, diminuindo complicações cardio-metabólicas, depressão, ansiedade e estresse, melhorando condições pré-natais de peso e evitando nascimentos prematuros, entre outros. Dentro desse panorama, esse estudo buscou avaliar a relação do uso e da ocupação do solo urbano de uma metrópole, com casos de Câncer de Pulmão em idosos. Cerca de 17% da variação dos casos de Neoplasia podem ser explicados pelas variáveis consideradas, pode-se afirmar que a cada 1% de distância que se toma do centro da cidade de São Paulo, diminui-se 1.566% nos; com o aumento 1% de Relvado, diminui 1.247%; e com o aumento de 1% nas telhas, acrescenta-se 6.352% - nos casos de falecimento por Neoplasia maligna em idosos.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo; Neoplasia maligna pulmão; Urbanização

Abstract

Green areas, such as squares, flowerbeds, trees on the sidewalks, increase the quality of life and health of the urban population, reducing cardio-metabolic complications, depression, anxiety and stress, improving prenatal conditions and avoiding premature births, among others. Within this panorama, this study sought to evaluate the relationship between the use and occupation of the urban soil of a metropolis, with cases of Lung Cancer in the elderly. About 17% of the variation in the cases of Neoplasia can be explained by the variables considered, it can be affirmed that every 1% of distance that is taken from the center of the city of São Paulo, decreases 1,566% in the. With the increase of 1% of Relvado, decreases 1,247%; And with a 1% increase in tiles, it adds up to 6,352% - in cases of death due to malignant neoplasm in the elderly.

Keywords: Land use and land cover; Malignant neoplasm lung; Urbanization

4.1. Introdução

Megacidades são notáveis em sua importância econômica, e na concentração da população em seu limitado tamanho, sendo atualmente 28 cidades espalhadas pelo mundo, onde moram 1 a cada 8 habitantes urbanos, e representam 12% da população mundial. São Paulo está em as cinco maiores cidades do mundo e tem projeções para em 2030 possuir cerca de 23,5 milhões de habitantes, transformando-se em uma “meta” ou “hiper” cidade – aquelas com mais de 20 milhões (United Nations, 2014)

Um estudo multidisciplinar realizado na cidade, indica que essa expansão urbana ocorrerá principalmente em regiões periféricas frágeis, com áreas de deslizamento e de várzeas, através o uso irregular dos recursos naturais (desmatamento, poluição rios), aumentando os riscos de enchentes, inundações, deslizamentos, e associadas a esse quadro, o aumento da temperatura, inversões térmicas, ilhas de calor e maior concentração de poluentes, que geram impactos significativos nos

casos de doenças respiratórias, alterações na regulação endócrina e do sono, pressão arterial e estresse, atingindo principalmente a população abaixo de 5 anos e acima de 65 (NOBRE *et al.* 2010).

Um fenômeno decorrente da intensa urbanização na cidade de São Paulo é a verticalização, qual pode ser definido pela relação do capital imobiliário associado ao espaço urbano e sua influência no histórico da ocupação horizontal e vertical nas zonas centrais e periféricas da cidade; historicamente, deslocou-se as classes mais baixas as zonas periféricas, o que se fez valorizar a região central, que iniciou as substituições das habitações tradicionais por prédios, qual agregaram maior valor econômico e juntam um maior número de pessoas em um menor espaço (SOUZA, 1994). Isso gera uma clara divisão espacial por classes sociais, problemas de deslocamento, violência, agravamento da pobreza, além de problemas arquitetônicos como inversões térmicas, cânions urbanos, má circulação do ar, adensamento populacional, ilhas de calor, entre outros (PEARLMUTTER *et al.*, 1999; ARNFIELD 2003).

Estudos demonstram que o custo em se plantar e manter uma floresta urbana, é significativamente menor do que os serviços ecossistêmicos que elas proveem como economia de energia pelo controle térmico, absorção de carbono, absorção e retenção dos poluentes do ar, redução de escoamento de águas pluviais e inundações, ameniza o barulho urbano, abriga animais selvagens, além de oferecer lugares mais confortáveis, esteticamente agradáveis e saudáveis para se viver (MCPHERSON, 1992; DWYER *et al.* 1992).

Em outubro de 2013 a *International Agency for Research on Cancer* (IARC), uma organização da *World Health Organization* (WHO), tornou pública uma declaração de que a poluição do ar exterior (ambientes abertos) é carcinogênica aos humanos; depois de uma minuciosa revisão da literatura científica dos últimos anos, a instituição concluiu que há suficientes evidências que exposições a poluição do ar causam câncer de pulmão e aumentam os riscos de câncer de bexiga.

Áreas verdes (praças, canteiros, árvores nas calçadas) aumentam a qualidade de vida e a saúde da população urbana, diminuindo complicações cardio-metabólicas, depressão, ansiedade e estresse, melhorando condições pré-natais de peso e evitando nascimentos prematuros, entre outros (GRAZULEVICIENE *et al.*, 2015; BEYER *et al.*, 2014; KARDAN, 2015). Dentro desse panorama, esse estudo buscou avaliar a relação do uso e da ocupação do solo urbano de uma metrópole, com casos de Câncer de Pulmão em idosos.

4.2. Materiais e métodos

O estudo foi realizado na cidade de São Paulo, que no ano de 2010 possuía 11.895.893 habitantes, em uma extensão territorial de 1.521,110 km², representando a maior metrópole brasileira, responsável sozinha por cerca de 12% do PIB nacional (IBGE, 2010).

Os dados foram gerados a partir da divisão territorial por Distritos Administrativos (DA), que são organizados pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano (Info Cidades, 2016), e totalizam 96 locais, ilustrados na Figura 01.

A partir de uma imagem multiespectral do satélite WorldView-2, de alta resolução, foi quantificado o uso e ocupação das superfícies urbanas, no ano de 2010, mapeadas por meio do método de classificações automáticas supervisionadas nos softwares livres MultiSpec e Quantum Gis, como demonstra Silva Filho *et al.*, 2005 e 2006.

Para avaliar estatisticamente a exatidão do mapeamento temático será utilizado o Índice de Kappa (K), descrito em Landis e Koch (1977) e Moreira (2004), a fim de validar a aceitação ou rejeição da classificação, bem como comparar a qualidade dos resultados entre as imagens multiespectrais da videografia aérea em relação às imagens captadas pelo satélite de interesse. A aceitação ocorre quando K é maior que 80%, sendo ele obtido por meio das Fórmulas 1, 2 e 3.

$$K = \frac{Po - Pc}{1 - Pc} \quad (1)$$

$$Po = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad (2)$$

$$Pc = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} n_{+i}}{N^2} \quad (3)$$

Nas quais,

Po = exatidão geral;

Pc = proporção de unidades que concordam por casualidade;

M = número de classes presentes na matriz de erro;

n_{ij} = número de observações na linha i e coluna j;

n_{i+} e n_{+i}, os totais marginais da linha i e da coluna j, respectivamente;

N = número total de unidades amostrais contempladas pela matriz.

Serão avaliados diferentes métodos estatísticos de agrupamento dos dados para classificação temática por meio da comparação das matrizes de erro em cada classe.

Também foi gerada a distância geográfica do centro de cada DA do centro geográfico da cidade de São Paulo, através do software Quantum Gis, pela ferramenta Matriz de distância padrão, qual permite medir distâncias entre dois pontos de uma camada, os resultados saem como matriz de distâncias.

Dados epidemiológicos de falecimentos ocorridos no ano de 2008, por Neoplasia Maligna Brônquios ou pulmões, foram fornecidos pelo Programa de Aprimoramento das Informações de Mortalidade - PRO-AIM, órgão da prefeitura de São Paulo, e deles foram selecionados a população de paulistanos acima 60 anos, considerados idosos. Para saber quão representativa é a amostra em

cada um dos Distritos Administrativos, e eliminar a influência das diferentes dimensões populacionais, foi gerada uma porcentagem de Casos por Distrito Administrativo (CDA), como demonstra a Fórmula 4.

$$CDA = \text{númerodecasos DA/população DA acima 60 anos} \quad (4)$$

CDA é gerada por meio da divisão do número de casos no distrito, pela população total de idosos do distrito, segundo o seu censo de 2010 (IBGE, 2010).

Levantados, os dados foram inseridos no software estatístico Stata versão 14.0, para analisar a influência do uso e ocupação do solo urbano e distância do centro da metrópole, na distribuição espacial dos casos de mortes em idosos, por Neoplasia Maligna Brônquios/pulmões, por meio de modelos gerados por regressões estatísticas.

4.3. Resultados e discussões

A cidade de São Paulo, no ano de 2010, possuía 34% do solo ocupado por copas arbóreas, 14% por relvado, 12% por asfalto e 31% por telhas (clara, escura, cinza, cerâmica); demais valores e a divisão das classificações por DA encontra-se no Apêndice 1.

Pode-se observar que os quatro distritos mais arborizados são Marsilac (58%), Anhanguera e Parque do Carmo (53%) e Tremembé (50%) onde mais da metade de seu solo é coberto por copas; já os menos arborizados são o de Água Rasa e Aricanduva, com 10%, República com 9% e Brás com 5%.

Analisando os dados por Região, dentre os 10 distritos menos arborizados, 3 compõe a região central da cidade (República, Sé, Santa Cecília) e 1 é localizado na região vizinhas, DA Brás. Já dentre os 10 mais arborizados, nenhum deles se encontram na região central, sendo que 6 deles se encontram no limite periférico da cidade, como por ex. Marsilac, Anhanguera, Tremembé, quais também estão entre os municípios mais distantes do centro geográfico, com 32181 m, 28410 m, e 26474 m, respectivamente (Apêndice 1). O distrito que está entre os mais próximos do centro geográfico de São Paulo e ainda sim mantém a arborização é o Morumbi (8517m e 43% copa arbórea)

Figura 01. Divisão territorial da cidade de São Paulo por Regiões, Subprefeituras e Distritos.

Já os entre os 10 distritos que mais apresentam sombra, 6 são compõe a região central (República, Sé, Bela Vista, Consolação, Santa Cecília, Liberdade) e 2 regiões imediatamente

adjacentes (Vila Mariana, Jardim Paulista), ao contrário ocorre com as regiões com menos sombra, que são mais periféricas. Sombras podem ser justificadas pelo uso e ocupação histórico na cidade de São Paulo, qual apresenta atualmente uma urbanização verticalizada nas regiões centrais, com o domínio de prédios altos, utilizados principalmente para fins comerciais; o inverso ocorre na periferia que possui uma urbanização mais horizontal (SOUZA, 1994).

Conforme os resultados das outras classes, os DA que mais possuem relvado, em média 25% da cobertura do solo, são os de Parelheiros, Marsilac, Grajaú e Jardim Ângela; os mais “asfaltados”, por volta de 30%, são os DA de São Mateus, Aricanduva, Cidade Líder e Sapopemba; os que mais apresentam Rios ou Lagos, cerca de 20%, são os DA de Socorro, Pedreira, Jardim São Luís e Cidade Dutra; e por fim os que mais apresentam telhas, cerca de 66% do solo urbano, são os DA do Brás, Vila Curuçá, Itaim Paulista e Cidade Ademar.

Esses dados nos mostram que regiões mais próximas tanto ao centro regional, quanto ao centro geográfico da cidade de São Paulo, tendem a ter um uso e ocupação do solo com menos copas arbóreas e mais sombras, e em contrapartida, regiões mais periféricas tendem a ter mais arborização e menos sombreamento.

Já no diagnóstico dos casos clínicos, a cidade de São Paula conta com aproximadamente 831.655 habitantes cima dos 60 anos, quais destes, 474 faleceram por Neoplasia Maligna de pulmões ou brônquios, no ano de 2008, o que representa 0.06 % da população de idosos (Apêndice 2)

Analisando por Distrito Administrativo, nota-se que os que apresentaram os maiores índices de CDA foram: Vila Andrade, Pari, Freguesia do Ó e Mandaqui, e os locais que apresentaram os menores foram Barra Funda, São Rafael, Vila Leopoldina e Jaguaré, sendo que Brás e Marsilac apresentaram zero casos.

A fim de avaliar mais efetivamente, o impacto das variáveis do uso e da ocupação do solo urbano paulistano na ocorrência de casos de saúde pública, foi desenvolvido um modelo matemático, a partir de uma regressão linear múltipla. A variável dependente avaliada é a Neoplasia Maligna Brônquios ou pulmões, em idosos, e as variáveis independentes são os resultados dos Apêndices 1 e 2. As séries de dados foram todas transformadas em logaritmos, desta forma os valores dos coeficientes estimados podem ser interpretados com elasticidade, exceto a variável Copa Arbórea, que está em valores de metros quadrados.

O modelo proposto por esse estudo pode ser expresso pela fórmula:

$$i = \alpha_0 + \alpha_1 DLN + \alpha_2 RLN + \alpha_3 TLN + \alpha_4 Copa \quad (5)$$

Sendo:

DLN: Distância do centro do distrito até o centro da cidade de São Paulo;

RLN: Dados do uso e ocupação do solo por Relvado;

TLN: Dados do uso e ocupação do solo por Telha clara, escura, cinza e cerâmica;

Copa: Dados do uso e ocupação do solo por Copa Arbórea, em m²;

A Tabela 01 apresenta os valores dos coeficientes, valor do Teste T e seus valores P. Pode observar que todas as variáveis possuem um P menor que 0.05%, logo pode-se dizer que suas variações afetam a variação de Neoplasias, dentro de um intervalo de confiança de 90%, e que todas apresentam o sinal do coeficiente esperado. Pode observar que todas as variáveis possuem um P menor que 0.05%, logo, suas variações afetam os índices de Neoplasias, dentro de um intervalo de confiança de 90%, sendo que todas apresentam o sinal do coeficiente esperado.

Tabela 01. Resultados da regressão linear múltipla, apresentando os valores dos coeficientes, valores de Teste T e P com intervalo de confiança de 90%.

Fonte: elaborado pelo autor.

Variável	Coeficiente	Teste T	P (90%)
DLN	-1.566	-1.66	0.10
RLN	-1.247	-1.78	0.08
TLN	6.352	3.82	0.00
Copa	-1.14E-07	-2.06	0.04
_cons	-52.944	-2.23	0.03
Teste F = 0.00 R ² = 0.20 Adj R ² = 0.17			

Os coeficientes Telha (TLN) = 6.352 e Distância (DLN) = -1.566, constata-se que regiões mais centrais da cidade de São Paulo possuem maior adensamento, oferecendo a população um ambiente com mais construções, menos áreas verdes, maior quantidade de fatores estressantes e deletérios a saúde humana. Resultados como o trabalho de Pearlmutter et al., em 1999, demonstram que em *designers* urbanos mal planejados, que apresentam alta verticalização e adensamento, podem apresentar o fenômeno conhecido como cânions urbanos, onde no verão apresentam horas noturnas de superaquecimento com stress hídrico, e como clima desérticos, áreas chamadas de “ilhas geladas” quais são contrastes, pois não recebem luz solar durante o dia e são mais frias que as outras regiões.

Já o coeficiente Relvado (RLN) = -1.247, pode ser justificado pela relação com áreas abertas, oposta a verticalização e adensamento, qual permitem que haja maior circulação de ventos, que ajudam na diminuição das temperaturas, como observado em pesquisas na Nova Zelândia, onde devido estruturas urbanas abertas, havia uma redução da temperatura local que evitava a formação

de ilhas de calor (ARNFIELD, 2003). Além de representarem praças e áreas verdes no espaço urbano, que estão relacionadas a melhora na saúde humana, como mostra o estudo realizado no Canadá por KARDAN, em 2015, onde pessoas que moram em bairros com alta densidade de espaços verdes e árvores apresentam diminuições significativas em problemas cardio-metabólicos, e a melhora na sua percepção de saúde é comparável ao aumento na sua renda em \$10,000, ou como se fosse 7 anos mais jovem

O coeficiente Copa Arbórea (Copa) apresentou um coeficiente com valor próximo a zero, porém com o sinal esperado; acredita-se que os dados de copa de árvores gerada pelas imagens de satélite ainda precisam ser aprimorados para poderem apresentar resultados mais significativos nos modelos.

Segundo o R^2 ajustado, 17% da variação dos casos de Neoplasia podem ser explicados pelas variáveis consideradas, o que está dentro dos valores esperados, sabendo-se que para gerar um modelo mais forte é necessário que se inclua dados que possuem alta influência em saúde, como índices de qualidade de vida (renda, índices de desenvolvimento humano), dados meteorológicos (qualidade do ar, temperatura, direção dos ventos), e que se priorize estudos com enfermidades não malignas, como doenças respiratórias, podem estar mais diretamente ligadas a fatores fenotípicos, amenizando a influência da hereditariedade genética.

Assim, pode-se dizer que a cada 1% de distância que se toma do centro da cidade de São Paulo, diminui-se 1.566% nos casos de Neoplasia; com o aumento 1% de Relvado, diminui 1.247%; e com o aumento de 1% nas telhas, acrescenta-se 6.352% nos casos de falecimento por Neoplasia maligna em idosos.

4.4. Conclusão

As regiões centrais da cidade de São Paulo possuem os menores índices de arborização urbana, maior sombreamento devido a verticalização, e maior quantidade de construções, o que gera um ambiente desfavorável a saúde da população paulistana. É notável que as áreas verdes vêm perdendo espaço, pressionadas pelo acelerado crescimento da cidade, e que seus remanescentes periféricos correm sérios riscos de desaparecerem se não bem manejados.

Áreas abertas de relvado, como praças, campos e jardins, assim como a presença de árvores, podem ser considerados como fatores que favorecem a saúde da população de idosos, e estes ambientes são encontradas quando mais distantes do centro.

Referências

ARNFIELD, A.J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International journal of climatology**, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2003.

BEYER, K. M. M.; KALTENBACH, S.; BOGAR, S.; NIETO, F.; MALECKI, K.KM. Exposure to neighborhood green space and mental health: Evidence from the survey of the health of Wisconsin. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 3, p. 3453–3472, 2014.

CASEY, J. A. *et al.* Greenness and birth outcomes in a range of Pennsylvania communities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 3, 2016.

DWYER, J. F.; MCPHERSON, E. G.; SCHROEDER, H. W.; ROWNTREE, R. A. Assessing the benefits and costs of the urban forest. **Journal of Arboriculture**, 18, 227-227. 1992

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESERCH ON CANCER (IARC) / WORD HEALTH ORGANIZATION. **IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths**. PRESS RELEASE N° 221, 2013. Disponível em: http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf. Acesso em: 27 Set. 2015

INFOCIDADES. Regiões, Subprefeituras e Distritos, Município de São Paulo. Disponível em: http://infocidade.prefeitura.sp.gov.br/mapas/3_regioes_subprefeituras_e_distritos_2014_10338.pdf. Acesso em: 09 nov. 2016

KARDAN, O.; GOZDYRA, P.; MISIC, B.; MOOLA, F.; PALMER, L.J.; PAUS, T.; BERMAN, M.G. Neighborhood greenspace and health in a large urban center. **Scientific Reports**, v. 5, p. 11610, 2015.

MCPHERSON, E. Gregory. Accounting for benefits and costs of urban greenspace. **Landscape and Urban Planning**, v. 22, n. 1, p. 41-51, 1992.

NOBRE C.A.; YOUNG, A.F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J.A.; NOBRE, A.D.; ALVES JR., S.; SILVA, G.M.C.; LOMBARDO, M. Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras as Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo, Relatório Final. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE**, Sumário executivo, p.32, 2010.

PEARLMUTTER, D; BITAN, A; BERLINER, P. Microclimatic analysis of “compact” urban canyons in an arid zone. **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 24, p. 4143-4150, 1999.

SILVA FILHO, D.F.; PIVETTA, K. F. L.; COUTO, H. T. Z. do; POLIZEL, J. L. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Florestalis**, n. 67, p.88-100, abr. 2005

SILVA FILHO, D.F. Videografia aérea multiespectral em silvicultura urbana. **Ambiência**, v. 2, p. 55-68, 2006.

SOUZA, M. A. A. A identidade da metrópole: a verticalização em São Paulo. **Coleção Estudos urbanos**, Editora Hucitec, v. 08, p. 257, 1994.

United Nations. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, **Department of Economic and Social Affairs**, Population Division, p.517, Nova Iorque, 2015.

GRAZULEVICIENE, R.; DANILEVICIUTE, A.; DEDELE, A.; VENCLOVIENE, J.; ANDRUSAITYTE, S.; UŽDANAVICIUTE, I.; NIEUWENHUIJSEN, M.J. Surrounding greenness, proximity to city parks and pregnancy outcomes in Kaunas cohort study. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 218, n. 3, p. 358-365, 2015.

PRO-AIM - **Programa de Aprimoramento das Informações de Mortalidade**. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/epidemiologia_e_informacao/mortalidade/index.php?p=29586. Acesso em 07/07/2016.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

MOREIRA, A.M. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. **Viçosa, Brasil**: Editora UFV, 2004.

Apêndice A

Tabela 2. Uso e ocupação do solo, realizado por meio de classificação de imagem do satélite X, de alta resolução, multiespectral, do ano de 2010, da cidade de São Paulo/SP, por distritos administrativos. Resultados das classes apresentados em metros quadrados (M²) e em porcentagem (%).

DA	COPA (M ²)	(%)	RELVADO (M ²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M ²)	(%)	ASFALTO (M ²)	(%)	SOMBRA (M ²)	(%)	RIO/LAGO (M ²)	(%)	PISCINA (M ²)	(%)	TELHAS (M ²)	(%)
ÁGUA RASA	744958	10	100295	1	8216	0.1	1456782	20	471263	7	20403	0.3	1149	0.0	4369848	61
ALTO PINHEIROS	DE 3004723	40	693412	9	87575	1.2	738793	10	525853	7	35241	0.5	5349	0.1	2366428	32
ANHANGUERA	17831427	53	5984621	18	461515	1.4	2187852	7	1290210	4	241196	0.7	202026	0.6	5311136	16
ARICANDUVA	706216	10	195687	3	14306	0.2	2173546	31	319166	5	8854	0.1	375	0.0	3527946	51
ARTUR ALVIM	998571	15	246190	4	31383	0.5	1556949	24	463173	7	4998	0.1	2773	0.0	3199250	49
BARRA FUNDA	954591	16	324944	6	5430	0.1	1163101	20	445879	8	119283	2.0	8057	0.1	2837394	48
BELA VISTA	505872	19	56687	2	3181	0.1	398939	15	560480	21	15030	0.6	726	0.0	1179229	43
BELÉM	763253	13	159378	3	7573	0.1	894855	15	494279	8	92173	1.5	5024	0.1	3638363	60
BOM RETIRO	581356	14	87252	2	2872	0.1	628820	15	440661	10	123338	2.9	3271	0.1	2353586	56
BRÁS	191806	5	32063	1	2301	0.1	511288	14	417676	12	8203	0.2	0	0.0	2461190	68

DA	COPA (M²)	(%)	RELVADO (M²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M²)	(%)	ASFALTO (M²)	(%)	SOMBRA (M²)	(%)	RIO/LAGO (M²)	(%)	PISCINA (M²)	(%)	TELHAS (M²)	(%)
BRASILÂNDIA	8379964	40	2618255	12	5674	0.0	2041087	10	1335043	6	30446	0.1	325	0.0	6669485	32
BUTANTÃ	4910839	38	994431	8	96404	0.7	1746496	13	1054388	8	130407	1.0	8825	0.1	4010814	31
CACHOEIRINHA	5186605	38	1875155	14	21682	0.2	1957237	14	754799	6	25403	0.2	24579	0.2	3696992	27
CAMBUCI	532824	14	82924	2	425	0.0	608602	16	257298	7	8378	0.2	1625	0.0	2433060	62
CAMPO BELO	2075952	24	419995	5	43491	0.5	1763202	20	738851	8	37888	0.4	3151	0.0	3684590	42
CAMPO GRANDE	3203506	25	1246184	10	17856	0.1	1741986	13	574124	4	34737	0.3	3301	0.0	6154194	47
CAMPO LIMPO	3153012	25	774068	6	19077	0.2	1175878	9	389595	3	5401	0.0	2600	0.0	7063187	56
CANGÁIBA	4762735	29	1921089	12	69490	0.4	3305584	20	764586	5	810611	4.9	6045	0.0	4957515	30
CAPÃO REDONDO	2888293	21	802455	6	7372	0.1	1356586	10	330912	2	10122	0.1	1624	0.0	8354416	61
CARRÃO	922583	12	329911	4	28271	0.4	2223368	28	557375	7	21091	0.3	4578	0.1	3819292	48
CASA VERDE	1090719	15	176705	2	8472	0.1	1520147	21	380880	5	29217	0.4	2149	0.0	3993035	55
CIDADE ADEMAR	1955274	16	291524	2	9496	0.1	1888163	15	370457	3	6822	0.1	2274	0.0	7810540	63
CIDADE DUTRA	6535880	23	4648724	17	117517	0.4	2297553	8	338304	1	5120274	18.3	31955	0.1	8879398	32

DA	COPA (M²)	(%)	RELVADO (M²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M²)	(%)	ASFALTO (M²)	(%)	SOMBRA (M²)	(%)	RIO/LAGO (M²)	(%)	PISCINA (M²)	(%)	TELHAS (M²)	(%)
CIDADE LÍDER	2151019	21	499037	5	90238	0.9	3109823	30	519794	5	13506	0.1	275	0.0	3976025	38
CIDADE TIRADENTES	3951493	26	1805453	12	159291	1.1	2936576	20	558292	4	58341	0.4	46038	0.3	5420795	36
CONSOLAÇÃO	1138873	30	185648	5	15458	0.4	448112	12	724595	19	31416	0.8	5953	0.2	1257071	33
CURSINO	4996869	42	243174	2	24302	0.2	1769453	15	506876	4	122838	1.0	1075	0.0	4368122	36
ERMELINO MATARAZZO	2398037	26	274342	3	23960	0.3	2301439	25	678515	7	77808	0.8	25	0.0	3631128	39
FREGUESIA DO Ó	2082461	19	372288	3	13577	0.1	1766966	16	621358	6	14902	0.1	2050	0.0	6145047	56
GRAJAÚ	29218102	32	22193996	24	617600	0.7	5433699	6	1630855	2	12913273	13.9	5527419	6.0	15153647	16
GUAIANASES	2347933	26	838594	9	61671	0.7	1946694	22	326679	4	10049	0.1	3175	0.0	3408235	38
IGUATEMI	7725529	39	2810303	14	128208	0.7	3115841	16	574613	3	48577	0.2	105257	0.5	5066437	26
IPIRANGA	1728554	16	267613	2	21793	0.2	2317129	21	853828	8	26616	0.2	8847	0.1	5777682	53
ITAIM BIBI	1709142	17	330468	3	25756	0.3	2147105	21	1753389	17	142050	1.4	5621	0.1	3915289	39
ITAIM PAULISTA	2217149	18	522031	4	9379	0.1	1110365	9	342486	3	1376	0.0	1726	0.0	7920645	65
ITAQUERA	2527824	17	655981	4	89472	0.6	3134721	21	597597	4	9553	0.1	1325	0.0	7724192	52

DA	COPA (M²)	(%)	RELVADO (M²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M²)	(%)	ASFALTO (M²)	(%)	SOMBRA (M²)	(%)	RIO/LAGO (M²)	(%)	PISCINA (M²)	(%)	TELHAS (M²)	(%)
JABAQUARA	2405722	17	477678	3	61793	0.4	3150127	22	787773	6	50222	0.4	6022	0.0	7087437	51
JAÇANÃ	1616153	20	318719	4	924	0.0	1526389	18	444737	5	37676	0.5	1399	0.0	4308469	52
JAGUARA	841527	18	201598	4	8762	0.2	1198508	26	160918	4	22606	0.5	3805	0.1	2115703	46
JAGUARÉ	1308672	20	414414	6	49853	0.8	1420273	22	614361	9	36546	0.6	2827	0.0	2677387	41
JARAGUÁ	13060425	46	2392616	8	98287	0.3	4624649	16	1265624	4	136052	0.5	10654	0.0	6749091	24
JARDIM ÂNGELA	9351735	25	8755747	23	160845	0.4	4881624	13	688127	2	4652627	12.4	162147	0.4	8740795	23
JARDIM HELENA	1872601	21	457083	5	25510	0.3	2327983	26	405638	4	53622	0.6	950	0.0	3985171	44
JARDIM PAULISTA	1732366	28	142168	2	33612	0.5	863207	14	1568581	25	55753	0.9	5148	0.1	1782816	29
JARDIM LUÍS	SÃO 5306417	20	3824065	15	67420	0.3	2367634	9	930177	4	4997640	19.2	19463	0.1	8551676	33
JOSÉ BONIFÁCIO	6055980	42	1489801	10	160298	1.1	1962691	13	679081	5	52932	0.4	25617	0.2	4115214	28
LAJEADO	1744896	20	477758	5	20903	0.2	1291880	15	377458	4	2150	0.0	1700	0.0	4899071	56
LAPA	2028433	20	304817	3	37362	0.4	2165533	21	548486	5	204884	2.0	2176	0.0	4993407	49
LIBERDADE	627199	17	64469	2	3779	0.1	535965	15	534628	15	50528	1.4	1001	0.0	1836989	50

DA	COPA (M²)	(%)	RELVADO (M²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M²)	(%)	ASFALTO (M²)	(%)	SOMBRA (M²)	(%)	RIO/LAGO (M²)	(%)	PISCINA (M²)	(%)	TELHAS (M²)	(%)
LIMÃO	838565	13	167945	3	2325	0.0	1314194	20	307088	5	21978	0.3	150	0.0	3804763	59
MANDAQUI	5779752	44	1483019	11	39447	0.3	1368917	10	996317	8	92751	0.7	56683	0.4	3431689	26
MARSILAC	12038697958		56214497	27	258757	0.1	1415106	1	4802290	2	523106	0.3	2002709	1.0	22473047	11
MOEMA	2875792	32	523768	6	50119	0.6	1291276	14	1270462	14	190145	2.1	7178	0.1	2873712	32
MOÓCA	1021369	13	152084	2	12201	0.2	1069413	13	918537	12	23126	0.3	10451	0.1	4756993	60
MORUMBI	4963551	43	912930	8	88911	0.8	1245671	11	781820	7	273716	2.4	13516	0.1	3201202	28
PARELHEIROS	73718871	48	41972575	28	399278	0.3	5048485	3	3956259	3	6645212	4.4	3549078	2.3	17280579	11
PARI	388407	14	74434	3	425	0.0	348110	13	209122	8	68007	2.5	5378	0.2	1637141	60
PARQUE CARMO	DO 8190924	53	1142237	7	134358	0.9	1855271	12	659235	4	58443	0.4	41619	0.3	3367274	22
PEDREIRA	4864400	27	2582153	14	185053	1.0	2288464	12	340749	2	3652593	19.9	23078	0.1	4379179	24
PENHA	1730365	15	232680	2	17165	0.1	2995098	26	486553	4	42237	0.4	4279	0.0	5959297	52
PERDIZES	1611374	25	211937	3	24760	0.4	752786	12	966104	15	44193	0.7	5177	0.1	2723230	43
PERUS	9713639	41	3404397	14	319519	1.4	2918963	12	685612	3	145233	0.6	70679	0.3	6388094	27

DA	COPA (M²)	(%)	RELVADO (M²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M²)	(%)	ASFALTO (M²)	(%)	SOMBRA (M²)	(%)	RIO/LAGO (M²)	(%)	PISCINA (M²)	(%)	TELHAS (M²)	(%)
PINHEIROS	2524647	30	212022	3	38286	0.5	1409251	17	1030890	12	164117	2.0	9572	0.1	2926911	35
PIRITUBA	5477416	32	1125926	7	93033	0.5	4006598	23	747680	4	48530	0.3	6351	0.0	5588065	33
PONTE RASA	835085	13	94179	1	12163	0.2	1423087	22	229954	3	4655	0.1	0	0.0	3983021	61
RAPOSO TAVARES	4231052	34	1118690	9	183102	1.5	2401684	19	533636	4	16795	0.1	3924	0.0	3961954	32
REPÚBLICA	216891	9	41714	2	1152	0.0	274183	11	829062	35	23926	1.0	0	0.0	1010442	42
RIO PEQUENO	2370913	25	460153	5	69597	0.7	2351898	25	553205	6	25058	0.3	3901	0.0	3706271	39
SACOMÃ	2243043	15	567010	4	34234	0.2	3681178	25	812372	6	79669	0.5	2701	0.0	7140933	49
SANTA CECÍLIA	461647	12	73287	2	2202	0.1	583847	16	608274	16	37682	1.0	1551	0.0	1989781	53
SANTANA	2597201	20	1005834	8	38301	0.3	2435477	19	1168064	9	162281	1.2	12458	0.1	5679087	43
SANTO AMARO	5262811	33	609368	4	48301	0.3	2706972	17	727752	5	205033	1.3	12250	0.1	6477579	40
SÃO DOMINGOS	2532019	26	641602	6	85039	0.9	2360152	24	470576	5	69052	0.7	3453	0.0	3729784	38
SÃO LUCAS	1231968	13	198900	2	22242	0.2	2245884	23	578307	6	8622	0.1	750	0.0	5405285	56
SÃO MATEUS	1753015	14	742978	6	42030	0.3	4532260	35	402641	3	14211	0.1	701	0.0	5339182	42

DA	COPA (M²)	(%)	RELVADO (M²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M²)	(%)	ASFALTO (M²)	(%)	SOMBRA (M²)	(%)	RIO/LAGO (M²)	(%)	PISCINA (M²)	(%)	TELHAS (M²)	(%)
SÃO MIGUEL	1731294	20	587398	7	13514	0.2	1495814	17	374298	4	66846	0.8	1923	0.0	4349672	50
SÃO RAFAEL	3202861	24	1506894	12	110762	0.8	3313522	25	314525	2	4972	0.0	3598	0.0	4622070	35
SAPOPEMBA	1542697	11	522345	4	28018	0.2	3940039	29	808187	6	7473	0.1	2049	0.0	6759331	50
SAÚDE	1706369	18	161542	2	43237	0.5	1562638	17	845259	9	35534	0.4	3526	0.0	4954132	53
SÉ	247948	11	59621	3	1424	0.1	289240	13	505113	23	11864	0.5	2897	0.1	1078518	49
SOCORRO	1935903	16	1572118	13	27006	0.2	1032949	9	652638	5	2693635	22.5	4622	0.0	4055163	34
TATUAPÉ	1121073	13	181918	2	21805	0.3	1627760	19	1067412	13	147734	1.7	11578	0.1	4335509	51
TREMEMBÉ	28479987	50	12322249	22	357775	0.6	4065990	7	3645270	6	351875	0.6	232339	0.4	7562487	13
TUCURUVI	2662823	28	263855	3	5004	0.1	1176831	12	492260	5	43680	0.5	4478	0.0	4786996	51
VILA ANDRADE	4145288	40	994980	10	56986	0.6	1341867	13	1134690	11	204188	2.0	4297	0.0	2417070	23
VILA CURUÇÁ	1668011	18	371780	4	11206	0.1	959438	10	223568	2	4352	0.0	3902	0.0	6207826	66
VILA FORMOSA	1146328	15	197943	3	31990	0.4	1649223	22	615448	8	16370	0.2	8623	0.1	3803687	51
VILA GUILHERME	764534	11	197857	3	10612	0.1	1627226	23	352193	5	15007	0.2	25	0.0	4223605	59
VILA JACUÍ	1255447	15	342208	4	18995	0.2	1696917	21	292016	4	73681	0.9	750	0.0	4592511	56

DA	COPA (M²)	(%)	RELVADO (M²)	(%)	SOLO EXPOSTO (M²)	(%)	ASFALTO (M²)	(%)	SOMBRA (M²)	(%)	RIO/LAGO (M²)	(%)	PISCINA (M²)	(%)	TELHAS (M²)	(%)
VILA LEOPOLDINA	1298230	19	269621	4	39473	0.6	1649791	24	496599	7	162619	2.3	2623	0.0	3080765	44
VILA MARIA	1380067	12	348291	3	11826	0.1	2928842	25	477202	4	75384	0.6	5801	0.0	6596987	56
VILA MARIANA	1586912	18	173862	2	19668	0.2	1307271	15	1665212	19	38461	0.4	3374	0.0	3801717	44
VILA MATILDE	1360290	16	176249	2	45288	0.5	2030930	23	665716	8	16088	0.2	7331	0.1	4472888	51
VILA MEDEIROS	823929	10	205602	3	6024	0.1	1806676	23	332816	4	20023	0.3	675	0.0	4658790	59
VILA PRUDENTE	1537000	16	318959	3	38621	0.4	1763922	18	669986	7	14258	0.1	3152	0.0	5243611	55
VILA SÔNIA	2763622	28	560358	6	65027	0.7	1987487	20	566577	6	32289	0.3	5219	0.1	4015674	40
SÃO PAULO	51420838534		21168377914		62458930.4		18876980112		732392675		474397593.1		124338450.8		47321194031	

Apêndice B

Tabela 3. Casos de Neoplasia Maligna de brônquios ou pulmões na cidade de São Paulo/SP, no ano de 2008. Apresentando o DA (Distrito Administrativo) e os valores de CDA (Casos por Distrito Administrativo) em porcentagem (%)

DA	População	Pop. Idosos	Casos	CDA (%)	Distância (M)
ÁGUA RASA	84963	9974	10	0.10	12061
ALTO DE PINHEIROS	43117	7737	13	0.17	13070
ANHANGUERA	65859	2315	2	0.09	28410
ARICANDUVA	89622	6727	8	0.12	15946
ARTUR ALVIM	105269	11182	14	0.13	20559
BARRA FUNDA	14383	2188	1	0.05	14504
BELA VISTA	69460	8879	16	0.18	9870
BELÉM	45057	5885	8	0.14	13586
BOM RETIRO	33892	3483	3	0.09	13771
BRÁS	29265	2209	0	0.00	12176
BRASILÂNDIA	264918	16862	21	0.12	22676
BUTANTÃ	54196	6503	7	0.11	11896
CACHOEIRINHA	143523	10526	15	0.14	21703
CAMBUCI	36948	4975	4	0.08	10001
CAMPO BELO	65752	10592	9	0.08	3149
CAMPO GRANDE	100713	10468	12	0.11	4849
CAMPO LIMPO	211361	11491	9	0.08	11865
CANGAÍBA	136623	12104	14	0.12	21384
CAPÃO REDONDO	268729	7056	10	0.14	13655
CARRÃO	83281	12125	11	0.09	15678
CASA VERDE	85624	10776	17	0.16	16526
CIDADE ADEMAR	266681	19135	18	0.09	2780

DA	População	Pop. Idosos	Casos	CDA (%)	Distância (M)
CIDADE DUTRA	196360	12840	12	0.09	10049
CIDADE LÍDER	126597	8039	10	0.12	18744
CIDADE TIRADENTES	211501	9364	9	0.10	26254
CONSOLAÇÃO	57365	9726	15	0.15	11283
CURSINO	109088	11147	16	0.14	3478
ERMELINO MATARAZZO	113615	8422	9	0.11	24253
FREGUESIA DO Ó	142327	12418	32	0.26	18808
GRAJAÚ	360787	16706	17	0.10	15609
GUAIANASES	103996	6146	8	0.13	26749
IGUATEMI	127662	6039	9	0.15	22977
IPIRANGA	106865	14324	9	0.06	7934
ITAIM BIBI	92570	14861	18	0.12	6516
ITAIM PAULISTA	224074	12814	19	0.15	31278
ITAQUERA	204871	15134	14	0.09	23453
JABAQUARA	223780	22186	18	0.08	245
JAÇANÃ	94609	9008	12	0.13	22317
JAGUARA	24895	3282	2	0.06	18404
JAGUARÉ	49863	4438	1	0.02	15601
JARAGUÁ	184818	10328	11	0.11	24466
JARDIM ÂNGELA	295434	5266	9	0.17	14321
JARDIM HELENA	135043	8192	6	0.07	30252
JARDIM PAULISTA	88692	10880	17	0.16	9434
JARDIM SÃO LUÍS	267871	12862	13	0.10	9905
JOSÉ BONIFÁCIO	124122	9041	9	0.10	23824

DA	População	Pop. Idosos	Casos	CDA (%)	Distância (M)
LAJEADO	164512	6868	10	0.15	27638
LAPA	65739	11378	19	0.17	15285
LIBERDADE	69092	9031	6	0.07	9343
LIMÃO	80229	8773	10	0.11	17122
MANDAQUI	107580	5849	13	0.22	21111
MASILAC	8258	595	0	0.00	32181
MOEMA	83368	11039	16	0.14	6114
MOÓCA	75724	9553	15	0.16	11149
MORUMBI	46957	5520	6	0.11	8517
PARCELHEIROS	131183	6072	6	0.10	21118
PARI	17299	2269	6	0.26	13955
PARQUE DO CARMO	68258	4811	7	0.15	20605
PEDREIRA	144317	7916	10	0.13	6290
PENHA	127820	17121	27	0.16	18576
PERDIZES	111161	17124	23	0.13	12765
PERUS	80187	4568	6	0.13	28611
PINHEIROS	65364	11086	17	0.15	10127
PIRITUBA	167931	16465	11	0.07	20354
PONTE RASA	93894	9867	9	0.09	21676
RAPOSO TAVARES	100164	6732	8	0.12	15399
REPÚBLICA	56981	6145	13	0.21	11675
RIO PEQUENO	118459	10454	13	0.12	14257
SACOMÃ	247851	21945	29	0.13	5530
SANTA CECÍLIA	83717	11741	17	0.14	13096
SANTANA	118797	18899	21	0.11	16707

DA	População	Pop. Idosos	Casos	CDA (%)	Distância (M)
SANTO AMARO	71560	11634	17	0.15	5469
SÃO DOMINGOS	84843	7062	9	0.13	20094
SÃO LUCAS	142347	14071	20	0.14	12309
SÃO MATEUS	155140	12697	12	0.09	17913
SÃO MIGUEL	92081	8582	7	0.08	26835
SÃO RAFAEL	143992	8015	3	0.04	19967
SAPOPEMBA	284524	21692	17	0.08	14982
SAÚDE	130780	19944	18	0.09	3983
SÉ	23651	1557	3	0.19	11454
SOCORRO	37783	5346	6	0.11	7741
TATUAPÉ	91672	13592	21	0.15	14828
TREMEMBÉ	197258	12958	19	0.15	26474
TUCURUVI	98438	14621	22	0.15	19774
VILA ANDRADE	127015	3472	10	0.29	8581
VILA CURUÇÁ	149053	10095	8	0.08	28351
VILA FORMOSA	94799	12591	13	0.10	13840
VILA GUILHERME	54331	5719	9	0.16	16184
VILA JACUÍ	142372	7544	9	0.12	25086
VILA LEOPOLDINA	39485	4235	1	0.02	16001
VILA MARIA	113463	7199	13	0.18	16783
VILA MARIANA	130484	17831	28	0.16	7142
VILA MATILDE	104947	12644	15	0.12	18084
VILA MEDEIROS	129919	11797	19	0.16	19256
VILA PRUDENTE	104242	13670	17	0.12	9985
VILA SÔNIA	108441	11011	14	0.13	10842

DA	População	Pop. Idosos	Casos	CDA (%)	Distância (M)
SÃO PAULO	11253503	831655	1165	0.14	0

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nos artigos apresentados, podemos concluir que:

Há tendências nas pesquisas dos últimos 10 anos, no que tange os tipos de poluentes, doenças e metodologias de estimativa arbórea, demonstrando a atualidade do tema, e como ele ocorre em diferentes metrópoles por todo o mundo. Destaca-se que as publicações vêm crescendo com o passar dos anos em revistas consideradas de alta qualidade científica, porém há uma carência de estudos que englobem os três grandes temas de forma integrada.

Na cidade de São Paulo, demonstrou-se que regiões que possuem maiores quantidades de indivíduos arbóreos não necessariamente apresentam os melhores serviços ecossistêmicos, sendo o índice de copa em m² e diâmetro, fatores mais determinantes. Copa arbórea/arbustiva e Relvado podem ser utilizados como ferramentas eficientes na gestão pública, no combate à poluição por Material Particulado de 10µm.

As regiões centrais da cidade possuem os menores índices de arborização urbana, maior sombreamento devido verticalização, e maior quantidade de construções, o que gera um ambiente desfavorável a saúde da população paulistana. É notável que as áreas verdes vêm perdendo espaço, pressionadas pelo acelerado processo de urbanização, e que seus remanescentes periféricos correm sérios riscos de desaparecerem se não bem manejados. Áreas abertas de relvado, como praças, campos e jardins, assim como a presença de árvores, podem ser considerados como fatores que favorecem a saúde da população de idosos, e estes ambientes são encontradas quando mais distantes do centro.