



Análise exploratória espacial da arborização de vias em áreas urbanizadas da região Sudeste brasileira e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Claure Morrone Parfitt ¹
Henrique Noguez da Cunha ²
Nádia Campos Pereira Bruhn ³

Destaques

- O índice Global Moran mostrou correlação da arborização viária em áreas urbanizadas.
- É evidenciada a relação da espacialização de clusters com o Índice de Desenvolvimento Humano.
- Os resultados dessa pesquisa permitem melhorar a qualidade de vida da população local.
- Há urgência de medidas de planejamento da arborização de vias em algumas áreas urbanizadas.
- Os dados apresentados poderão servir de base para planejamento a nível regional.

Resumo: Essa pesquisa objetiva analisar o padrão da distribuição espacial da arborização viária em áreas urbanizadas dos municípios da região Sudeste, Brasileira e sua relação com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal IDHM. Foram utilizados dados do IBGE sobre arborização de vias em áreas urbanizadas. A análise espacial foi realizada através do Índice Global Moran para dados globais e Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) para os municípios da região. O índice Global Moran mostrou correlação da arborização viária em áreas urbanizadas dos municípios. O Mapa LISA evidenciou *hotspots* ou *cluster* espacial tipo (*High-High*) a oeste, do estado de São Paulo; (*Low-High*) a sul de São Paulo, tipo (*Low-Low*), e tipo (*High-Low*) ao norte, Jequitinhonha/Mucuri e Rio Doce e sudeste do estado de Minas Gerais. É evidenciada a relação da espacialização desses clusters com o IDHM, e a urgência de medidas de planejamento da arborização de vias em áreas urbanizadas nas Regiões Norte, Jequitinhonha/Mucuri e Rio Doce em Minas Gerais. Sua originalidade está em

¹ Doutora em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Graduada em Arquitetura na Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Professora Associada da Universidade de Pelotas com atuação no curso de Bacharelado em Gestão Ambiental e no Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

² Doutor em geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), mestrado em Sensoriamento Remoto na Universidade Federal do Rio Grande Do Sul (UFRGS) e graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas-UFPel (2013). Atua como pesquisador colaborador junto ao Laboratório de Planejamento Ambiental da EMBRAPA Clima Temperado. Membro pesquisador dos Grupos de Manejo e Restauração da Vegetação Nativa e Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento no Planejamento Ambiental.

³ Doutora em Administração pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e graduada em Administração pela mesma instituição. Atualmente é docente do curso de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Pelotas, vinculado ao Centro de Integração do MERCOSUL (CIM). Colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados.



Este artigo está licenciado com uma licença Creative Commons

apresentar um método que pode vir a servir de base para formulação de políticas públicas, principalmente quanto ao planejamento e gestão a nível, estadual e regional.

Palavras-chave: Arborização viária urbana; IDHM; Planejamento; Região Sudeste Brasileira.

SPATIAL EXPLORATORY ANALYSIS OF STREET TREES OF WAYS IN URBANIZED AREAS OF THE BRAZILIAN SOUTHEAST REGION AND THE MHDI

Abstract: This research aims at analyzing the standard of spatial distribution of street trees in urbanized areas in the Brazilian Southeast Region urbanized areas and its relationship to the Municipal Human Development Index MHDI. IBGE data on road forestation in urbanized areas was used. The spatial analysis was carried out through the Global Moran Index for global data and Local Indicators of Spatial Association (LISA) for the cities in the region. The Global Moran index showed a correlation of road forestation in urbanized areas of the cities. The LISA Map highlighted hotspots or spatial cluster type (*High-High*) in the west of São Paulo state; (*Low-High*) in the south of São Paulo (*Low-Low*) type, and (*High-Low*) type in the north, Jequitinhonha/Mucuri and Rio Doce and southeast of the state of Minas Gerais It is highlighted the relationship of the spatialization of these clusters with the MHDI, and the contingency of planning measures of forestation of ways in urbanized areas in the North Region, Jequitinhonha/Mucuri and Rio Doce in Minas Gerais. Its originality lies in presenting a method that can serve as a basis for formulating public policies, mainly regarding planning and management at state and regional levels.

Keywords: Urban street trees; MDHI; Planning; Brazilian Southeast region.

ANÁLISIS EXPLORATORIA ESPACIAL DE LA ARBORIZACIÓN DE VÍAS EN ÁREAS URBANIZADAS DE LA REGIÓN SUDESTE BRASILEÑA Y EL IDHM

Resumen: Esta investigación tiene como objetivo analizar el patrón de distribución espacial de la forestación vial en áreas urbanizadas de municipios de la región Sudeste de Brasil y su relación con el Índice de Desarrollo Humano Municipal del IDHM. Se utilizaron datos del IBGE sobre forestación vial en áreas urbanizadas, el Índice Global Moran para datos globales y los Indicadores de Asociación Espacial Local (LISA) para los municipios de la región. El Índice Global Moran mostró una correlación entre la forestación vial en las áreas urbanizadas de los municipios. El Mapa LISA destacó puntos críticos o conglomerados espaciales (Alto-Alto) al oeste del estado de São Paulo; (Bajo-Alto) al sur de São Paulo, tipo (Bajo-Bajo) y tipo (Alto-Bajo) al norte, Jequitinhonha/Mucuri y Rio Doce y sureste del estado de Minas Gerais La relación entre la espacialización de estos clusters con el IDHM, y la urgencia de medidas de planificación para la forestación de vias en áreas urbanizadas de las regiones Norte, Jequitinhonha/Mucuri y Rio Doce en Minas Gerais. Su originalidad al presentar un método que puede servir de base para la formulación de políticas públicas, principalmente en materia de planificación y gestión a nivel estatal y regional.

Palabras clave: Forestación de vias urbanas; HDI; Planificación; Región Sudeste Brasileña

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil apresenta 26 estados federados, 5 568 municípios e o Distrito Federal. O Censo do IBGE mostra que mais de 84 % dos brasileiros vivem em áreas urbanas (IBGE, 2022).

Nesse cenário, compreender e analisar as estruturas urbanas e suas funções sob as perspectivas econômica, social e ambiental são condições essenciais para o planejamento e gestão das áreas urbanas, visando melhorar a qualidade de vida dos moradores. Dessa forma considerando seus próprios objetivos, a arborização urbana se torna especialmente relevante. No Brasil, a prática de arborizar vias públicas só começou a ganhar popularidade na segunda metade do século XIX (Vignola Junior, 2015).

As árvores presentes nas ruas, além de definirem e distinguirem as vias urbanas, desempenham um papel essencial na promoção de comunidades urbanas saudáveis. Elas também têm um impacto social considerável ao contribuir para a melhoria da saúde humana (Donovan, 2017; Moreira *et al.*, 2020; Wolf *et al.*, 2020), aumentando a interação da comunidade e valor das propriedades.

A arborização urbana contribui para tornar as cidades mais habitáveis ao diminuir o escoamento das águas pluviais, aprimorar a qualidade do ar, armazenar carbono, fornecer sombra e mitigar os efeitos das ilhas de calor urbanas. Além disso, promovem a biodiversidade ao oferecer alimentos, habitat e conectividade de paisagem para a fauna (Burden, 2006; Alvey, 2006; Wood; Esaian, 2020; Berthon *et al.*, 2021).

As árvores desempenham um papel fundamental na redução do ruído e na absorção de poluentes do ar, como ozônio, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e dióxido de carbono (CO₂) conforme Tallis *et al.* (2011) e Préndez e Araya (2009), podendo reduzir as temperaturas diárias entre 5°C e 20°C, tornando as atividades cotidianas mais prazerosas e mais saudáveis (Zardo *et al.*, 2017).

Em relação aos aspectos econômicos, é amplamente documentado que as árvores presentes nas ruas podem diminuir os custos de energia, aumentar a

renda dos negócios e elevar o valor das propriedades (Bonifaci, 2010; Brander; Koetse, 2011; Von Döhren; Haase, 2019).

A arborização de ruas deve estar integrada às políticas públicas e incluída no planejamento e na gestão urbana, visando promover uma transformação social benéfica e elevar a qualidade de vida dos cidadãos. Nesse contexto, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) foi criado no Brasil a partir do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). O país foi um dos pioneiros ao adaptar e calcular um IDH subnacional para todos os municípios brasileiros, com dados do Censo Demográfico, criando o IDHM. Esse índice é amplamente divulgado e utilizado por gestores, tomadores de decisão, formuladores de políticas e iniciativas voltadas ao desenvolvimento humano, nos setores público e privado.

Em contraponto ao Produto Interno Bruto (PIB), o IDHM populariza o conceito de desenvolvimento centrado nas pessoas, e não a visão de que o desenvolvimento se limita ao crescimento econômico. Ao sintetizar uma realidade complexa em um único número, o IDHM, e seus três componentes, viabiliza a comparação entre os municípios brasileiros ao longo do tempo. Embora sejam disponibilizados os dados sobre a arborização viária das áreas urbanizadas dos municípios Brasileiros, não existem estudos que a relacionem com o IDHM com os indicadores de Saúde (Longevidade), Educação e Renda. Entre os estudos que abordam a arborização de vias no Brasil, se destacam os trabalhos de Almeida e Rondon Neto (2010), Alves (2012), Junior (2015), Albuquerque e Lopes, (2016), e Duarte *et al.* (2017).

A literatura internacional aborda principalmente os aspectos socioeconômicos e ambientais relacionados com planejamento, como observado nos estudos de Dumbaugh e Gattis (2005), Bryant (2006), Landry e Chakraborty (2009), Mullaney *et al.* (2015), Seamans (2013), Meerow e Newell (2017), Salmond *et al.* (2016), Galenieks (2017), De Sousa *et al.* (2018) e Cruz -Sandoval; Ortego; Roca (2020).

Com base nos pressupostos abordados, a presente pesquisa tem como objetivo analisar o padrão de distribuição espacial da arborização viária das áreas urbanizadas dos municípios pertencentes a região Sudeste brasileira, e sua

relação com indicadores do IDHM de Saúde (Longevidade), Educação e Renda. Sua importância se destaca como um estudo promissor, cujo resultado possa servir de apoio ao processo de tomada de decisões para a formulação de políticas públicas, principalmente quanto ao planejamento e gestão, tanto a nível estadual quanto regional. E por fim, melhorar, a qualidade de vida e justiça ambiental da população urbana do país.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo apresenta um panorama da arborização urbana na região Sudeste do Brasil, relacionando-o ao IDHM, utilizando dados do Censo 2010 disponibilizados pelo IBGE sobre a presença de árvores ao redor das residências.

Essa relação espacial, aplicada no software *GeoDa versão 1.4.1*, foi realizada para verificar se a distribuição da arborização das vias em áreas urbanizadas, por município da região sudeste, ocorreu de maneira aleatória ou se a presença de casos em determinados municípios influenciou a ocorrência em municípios vizinhos.

Na análise espacial, foram aplicados o *Índice Global de Moran (I)* e os *Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA)* nos municípios da região sudeste brasileira.

A análise da autocorrelação espacial foi conduzida utilizando o *índice de Moran Global (I)*, enquanto o padrão de distribuição espacial e a intensidade dos aglomerados (se dispersos, concentrados ou pontuais) por município foram analisados por meio do índice de *Moran Local* (bivariado), considerando um nível de significância de $p < 0,05$.

Os indicadores globais de autocorrelação espacial (Moran I) fornecem uma medida única para o conjunto de todos os municípios, caracterizando toda a região estudada. Para este cálculo, é realizada uma autocorrelação espacial baseada no produto dos desvios em relação à média. Este índice calcula a autocorrelação espacial global de cada variável, permitindo avaliar se os dados são autocorrelacionados espacialmente.

Os padrões de distribuição dos indicadores foram examinados em menor escala por meio da análise do LISA, produzindo um valor específico para cada

município e permitindo a visualização de agrupamentos de municípios com valores similares para os indicadores selecionados. A autocorrelação local LISA deve atender aos seguintes critérios: (i) deve indicar, para cada município, agrupamentos espaciais significativos de valores similares ao redor do município; (ii) a soma dos LISAs para todos os municípios deve ser proporcional ao I de Moran Global (Araújo; Uribe-Opazo; Johann, 2014).

A estatística pode ser interpretada da seguinte forma: o valor de I varia de -1 a +1, onde valores positivos (entre 0 e +1) indicam autocorrelação positiva, ou seja, o objeto tende a ser semelhante aos valores de seus vizinhos, enquanto valores negativos (entre 0 e -1) correspondem a uma correlação inversamente proporcional, indicando que o valor do atributo em uma região não depende dos valores dessa mesma variável em áreas diferentes.

Assim, correlações do tipo *High-High* indicam municípios com altas proporções do indicador, cercados por outros municípios também com altas proporções do mesmo indicador; *Low-Low* refere-se a municípios com baixa proporção do indicador, cercados por municípios com baixa proporção do mesmo indicador; *High-Low* denota municípios com alta proporção, cercados por municípios com baixa proporção desse indicador; e *Low-High* descreve municípios com baixa proporção, cercados por municípios com alta proporção do mesmo indicador.

A análise do índice de Moran bivariado, denotado como I_{xy} , representa a correlação espacial entre duas variáveis (X e Y). Assim, a autocorrelação espacial também foi realizada de forma bivariada, com o objetivo de identificar se a variável observada em uma região tende a estar rodeada por determinada concentração de valores de outra variável em regiões vizinhas.

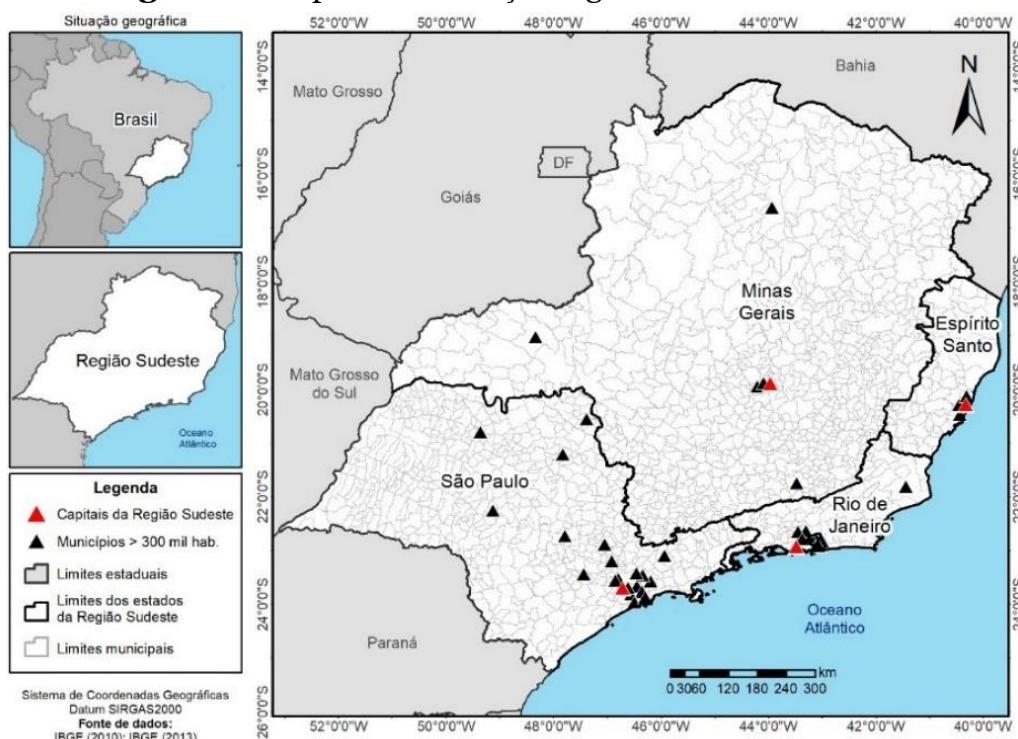
Área de estudo

A região sudeste (figura 1) é composta por quatro estados: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo e compõe a segunda menor região do país, sendo maior que a região Sul. Sua área ocupa aproximadamente 924.620 km², um décimo da superfície do Brasil. No entanto, é a região mais desenvolvida e populosa, com 84,8 milhões de habitantes, composta em grande parte por

migrantes de outras regiões, sendo 10,5 milhões somente em São Paulo. Em seu recorte geográfico, tem suas fronteiras norte e nordeste com o estado da Bahia; sul e leste com o oceano Atlântico; sudoeste com o Paraná; oeste com Mato Grosso do Sul; noroeste com Goiás e Distrito Federal (IBGE, 2022).

O fato de se constituir o centro financeiro e produtivo do país, a região abarca também o mais elevado grau de urbanização, a melhor infraestrutura em transporte, integrando a malha ferroviária, rodoviária, portos e aeroportos, em distribuição de energia e de telecomunicações, variedade e qualidade de serviços, bem como as principais universidades e centros de pesquisas. Além de abrigar o maior parque industrial, o Sudeste também se destaca na agricultura e pecuária, pelo uso de modernas tecnologias e pela integração com a indústria no processo de beneficiamento. Alguns produtos abastecem o mercado externo, como a soja, o café, a laranja e a celulose (IBGE, 2022). Todos esses fatores reunidos geram empregos e contribuem para que a região produza o maior PIB do país, com 55,2% do total (IBGE, 2022).

Figura 1 - Mapa de localização região Sudeste Brasileira



Fonte: os autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

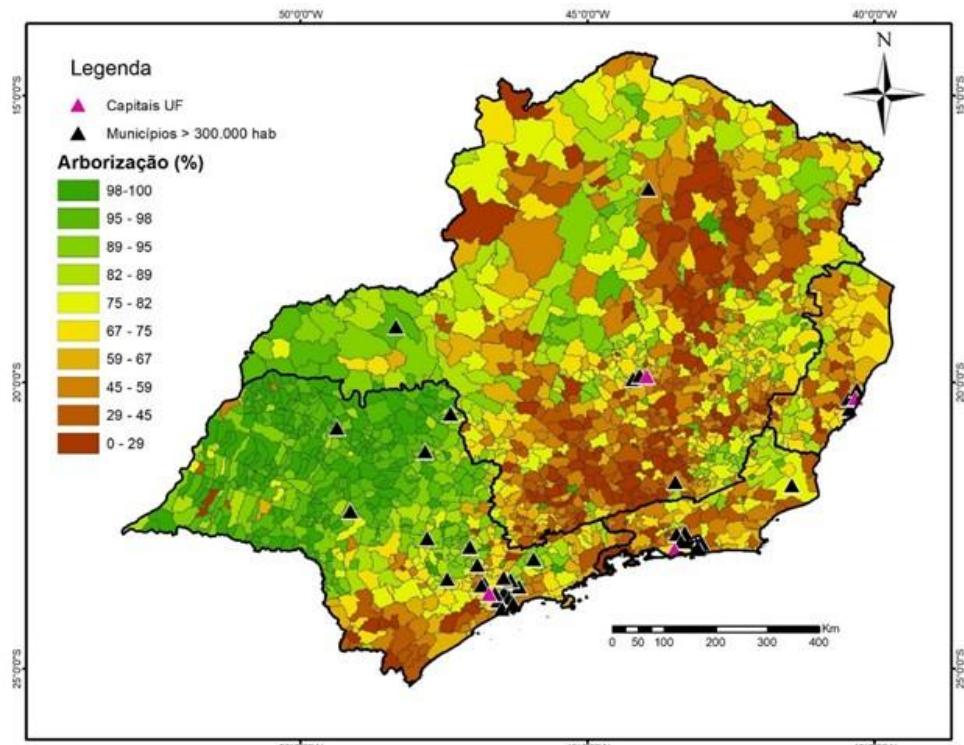
O conjunto de mapas apresentados a seguir, acompanhados de uma breve descrição, tem como objetivo embasar a análise do padrão de distribuição espacial da arborização viária das áreas urbanizadas e do IDHM, no referente aos indicadores de Saúde (Longevidade), Educação e Renda dos municípios pertencentes a região Sudeste brasileira.

Arborização de vias públicas urbanas na Região Sudeste

Na figura 2 são apresentados os percentuais de arborização de vias públicas das áreas urbanizadas dos municípios da região Sudeste no ano de 2010. É possível observar que a grande maioria dos municípios da região Sudeste, que possuem percentual de arborização de vias públicas elevados, se encontram nas cidades do oeste Paulista e oeste de Minas Gerais, com destaque para o Triângulo Mineiro. Por outro lado, em Minas Gerais, Jequitinhonha e o Sul do estado concentram os municípios que apresentam o indicador com classe “muito baixo”. Cenário também observado ao Sul do estado de São Paulo. Em todo o estado do Rio de Janeiro foram identificadas cidades com pouca a média arborização viária. Já no Espírito Santo, as cidades localizadas na parte sul apresentaram classes de arborização média e alta. Nos demais municípios, em proximidade às cidades mais populosas, os valores são mais baixos, provavelmente, em decorrência do nível de seu tipo de urbanização.

É notável a concentração de maiores percentuais de arborização de vias nas áreas urbanizadas a oeste e norte de São Paulo como expresso anteriormente.

Figura 2 - Distribuição do indicador Arborização de vias públicas na região Sudeste



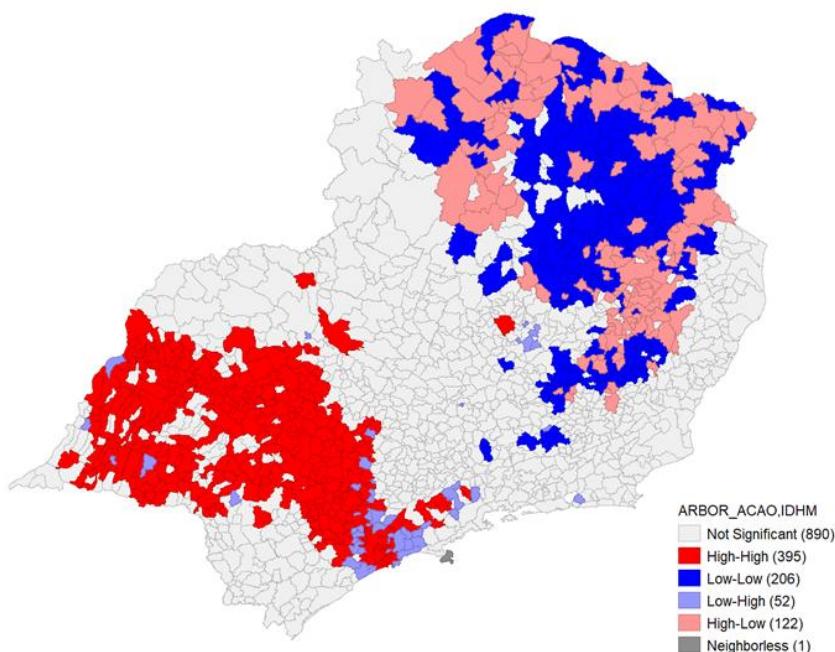
Fonte: os autores (2024).

A figura 3 apresenta o *Lisa Cluster Map* para a variável arborização de vias urbanas para a região Sudeste Brasileira. A cor vermelha representa o quadrante *High-High*, que indica o agrupamento de casos de áreas urbanizadas com maior média encontrada na região. Esse grupo, ou cluster, possui um valor mais alto que a média dos municípios vizinhos. Todas as áreas em vermelho indicam os municípios e regiões adjacentes que apresentam forte correlação espacial entre si. É possível observar que a maior proporção desses municípios (com forte correlação entre si) estão concentrados em um eixo que parte da capital paulista indo em direção a oeste do estado de São Paulo.

A cor azul representa o quadrante *Low-Low*, no qual as áreas que possuem um atributo e os vizinhos encontram-se abaixo da média global. Essa área está localizada a norte, nordeste e leste do estado de Minas Gerais.

O quadrante alto-baixo *High-Low* representa os municípios com maior a densidade da arborização de vias urbanas com vizinhos que apresentam valor baixo para o IDHM. Já o quadrante baixo alto, *Low-high*, de modo oposto, apresentam os municípios com indicador de arborização de vias abaixo da média e cujos vizinhos têm média acima da média global.

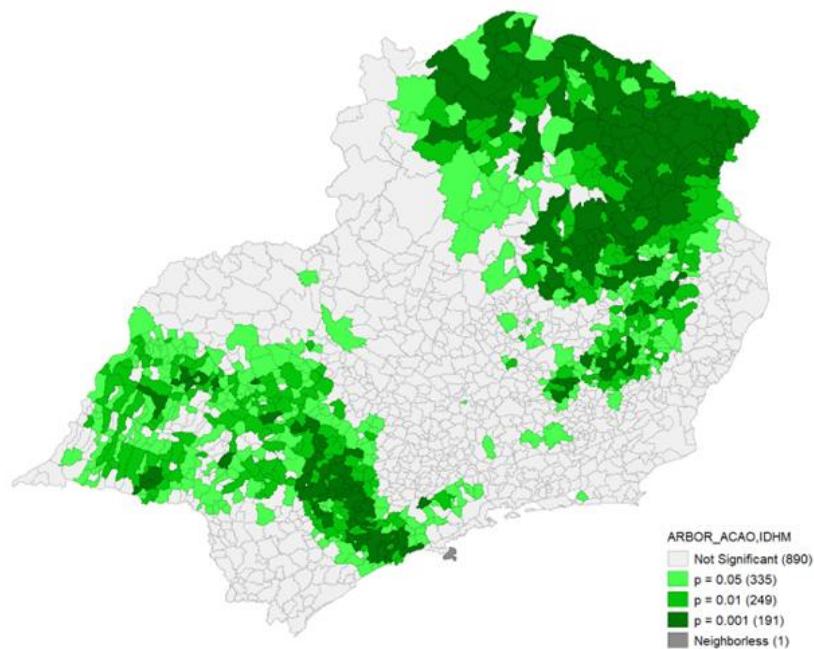
Figura 3 - *Local Indicators of Spatial Association* (Lisa) para arborização de áreas urbanizadas região Sudeste Brasileira X IDHM



Fonte: os autores (2024).

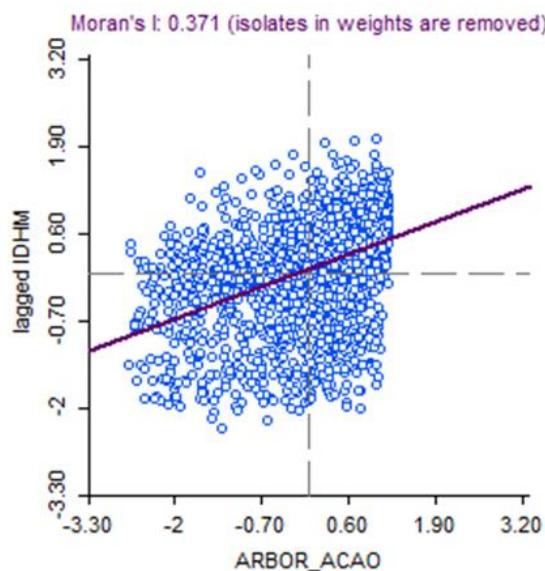
A figura 4 apresenta o Mapa de Significância Moran Local para arborização de área urbanizadas e IDHM da região Sudeste. A figura 5 apresenta a relação correlativa global entre Arborização de áreas urbanizadas e o IDHM.

Figura 4 - Mapa de Significância Moran Local



Fonte: os autores (2024).

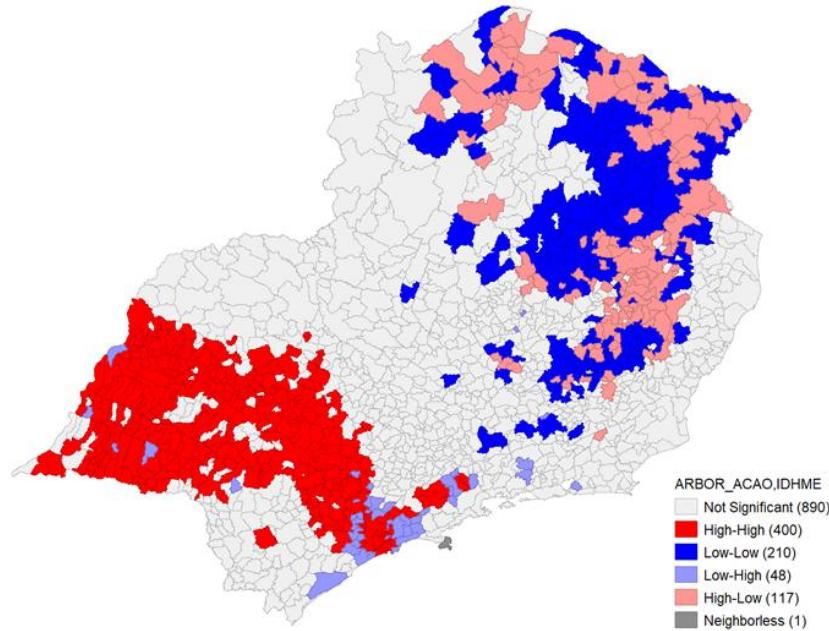
Figura 5 - Gráfico de Dispersão entre Arborização de áreas urbanizadas e o IDHM



Fonte: os autores (2024).

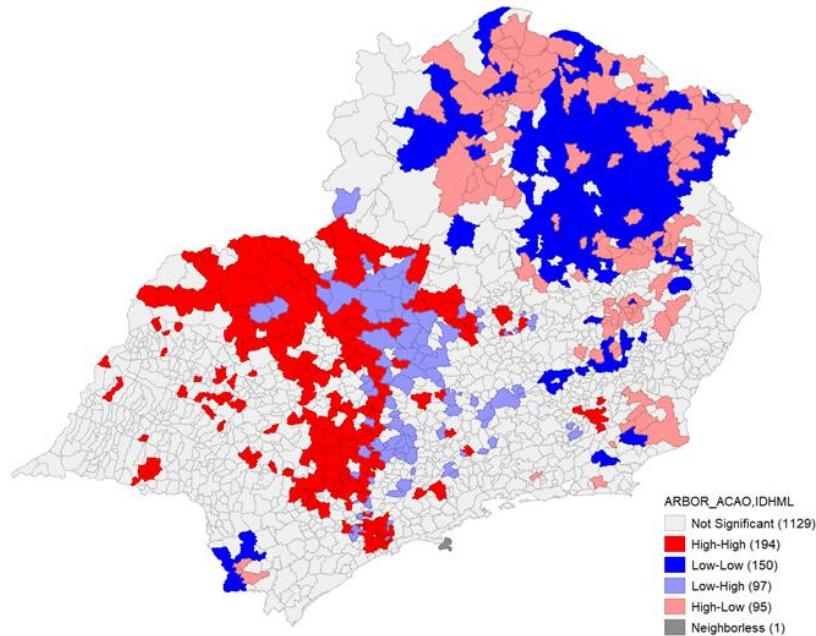
As figuras 6, 7 e 8 apresentam os indicadores locais de Associação espacial LISA Local para arborização de áreas urbanizadas na região Sudeste Brasileira com relação ao IDHM de Educação, longevidade e renda. Os dados indicam que existem clusters espaciais em São Paulo e Minas Gerais.

Figura 6 - Local Indicators of Spatial Association (Lisa) para arborização de áreas urbanizadas região Sudeste Brasileira X IDHM Educação



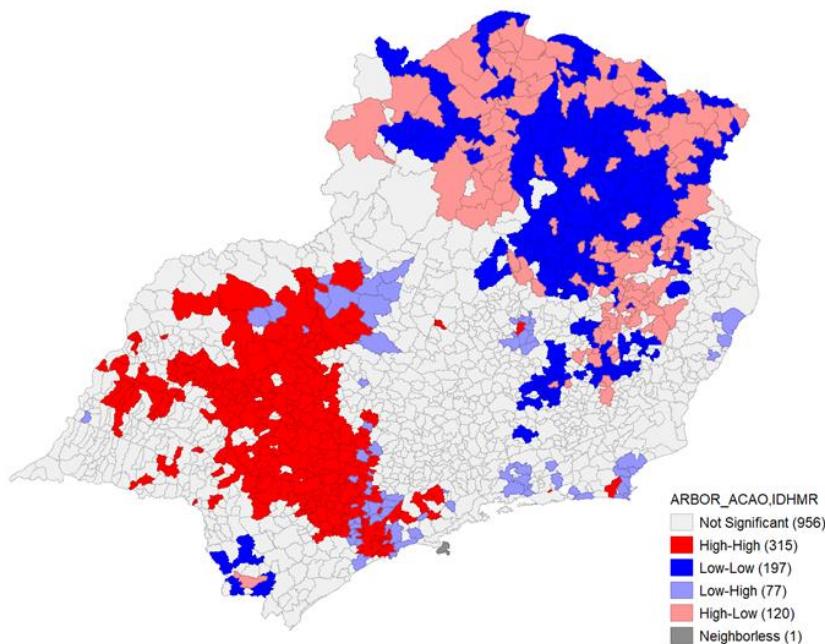
Fonte: os autores (2024).

Figura 7 - Local Indicators of Spatial Association (Lisa) para arborização de áreas urbanizadas região Sudeste Brasileira X IDHMLongevidade



Fonte: os autores (2024)

Figura 8 - Local Indicators of Spatial Association (Lisa) para arborização de áreas urbanizadas região Sudeste Brasileira X IDHMRenda



Fonte: os autores (2024).

O índice Global Moran indicou correlação da arborização viária em áreas urbanizadas dos municípios da região Sudeste. O Mapa LISA evidenciou a presença de *hotspots* ou cluster espacial (tipo *High-High*) localizado na direção noroeste, do estado de São Paulo e *Low-High* a sudeste do estado. Já o tipo *Low-Low* e *High-Low* localizam-se a norte, nordeste e leste de Minas Gerais. É evidenciada a relação da espacialização desses clusters com o IDHM.

A partir dos resultados representados nas figuras 6, 7 e 8, observa-se que o indicador espacial LISA Local quando relacionado ao IDHM de Educação apresentou *clusters High-High* em São Paulo e *Low-low* em Minas Gerais. Por outro lado, quando relacionado com o IDHM de Longevidade, resultou em *clusters High-High* em São Paulo e Minas Gerais - Triângulo Mineiro e *low-low* norte de Minas Gerais. Quanto ao IDHM de Renda, essa relação indicou *clusters High-High* em São Paulo e Minas Gerais - Triângulo Mineiro e *Low-low* no Norte de Minas Gerais. Em geral, os dados indicam que existem clusters espaciais em São Paulo e Minas Gerais.

Arborização de vias urbanas e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal na região Sudeste

Um dos mais importantes benefícios que a arborização urbana pode prover para a saúde humana consiste na interceptação e redução da poluição do ar (McDonald *et al.*, 2016; Nowak *et al.*, 2014;). A poluição do ar (material particulado, ozônio, monóxido de carbono) proporcionam, principalmente, vários tipos de doenças respiratórias.

O aumento no indicador de arborização de áreas urbanizadas na região Sudeste brasileira pode sugerir uma melhoria do IDHM de Longevidade, das condições de vida e de acesso à serviços de saúde à população. Ao remover a poluição, a presença de árvores acarreta benefícios diretos e indiretos à saúde humana e bem-estar.

Na presente pesquisa, foram identificadas áreas de alta Longevidade em São Paulo e Minas Gerais, especialmente no Triângulo Mineiro. Sobretudo, na região de Jequitinhonha e do Vale do Mucuri os valores foram baixos. Já quanto ao indicador de arborização, os dados demonstram deficiência também no norte, no leste e no nordeste de Minas Gerais, e valores altos e muito altos no oeste de São Paulo e Triângulo Mineiro.

Da mesma forma, a medida do IDHM de Educação pode estar relacionada à arborização urbana nos seguintes termos: Para melhorar a alfabetização e a numeracia, as crianças precisam ter acesso à natureza e, no mínimo, às vistas verdes e naturais das árvores (Tennessen; Cimprich, 1995; Faber Taylor; Kuosullivan, 2002; Berman *et al.* 2008; Lin *et al.*, 2014;).

De acordo com os pressupostos de Kuo *et al.* (2018), o nível de stress, a concentração e a motivação intrínseca são prováveis fortes fatores no sucesso de crianças como estudantes. Por outro lado, o Déficit de Atenção (ADD) e o Déficit de Hiperatividade (ADHD) pode impactar sobre o sucesso do estudante na escola. Ainda, o Ambiente verde, tal como espaços abertos com grandes árvores são relatados na redução de sintomas do (ADD) e (ADHD) (Faber Taylor; Kuo; Sullivan, 2001; Faber Taylor; Kuo, 2009).

De acordo com Matsuoka (2010), Kweon *et al.* (2017) e Kuo *et al.* (2018), a cobertura de árvores está fortemente ligada com a performance acadêmica do estudante. Esses autores concluíram que a visão de árvores e arbustos na escola em oposição à grama são fortemente relacionados aos planos futuros de educação e das taxas de graduação. Matsuoka (2010) e Li e Sullivan (2016) indicaram que a visão de árvores e ambiente verde das salas de aula, quando comparada com uma sala sem vidros, pontuam substancialmente mais no teste de medição de atenção. Kuo, *et al.* (2018) afirmam que estudantes que atuam na presença de árvores e natureza tem mais engajamento na sala de aula. Nesse sentido, árvores podem promover qualidade na educação o que é inumeravelmente vantajoso para a sociedade.

As árvores promovem muitos serviços ecossistêmicos que podem beneficiar o ambiente da cidade, reduzindo o uso de energia e removendo a poluição Nowak, *et al.* (2014), ocasionando também o aumento do valor das propriedades, desenvolvendo a economia local e o turismo (Akbari, 2002; Donovan *et al.*, 2013; Nesbitt *et al.*, 2017). Todos esses benefícios são fatores que podem estar relacionados ao aumento da renda de um dado local.

Quanto ao indicador de Renda, a pesquisa indica que as áreas deficientes com valores baixos se encontram no norte de Minas Gerais, Jequitinhonha, Vale do Rio Doce e Sul, e em São Paulo, ao sul do estado. No que se refere ao indicador de arborização, os dados de carência são encontrados também no norte e sul de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Por outro lado, os valores altos e muito altos do indicador são presentes no oeste de São Paulo e Triângulo Mineiro.

Os dados da análise sobre arborização viária das áreas urbanizadas dos municípios da região Sudeste Brasileira a partir do IDHM indicam que a arborização de vias públicas é maior nos municípios do oeste Paulista e menor em Minas Gerais. Em São Paulo, esses dados podem ser confrontados com o Índice Paulista de Responsabilidade Social da Fundação SEADE que aborda temas das dimensões da educação, da saúde e da economia.

A relação entre a incidência de extrema pobreza e arborização pode ser um reflexo da falta de infraestrutura urbana disponível nos municípios do nordeste de Minas Gerais, às classes sociais menos favorecidas, e consequentemente um

reflexo da desigualdade social na região Sudeste. Coelho (2001), destaca que, geralmente, a deterioração da qualidade ambiental de vida urbana é muito mais sentida pela população mais pobre. A falta de infraestrutura relacionada ao planejamento urbano e ambiental são aspectos bastante sentidos pelas populações de baixa renda.

Portanto, a análise da arborização urbana na região Sudeste brasileira reflete em uma situação de injustiça ambiental, termo definido por Jennings; Johnson Gaither; Gragg (2012) e Wolch; Byrne; Newell, (2014) como uma desigualdade no acesso aos recursos ambientais.

Os resultados possibilitaram observar a existência de correspondência entre o padrão da distribuição espacial do IDHM dos indicadores de Longevidade, de Educação e de Renda e a distribuição da arborização de vias nas áreas urbanizadas da região Sudeste brasileira.

Do ponto de vista territorial, a região Sudeste, embora seja a mais dinâmica do Brasil, ainda apresenta desigualdades, que se manifestam no IDHM e nos dados da arborização de vias de áreas urbanizadas. As disparidades entre regiões e municípios são significativas, com especial destaque ao contraste entre os municípios do norte de Minas Gerais, do oeste de São Paulo e macro metrópole paulista, incluindo os eixos dinâmicos de Campinas e Ribeirão Preto.

Neste cenário, vislumbra-se que a arborização urbana se tornou mais um tema entre inúmeros elementos de segregação socioespacial na região Sudeste, à medida que seu acesso é proporcional à condição socioeconômica.

Essa situação se traduz na capacidade extremamente limitada que possuem os locais com IDHM deficiente de gerar desenvolvimento sustentável, pois suas necessidades são tão básicas que se encontram na dependência de outros municípios, estado ou da federação para resolvê-los. Portanto, são municípios dependentes de assistência direta e constante do governo do estado ou do governo federal em áreas muito básicas de desenvolvimento (Pereira *et al.* 2011).

A falta de infraestrutura e de planejamento urbano e ambiental são aspectos fortemente sentidos pelas populações de baixa renda. Assim, geralmente, as áreas das cidades com degradação ambiental coincidem com as

áreas de degradação social, ampliando seus efeitos e danos. Dessa forma, a arborização também é um reflexo da falta de infraestrutura urbana disponível às classes sociais menos favorecidas, e consequentemente um reflexo da desigualdade social no Brasil.

Para concluir, cabe ressaltar que o território é o fruto de processos de apropriação e domínio de um espaço, inscrito em um campo de forças, de relações de poder econômico, político e cultural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa em questão foi objetivada em analisar o padrão de distribuição espacial da arborização viária das áreas urbanizadas da região Sudeste brasileira e sua relação com IDHM.

Percebe-se que os municípios classificados como precários e muito precários em termos de potencialidade social tendem a constituir grandes desafios para a gestão do território também com relação a arborização viária. Isso remete a conduzir um processo de planejamento que inclui a estruturação de um projeto territorial de futuro com o estabelecimento de objetivos, diretrizes, estratégias e ações a serem desenvolvidas para alcançar o efetivo desenvolvimento sustentável no que se refere a arborização de vias na região, assim como a organização, de redes de organizações sociais para sua articulação.

A partir dos dados obtidos, no sentido de melhorar o IDHM na região, se faz necessário o incentivo da arborização de vias urbanas em Minas Gerais; norte de Minas, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce; e no estado de São Paulo, ao sul, por apresentarem municípios com esse indicador baixo. A fim de melhorar o indicador Educação na região sugere-se que seja incentivada a arborização de vias urbanas principalmente ao norte, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce em Minas Gerais, como também ao sul desse estado, e sul de São Paulo. Nesses termos, quanto ao indicador de Renda sugere-se que seja incentivada a arborização de vias urbanas na região das áreas urbanizadas em Minas Gerais; norte, Jequitinhonha, Vale do Rio Doce e sul. Em São Paulo, ao sul, e nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

Dessa forma, os dados resultantes no Sudeste quanto ao IDHM e arborização de vias de áreas urbanizadas não se traduzem em qualidade de vida para todos os seus habitantes. Os resultados dessa pesquisa mostram as possibilidades efetivas de sua utilização pelos gestores municipais no sentido de melhorar a qualidade de vida da população local. Desse modo, os dados apresentados poderão servir de base ao processo de tomada de decisões no planejamento a nível regional.

REFERÊNCIAS

- AKBARI, H. Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants. **Environmental pollution**, v. 116, n.1, p. 119-126. 2002.
[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00264-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00264-0)
- ALBUQUERQUE, M. M. de; LOPES, W. G. R. Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 36, p. 38-68. 2016.
- ALMEIDA, D. N. D.; RONDON NETO, R. M. Análise da arborização urbana de duas cidades da região norte do estado de Mato Grosso. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, p. 899-906. 2010.
- ALVES, D. B. **Cobertura vegetal e qualidade ambiental na área urbana de Santa Maria RS**. 2012. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- ALVEY, A. A. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. **Urban forestry & urban greening**, v. 5, p. 195-201. 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.09.003>
- ARAUJO, E. C. de; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A. Modelo de regressão espacial para estimativa da produtividade da soja associada a variáveis agrometeorológicas na região oeste do estado do Paraná. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.2, p. 286-299. 2014.
- BERMAN, M. G.; JONIDES, J.; KAPLAN, S. The cognitive benefits of interacting with nature. **Psychologicalscience**, 19(12),1207-1212. 2008.
<https://10.1111/j.1467-9280.2008.02225.x>
- BERTHON, K.; THOMAS, F.; BEKESSY, S. The role of ‘nateness’ in urban greening to support animal biodiversity. **Landscape and Urban Planning**, v. 205, p. 1-11. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103959>
- BONIFACI, E. **Selling the urban forest–calculating the environmental and economic benefits of street trees**. 2010. 210 f. Dissertation (Master of Landscape Architecture) - Harvard University, Cambridge, 2010.

- BRANDER, L. M.; KOETSE, M. J. The value of urban open space: Meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results. **Journal of environmental management**, v. 92, p. 2763-2773. 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.019>
- BRYANT, M. M. Urban landscape conservation and the role of ecological greenways at local and metropolitan scales. **Landscape and urban planning**, v. 76, p. 23-44. 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.09.029>
- BURDEN, D. 22 benefits of urban street trees. **Glatting Jackson, Walkable Communities**. Flórida, v. 1, n.1, p. 1-6, 2006.
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas: Teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, v. 11, p. 19-45, 2001.
- CRUZ-SANDOVAL, M.; ORTEGO, M. I.; ROCA, E. Tree ecosystem services, for everyone? A compositional analysis approach to assess the distribution of urban trees as an indicator of environmental justice. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1-21. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12031215>
- DE SOUSA, C. S.; VIEGAS, I.; PANAGOPOULOS, T.; BELL, S. Environmental justice in accessibility to green infrastructure in two European cities. **Land**, v. 7, n. 4, p. 1-23. 2018. <https://doi.org/10.3390/land7040134>
- DONOVAN, G. H.; BUTRY, D. T.; MICHAEL, Y. L.; PRESTEMON, J. P.; LIEBHOLD, A. M.; GATZIOLIS, D.; MAO, M. Y. The relationship between trees and human health: evidence from the spread of the emerald ash borer. **American journal of preventive medicine**, v. 44, n. 2, p. 139-145. 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.09.066>
- DONOVAN, G.H. Including public-health benefits of trees in urban-forestry decision making. **Urban forestry & urban greening**, v. 22, p. 120-123. 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.010>
- DUARTE, T. E. P. N.; ANGEOLETTO, F.; RICHARD, E.; VACCHIANO, M. C.; da SILVA LEANDRO, D.; BOHRER, J. F. C.; SANTOS, J. W. M. C. Arborização urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental. **Terra Plural**, v. 11, n. 2, p. 291-303. 2017.
- DUMBAUGH, E.; GATTIS, J. L. Safe streets, livable streets. **Journal of the American Planning Association**, v. 71, n. 3, p. 283-300. 2005
- FABER TAYLOR, A.; KUO, F. E. Children with attention deficits concentrate better after walk in the park. **Journal of attention disorders**, v. 12, n. 5, p. 402-409. 2009. <https://doi.org/10.1177/1087054708323000>

FABER TAYLOR, A.; KUO, F. E.; SULLIVAN, W. C. Coping with ADD: The surprising connection to green play settings. **Environment and behavior**, v. 33, n. 1, p. 54-77. 2001.

FABER TAYLOR, A.; KUO, F. E.; SULLIVAN, W. C. Views of nature and self-discipline: Evidence from inner city children. **Journal of environmental psychology**, v. 22, n. 2, p. 49-63. 2002.
[@\[https://doi.org/10.1016/02724944\\(95\\)90016-0\]\(https://doi.org/10.1016/02724944\(95\)90016-0\)](https://doi.org/10.1016/02724944(95)90016-0)

GALENIEKS, A. Importance of urban street tree policies: A Comparison of neighbouring Southern California cities. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 22, n. 1, p. 105-110. 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.004>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico de 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:
<https://censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 27 março. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico de 2022**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em:
<https://censo2022.ibge.gov.br> Acesso em: 27 março. 2024.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil: redes urbanas regionais**. Brasília: Ipea. 2001.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD/IPEA/FJP. 2013.

JENNINGS, V.; JOHNSON GAITHER, C.; GRAGG, R. S. Promoting environmental justice through urban green space access: A synopsis. **Environmental Justice**, v. 5, n. 1, p. 1-7. 2012.
<https://doi.org/10.3390/ijerph120201952>

JUNIOR, R. V. ArbVias: método de avaliação da arborização no sistema viário urbano. **Paisagem e Ambiente**, v. 35, n. 1, p. 89-117. 2015.
<https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.voi35p89-117>

KUO, M.; BROWNING, M. H.; SACHDEVA, S.; LEE, K.; WESTPHAL, L. Might school performance grow on trees? Examining the link between “greenness” and academic achievement in urban, high-poverty schools. **Frontiers in psychology**, v. 9, n. 1, p. 1-14. 2018. <https://doi:10.3389/fpsyg.2018.01669>

KWEON, B. S.; ELLIS, C. D.; LEE, J.; JACOBS, K. The link between school environments and student academic performance. **Urban forestry & urban greening**, v. 23, n. 3, p. 35-43. 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.002>

LANDRY, S. M.; CHAKRABORTY, J. Street trees and equity: evaluating the spatial distribution of an urban amenity. **Environment and Planning**, v. 41, n. 11, p. 2651-2670. 2009. <https://doi.org/10.1068/a41236>

LI, D.; SULLIVAN, W. C. Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue. **Landscape and urban planning**, v. 148, n. 1, p. 149-158. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.015>

LIN, Y. H.; TSAI, C. C.; SULLIVAN, W. C.; CHANG, P. J.; CHANG, C. Y. Does awareness affect the restorative function and perception of street trees?. **Frontiers in psychology**, v. 5, n. 906, p. 1-9. 2014. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00906>

MATSUOKA, R. H. Student performance and high school landscapes: Examining the links. **Landscape and urban planning**, v. 97, n. 4, p. 273-282. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.06.011>

MCDONALD, R.; KROEGER, T.; BOUCHER, T.; WANG LONGZHU, W. L.; SALEM, R. **Planting healthy air:** a global analysis of the role of urban trees in addressing particulate matter pollution and extreme heat. Global: The Nature Conservancy, 2016.

MEEROW, S.; NEWELL, J. P. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. **Landscape and urban planning**, v. 159, n. 1, p. 62-75. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005>

MOREIRA, T. C.; POLIZEL, J. L.; SANTOS, I. D. S.; SILVA FILHO, D. F.; BENENOR, I.; LOTUFO, P. A.; MAUAD, T. Green spaces, land cover, street trees and hypertension in the megacity of São Paulo. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 3, p. 1-14. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030725>

MULLANEY, J.; LUCKE, T.; TRUEMAN, S. J. A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. **Landscape and urban planning**, v. 134, n. 1, p. 157-166. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.013>

NESBITT, L.; HOTTE, N.; BARRON, S.; COWAN, J.; SHEPPARD, S. R. The social and economic value of cultural ecosystem services provided by urban forests in North America: A review and suggestions for future research. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 25, n.1, p. 103-111. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.05.005>

NOWAK, D. J.; HIRABAYASHI, S.; BODINE, A.; GREENFIELD, E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. **Environmental pollution**, v. 193, n.1, p. 119-129. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>

PEREIRA, J. R.; FERREIRA, P. A.; BOAS, A. A. V.; OLIVEIRA, E. R. D.; CARDOSO, R. F. Gestão social dos territórios da cidadania: o zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão do território noroeste de Minas Gerais. **Cadernos EBAPE**, v. 9, n. 3, p. 724-747. 2011.

<https://doi.org/10.1590/S1679-39512011000300004>

PRÉNDEZ, M.; ARAYA, M. Urban Trees and Their Relationship with Air Pollution by Particulate Matter and Ozone in Santiago, Chile. In: HENRÍQUEZ, C.; ROMERO, H. (eds) **Urban Climates in Latin America**. Springer, p. 167-206. 2009. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97013-4_8

SALMOND, J. A.; TADAKI, M.; VARDOULAKIS, S.; ARBUTHNOTT, K.; COUTTS, A.; DEMUZERE, M.; WHEELER, B. W. Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment.

Environmental Health, v. 15, n. 1, p. 95-111. 2016.

<https://doi.org/10.1186/s12940-016-0103-6>

SEAMANS, G. S. Mainstreaming the environmental benefits of street trees. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 12, n. 1, p. 2-11. 2013.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.08.004>

TALLIS, M.; TAYLOR, G.; SINNETT, D.; FREER-SMITH, P. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. **Landscape and Urban Planning**, v. 103, n. 2, p. 129-138. 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.07.003>

TENNESSEN, C. M.; CIMPRICH, B. Views to nature: Effects on attention. **Journal of environmental psychology**, v. 15, n. 1, p. 77-85. 1995

[https://doi.org/10.1016/0272944\(95\)90016-0](https://doi.org/10.1016/0272944(95)90016-0)

VON DÖHREN, P.; HAASE, D. Risk assessment concerning urban ecosystem disservices: The example of street trees in Berlin, Germany. **Ecosystem services**, v. 40, n. 1, p. 1-13. 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101031>

WOLCH, J. R.; BYRNE, J.; NEWELL, J. P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. **Landscape and urban planning**, v. 125, n. 1, p. 234-244. 2014.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>

WOLF, K. L.; LAM, S. T.; MCKEEN, J. K.; RICHARDSON, G. R.; Van DEN BOSCH, M.; BARDEKJIAN, A. C. Urban trees and human health: A scoping review. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 12, p. 1-30. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124371>

WOOD, E. M.; ESAIAN, S. The importance of street trees to urban avifauna. **Ecological Applications**, v. 30, n. 7, p. 21-49. 2020.

<https://doi.org/10.1002/eap.2149>

ZARDO, L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SOBA, M.; VAN EUPEN, M. Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning.

Ecosystem services, v. 26, n. 1, p. 225-235. 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.016>

Como citar este artigo:

PARFITT, Claure; CUNHA, Henrique Noguez da; BRUHN, Nádia Campos Pereira. Análise exploratória espacial da arborização de vias em áreas urbanizadas da região Sudeste brasileira e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. **GEOGRAFIA**, Rio Claro-SP, v. 50, n. 1, p. 260-282, 2025.
DOI:

Recebido em 01 de outubro de 2024
Aceito em 21 de maio de 2025