

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

CAMILA SANTOS FONZAR

**Distribuição da Floresta Urbana e sua Relação com
Índices Socioeconômicos no Município de Araras
(SP)**

ARARAS-SP
2025

CAMILA SANTOS FONZAR

**Distribuição da Floresta Urbana e sua Relação com Índices Socioeconômicos no
Município de Araras (SP)**

Trabalho Final de Graduação
apresentado ao Departamento de
Biotecnologia e Produção Vegetal e
Animal do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
São Carlos, para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto
Gorne Viani

Coorientador: Me. Marcos Vinícius da
Silva Alves de Lima

Araras-SP
2025

A todos aqueles que de alguma
forma foram ou são próximos de mim,
tornando este mundo mais especial.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Universidade Federal de São Carlos – UFSCar/CCA pela formação sólida e por todo o conhecimento adquirido ao longo da graduação em Engenharia Agrônômica.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Augusto Gorne Viani, pela paciência, compreensão e pelos valiosos ensinamentos que contribuíram de forma essencial para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao meu coorientador, Me. Marcos Vinícius da Silva Alves de Lima, pela dedicação, apoio constante e pelo compartilhamento de conhecimentos fundamentais para a construção deste trabalho.

À minha mãe e à minha irmã, Marta Maria dos Santos e Julia Santos Fonzar, por serem meu alicerce, acreditarem em mim, apoiarem meus sonhos e estarem sempre presentes em todas as etapas da minha caminhada.

Ao meu namorado, Felipe Yukio Shimizu, pelo incentivo constante e pelo apoio incondicional ao longo desses anos.

Aos colegas e amigos de jornada, Daniel Mantovani, Guilherme Ferreira, Letícia Paschoal, Lino Siteo, Viviane Nascimento, Jairo Pascoal, Gabriel Fernandes e Dorival Mantovani, pela amizade, apoio e pelas memórias compartilhadas durante a graduação.

Aos amigos de toda a vida, Felipe Ferreira e Gustavo Peixoto, pela amizade sincera e por sempre acreditarem em mim.

À minha tia Silvana Sanchez e à minha madrinha Ruth Fonzar, pelo carinho, incentivo e presença em momentos importantes.

Ao Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais – Laspef, pelas oportunidades de aprendizado, pela convivência inspiradora com todos os membros e por terem se tornado uma segunda família.

Por fim, expresso minha mais profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a construção deste trabalho e jornada na graduação.

“As cidades têm a capacidade de fornecer algo para todos, apenas porque, e somente quando, são criadas por todos.”

— *Jane Jacobs*

RESUMO

A implementação da floresta urbana no Brasil se intensificou a partir da década de 1930, impulsionada por políticas públicas para modernização dos centros urbanos. Entretanto, as cidades brasileiras de médio e pequeno porte, em especial, frequentemente ainda apresentam uma distribuição desigual desse componente, com concentração de cobertura arbórea em áreas centrais e de maior poder aquisitivo. Diante disso, essa pesquisa teve por objetivo avaliar a floresta urbana da cidade de Araras (SP) relacionando a distribuição do componente arbóreo com indicadores socioeconômicos. A metodologia empregou uma abordagem quantitativa e espacial, analisando setores censitários urbanos por meio de dados do IBGE e da plataforma UrbVerde para cálculo de acessibilidade, com plano de fundo a regra 3/30/300. A análise estatística buscou correlacionar o cumprimento dos componentes da regra com a renda média e a proporção de crianças e idosos por setor. Os resultados obtidos indicam que o desempenho do município em relação à regra apresenta-se heterogêneo. O critério de acessibilidade, componente “300”, foi o que mais obteve adesão, atingindo 32% dos setores avaliados. Em seguida, encontra-se o critério de visibilidade, com 13% de adesão, e, por fim, o critério de cobertura arbórea, que apresentou o menor índice de adesão, com apenas 9%. A análise combinada demonstrou que nenhum setor censitário atende integralmente os três componentes. A análise revelou uma correlação positiva e significativa entre a renda e a cobertura arbórea, componente “30”, indicando que áreas de menor renda são menos arborizadas. Em contrapartida, não se observaram correlações entre a renda e os demais componentes da regra. As análises demográficas apontaram que setores com maior proporção de idosos têm menor percepção de árvores em seu entorno (regra 3), enquanto setores com maior proporção de crianças tendem a estar mais distantes de áreas verdes públicas, revelando vulnerabilidades ambientais específicas para cada grupo. Conclui-se que a regra 3/30/300 mostrou-se uma ferramenta diagnóstica eficaz para identificar déficits de infraestrutura verde e orientar políticas públicas urbanas que promovam a justiça socioambiental e a resiliência climática em cidades de médio porte.

Palavras-chave: 3-30-300; Arborização urbana; Geoprocessamento; Justiça socioambiental.

ABSTRACT

The implementation of urban forests in Brazil was intensified from the 1930s, driven by public policies aimed at modernizing urban centers. However, medium and small Brazilian cities, in particular, still show an unequal distribution of this component, with tree cover concentrated in central and higher-income areas. In this context, this research aimed to evaluate the urban forest of the city of Araras (SP), relating the distribution of the tree component to socioeconomic indicators. The methodology employed a quantitative and spatial approach, analyzing urban census tracts using IBGE data and the UrbVerde platform to calculate accessibility, with the 3/30/300 rule as a background. The statistical analysis sought to correlate compliance with the rule's components with average income and the proportion of children and elderly in each sector. The results indicate that the municipality's performance regarding the rule is heterogeneous. The accessibility criterion, the "300" component, had the highest adherence, reaching 32% of the evaluated sectors. Next was the visibility criterion, with 13% adherence, and finally, the tree cover criterion, which had the lowest adherence rate at only 9%. The combined analysis showed that no census tract fully meets all three components. The analysis revealed a positive and significant correlation between income and tree cover, the "30" component, indicating that lower-income areas are less wooded. In contrast, no statistically significant correlations were observed between income and the other components of the rule. Demographic analyses indicated that sectors with a higher proportion of elderly residents had a lower perception of tree cover in their surroundings (component "3"), while sectors with a higher proportion of children tended to be farther from public green areas, revealing specific environmental vulnerabilities for each group. It is concluded that the 3/30/300 rule proved to be an effective diagnostic tool for identifying green infrastructure deficits and guiding urban public policies that promote socio-environmental justice and climate resilience in medium-sized cities.

Keywords: 3-30-300; Urban forestry; Geoprocessing; Socio-environmental justice.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização e imagem de satélite da área de estudo: Araras, SP, Brasil..	25
Figura 2. Cobertura Arbórea Percentual por Setor Censitário no Município de Araras (SP).....	36
Figura 3. Distância de áreas verdes por setor censitário no município de Araras (SP).....	38
Figura 4. Comparação entre a distribuição de Arborização e Renda no município de Araras (SP).....	40
Gráfico 1. Porcentagem de Setores Censitários Urbanos de Araras (SP) em Conformidade e Não Conformidade com os Componentes Individuais da Regra 3/30/300.	32
Gráfico 2. Porcentagem de Setores Censitários Urbanos de Araras (SP) que Atendem às Combinações dos Componentes da Regra 3/30/300.....	33
Gráfico 3. Relação entre Salário Mínimo e Percentual de Cobertura Arbórea presente nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP).	41
Gráfico 4. Relação entre Salário Mínimo e Percentual de Domicílios com 3 ou mais Árvores Visíveis em seu Entorno em Araras (SP).....	41
Gráfico 5. Relação entre Salário Mínimo e Distância de Áreas Verdes Públicas de Setores Censitários Urbanos em Araras (SP).....	42
Gráfico 6. Relação entre Percentual de Crianças e Distância até Áreas Verdes Públicas, Presentes nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP).....	43
Gráfico 7. Relação entre Percentual de Idosos e Visibilidade de Árvores no Entorno de Seus Domicílios, Presentes nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP)....	44
Gráfico 8. Relação entre Percentual de Idosos e Distância até Áreas Verdes Públicas, Presentes nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP).....	45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Porcentagem de setores que cumprem ou não a visualização de três árvores no entorno de seus domicílios, no município de Araras (SP).**34**
- Tabela 2.** Porcentagem de setores que cumprem ou não 30% de cobertura arbórea, no município de Araras (SP).**36**
- Tabela 3.** Porcentagem de Setores que Cumprem ou Não a Distância Máxima de 300 m de áreas verdes por setor censitário, no município de Araras (SP).**39**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
2.3 Hipótese	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 Florestas Urbanas	14
3.2 Regra 3-30-300	16
3.3 Plano Diretor e Legislação	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Área de Estudo	25
4.2 Coleta de Dados	26
4.3.1 Metodologia da visibilidade de três árvores	27
4.3.2 Cobertura arbórea de 30%	28
4.3.3 Distância até áreas verdes	29
4.3.4 Dados socioeconômicos	29
4.3.5 Análise dos dados	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Desempenho dos Componentes da Regra 3/30/300	32
5.2 Análise da Contagem de Árvores	34
5.3 Porcentagem de Arborização por Setor Censitário	36
5.4 Distância entre Áreas Verdes	38
5.5 Análise Espacial da Arborização e Renda	40
5.6 Análise de Grupos Vulneráveis com a Regra 3-30-300	43
5.7 Implicações da Desigualdade na Arborização Urbana e Desafios para a Arborização Equitativa	47
5.8 A Regra 3/30/300 como Ferramenta de Diagnóstico para a Justiça Socioambiental e a Sustentabilidade Urbana	48
6 CONCLUSÃO	50

1 INTRODUÇÃO

A urbanização contemporânea ganhou impulso significativo com a Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII. Esse período foi marcado pela mecanização da produção e pela expansão das indústrias, que catalisaram o deslocamento da população rural e o aumentaram rapidamente as áreas urbanas, um fenômeno que persistiu durante o século XIX (Soni, 2025). O avanço desordenado do desenvolvimento urbano, conseqüentemente, gerou diversos impactos ambientais negativos, como a degradação dos ecossistemas locais, a impermeabilização do solo, o aumento da poluição do ar e a formação de ilhas de calor (Rashed, 2023; Bera et al., 2023; Mukherjee, Bairwa, 2025).

Diante do exposto, o urbanista inglês Ebenezer Howard advogou em prol do planejamento urbano com ampla incorporação de parques, praças e áreas arborizadas, objetivando integrar espaços verdes ao ambiente urbano e, por conseguinte, promover a qualidade de vida, a saúde pública e o bem-estar social (Sharifi, 2020). A partir dessa concepção, a floresta urbana deixou de ser considerada apenas um elemento estético e passou a ser reconhecida como uma infraestrutura essencial das cidades, capaz de contribuir para o equilíbrio ambiental e social (Kapucu, 2024).

A arborização das cidades não se limita ao ato de plantar árvores, mas envolve um processo técnico que inclui planejamento, seleção adequada das espécies, manejo correto e integração com as dinâmicas urbanas (Tyagi et al., 2023). A floresta urbana deve ser concebida como uma infraestrutura verde que interage com a mobilidade, o paisagismo, os serviços públicos e o bem-estar social. Ademais, a vegetação urbana é crucial para o aumento da resiliência climática, sobretudo diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela degradação ambiental (Candro, 2022).

Somado a isso, ela proporciona uma série de serviços ecossistêmicos indispensáveis à sustentabilidade das cidades. As árvores urbanas desempenham um papel crucial na regulação do microclima, contribuindo para a redução das temperaturas locais e mitigando o efeito das ilhas de calor (Barros, 2020; Silva, 2023). Conforme destacado por Lopez-Aparicio et al., (2025) e Sarwar (2024), a vegetação localizada em áreas urbanas apresenta o potencial de contribuir para a melhoria da qualidade do ar, uma vez que essa vegetação é capaz de capturar partículas

poluentes e armazenar carbono. Além disso, as áreas verdes têm destaque no manejo das águas pluviais, pois a presença de árvores e áreas verdes reduz o escoamento superficial, prevenindo enchentes e fortalecendo a infraestrutura verde das cidades (Lopez-Aparicio et al., 2020; Mesquita, Lima Neto, 2020).

No Brasil, a partir da década de 1930, a implementação da floresta urbana se intensificou, impulsionado por políticas públicas voltadas à modernização dos centros urbanos. Estudos recentes, entretanto, apontam que as cidades brasileiras, especialmente as de médio e pequeno porte, ainda apresentam uma distribuição desigual desse componente, com concentração de cobertura arbórea em áreas centrais e de maior poder aquisitivo, refletindo as desigualdades socioespaciais urbanas (Ruas, 2022; Zulfiqar, 2024). No entanto, em geral, tal implantação ocorreu de maneira desordenada e sem um planejamento técnico adequado, o que comprometeu a equidade ambiental e o acesso democrático aos espaços verdes.

A necessidade de uma melhor distribuição das áreas arborizadas nas cidades brasileiras está diretamente relacionada à busca por justiça socioambiental e planejamento urbano sustentável. Boing et al., 2021 demonstrou uma correlação entre o perfil socioeconômico da população e a arborização urbana, onde bairros com maior renda tendem a apresentar uma vegetação mais densa e diversificada, enquanto áreas periféricas apresentam uma cobertura arbórea mais escassa. Para a reversão desse quadro, é fundamental que o planejamento da vegetação urbana seja orientado por critérios técnicos e sociais, considerando variáveis como densidade populacional, vulnerabilidade social, disponibilidade de espaço público e indicadores ambientais.

Diante desse contexto, a regra 3/30/300, proposta por Konijnendijk (2023), estabelece diretrizes práticas para a floresta urbana. A proposta sugere que cada residência disponha de visibilidade direta de, no mínimo, três árvores, que o índice de cobertura arbórea e de áreas verdes atinja 30% nos bairros, e que nenhum habitante esteja a mais de 300 m de uma área verde pública acessível. Os parâmetros em questão atuam como indicadores universais de qualidade ambiental urbana, possibilitando que gestores públicos e pesquisadores identifiquem déficits de vegetação e priorizem intervenções voltadas à equidade no acesso aos espaços verdes (Konijnendijk, 2023).

Em cidades de porte médio, como Araras (SP), políticas públicas integradas que utilizem ferramentas de geoprocessamento e análise espacial podem auxiliar na identificação de áreas prioritárias para o plantio de árvores, promovendo uma

distribuição mais justa e eficiente da infraestrutura verde (Salmi, 2023). Dessa forma, a floresta urbana deve ser concebida não apenas como um instrumento estético ou ambiental, mas também como um vetor de inclusão social e saúde urbana, capaz de reduzir desigualdades e fortalecer a resiliência climática dos territórios.

Araras (SP) como objeto de estudo interessa por representar cidades de porte médio que enfrentam desafios típicos relacionados à floresta urbana, tais como: (i) concentração de áreas verdes em regiões centrais; (ii) escassez de espaços vegetados nas periferias; (iii) a fragmentação dos corredores ecológicos e (iv) baixa integração entre planejamento urbano e gestão ambiental (Duarte, Leite, 2020; Lacerda et al., 2025). Soma-se a isso a crescente pressão da urbanização sobre os remanescentes vegetais e o baixo percentual de cobertura arbórea observado em vias públicas, cenário semelhante ao de outros municípios da região (MMA, 2024).

Ademais, o município de Araras também possui uma relação histórica singular com as árvores. Em 1902, tornou-se a primeira cidade do Brasil a realizar um *Arbor Day*, evento tradicional de plantio coletivo de árvores e conscientização ambiental já difundido em diversos países. Em Araras, a celebração foi denominada Festa das Árvores, envolvendo o plantio de mudas e debates sobre questões ambientais, com grande participação de autoridades e figuras públicas da época. O caráter emblemático do evento consolidou o título de “Cidade das Árvores” para o município. Embora as árvores plantadas naquela ocasião não tenham sido preservadas devido ao processo de expansão urbana, o título permanece como símbolo histórico, ainda que pouco se saiba atualmente sobre o real estado da arborização urbana e das áreas verdes no município.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a floresta urbana em Araras (SP), utilizando a regra 3/30/300 como referência, para mensurar a distribuição e verificar o acesso às áreas verdes na cidade, possibilitando uma análise crítica que contribuirá para formulações de políticas públicas, planejamento sustentável e a formulação de estratégias de equidade ambiental mais eficazes para cidades com perfil semelhante.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a floresta urbana da cidade de Araras (SP) relacionando a distribuição do componente arbóreo com indicadores socioeconômicos.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o número de árvores visíveis ao redor das residências;
- Avaliar a distância entre as residências e as áreas verdes públicas;
- Estimar a cobertura arbórea dos diferentes setores censitários da cidade;
- Verificar a relação entre a presença da cobertura vegetal no ambiente urbano e indicadores socioeconômicos da população por setor censitário;
- Verificar se Araras (SP) e seus setores censitários atingem as regras 3-30-300.

2.3 Hipótese

Setores com maior renda possuem mais árvores e áreas verdes públicas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Florestas Urbanas

As florestas urbanas, compreendidas como o conjunto de árvores, parques, praças e fragmentos vegetais que integram o tecido urbano, exercem um papel multifuncional nas cidades, indo além da dimensão estética (Caiche et al., 2021). Elas atuam como infraestrutura verde essencial, contribuindo para a regulação térmica, a melhoria da qualidade do ar, o controle da poluição sonora e a redução da escorrência superficial das águas pluviais (Yoshida, Outa, 2022)

Além disso, as florestas urbanas possuem relevância econômica e social expressiva, pois a vegetação distribuída de forma equitativa valoriza o solo urbano, incentiva a utilização de espaços públicos e impulsiona o turismo local (Silveira et al., 2020). Dessa forma, a floresta urbana configura-se como uma estratégia de elevado retorno socioambiental, fundamental para cidades nas quais o equilíbrio entre expansão urbana e conservação ambiental representa um desafio crescente.

A dimensão social das áreas arborizadas das cidades está intrinsecamente relacionada ao bem-estar e à qualidade de vida da população. Estudos indicam que a presença de árvores nessas localidades exerce uma influência positiva sobre o humor, contribui para a redução dos níveis de estresse e estimula a interação social entre os habitantes (Silva, 2023). Pesquisas realizadas em diversas regiões do Brasil demonstram que trabalhadores em ambientes arborizados reportam maior satisfação e produtividade, evidenciando o papel restaurador dos espaços verdes na saúde mental (Nascimento, Vilas-Boas, Rocha, 2023).

Esse efeito está alinhado com a Teoria da Restauração da Atenção (*Attention Restoration Theory*), que postula que o contato visual com elementos naturais restabelece a capacidade cognitiva e emocional do indivíduo, reforçando a importância da inclusão de áreas verdes nas proximidades de zonas residenciais e de trabalho (Hartig et al., 2021). Além disso, tal relação está fortemente associada ao conceito de biofilia, proposto pelo biólogo Edward O. Wilson, o qual descreve a tendência inata dos seres humanos de buscar conexões com a natureza e outras formas de vida. A biofilia, conceito que estuda a conexão entre os seres vivos e a natureza, sugere que ambientes urbanizados que incorporam vegetação, água e outros elementos naturais promovem bem-estar psicológico, reduzem o estresse e fortalecem o senso de pertencimento social (Bolten, Barbiero, 2020). Dessa forma, tanto a Teoria da Restauração da Atenção quanto a Biofilia ressaltam que a presença de elementos naturais nas cidades ultrapassa a esfera estética, tornando-se um componente essencial à saúde mental e à qualidade de vida urbana.

No contexto ambiental, as florestas urbanas destacam-se pelo impacto benéfico sobre o conforto térmico e a biodiversidade. Em cidades de clima tropical e subtropical, a presença de copas resulta em uma redução significativa da temperatura superficial e contribui para o equilíbrio microclimático, mitigando o efeito de ilhas de calor (Bucci et al., 2021). Estudos demonstram que a sombra e a evapotranspiração proporcionadas pelas árvores podem reduzir a temperatura em até 4 °C em áreas densamente arborizadas (Alves et al., 2024). Ademais, a arborização cria habitats para diversas espécies de aves, insetos e pequenos mamíferos, promovendo a manutenção da biodiversidade local e regional (Aoki et al., 2023). Essa interação ecológica é fundamental para o funcionamento dos serviços ecossistêmicos urbanos, que incluem, entre outros, a polinização, o sequestro de carbono e a regulação hídrica.

No âmbito da mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a literatura recente evidencia que as florestas urbanas desempenham um papel estratégico no enfrentamento dos impactos climáticos. De acordo com Santos e Ribeiro (2022), a vegetação urbana contribui diretamente para a redução de gases de efeito estufa, além de auxiliar na drenagem e infiltração de águas pluviais. Ademais, a pesquisa de Silva (2023) reforça que as florestas urbanas devem ser consideradas uma infraestrutura verde de mitigação, pois compensam emissões, melhoram a resiliência das cidades e contribuem para o cumprimento de metas de sustentabilidade, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Em cidades como Campinas (SP) e Ribeirão Preto (SP), políticas municipais que ampliam corredores verdes têm sido associadas à diminuição das temperaturas urbanas e à maior resiliência frente a eventos extremos (Bucci et al., 2021).

Embora gerem diversos benefícios ambientais, as florestas urbanas também refletem desigualdades socioambientais que espelham o padrão de segregação das cidades brasileiras. Bairros de maior renda tendem a apresentar uma maior densidade arbórea, manutenção adequada e acesso a praças e parques, enquanto regiões periféricas frequentemente enfrentam déficit de vegetação, alta exposição a temperaturas elevadas e carência de infraestrutura verde (Aoki et al., 2023).

Pesquisas realizadas principalmente nas regiões Norte e Nordeste verificaram que as diferenças na cobertura arbórea estão fortemente associadas a fatores socioeconômicos, sendo mais expressivas em municípios com alto índice de desigualdade de renda (Bucci et al., 2021). Em estudo semelhante, Alves et al. (2024) observaram que a distribuição desigual das árvores em Teixeira de Freitas (BA)

resultou em diferenças de conforto térmico e bem-estar entre bairros de alta e baixa renda.

Esse padrão é igualmente observado em cidades do interior paulista, como Piracicaba, onde estudos indicam diferenças na cobertura arbórea entre regiões centrais e periféricas. Segundo um diagnóstico da arborização urbana realizado pela Prefeitura de Piracicaba, as regiões Centro e Leste apresentaram os maiores índices de cobertura arbórea (20,83% e 26,42%, respectivamente), enquanto a região Sul, caracterizada por uma expansão recente e menor infraestrutura urbana, registrou apenas 18,85% (Câmara Municipal de Piracicaba, 2024). Esses dados reforçam a tendência de concentração de áreas verdes em zonas mais consolidadas, em detrimento das periferias, refletindo um padrão de desigualdade socioambiental comum a diversas cidades brasileiras.

3.2 Regra 3-30-300

A regra 3/30/300 foi proposta por Konijnendijk (2023) como uma diretriz simples e baseada em evidências científicas para mensurar o acesso equitativo à natureza em áreas urbanas. Ela estabelece que cada pessoa deve ver ao menos três árvores de sua casa, escola ou local de trabalho; os bairros devem possuir 30% de cobertura de copas arbóreas; e todos os residentes devem estar a no máximo 300 metros de uma área verde de qualidade (Konijnendijk, 2023).

A adoção de estratégias para o aumento da cobertura vegetal em áreas urbanas deve levar em conta as limitações impostas tanto pelo contexto urbano quanto pelas condições climáticas locais, integrando diferentes tipos de vegetação para maximizar os benefícios ambientais e sociais. Em cidades densamente construídas ou situadas em regiões áridas, pode ser inviável atingir a meta de 30% de cobertura apenas com copas de árvores, sendo necessário incorporar outras formas de vegetação, como arbustos, jardins, telhados verdes e parques de bolso, para promover o resfriamento urbano, a melhoria da qualidade do ar e o bem-estar da população (Konijnendijk, 2023; Croeser et al., 2024; Owen et al., 2024). Dessa forma, a flexibilidade na escolha das espécies e na composição da vegetação urbana é fundamental para adaptar as diretrizes internacionais, como a regra 3/30/300, às realidades locais, garantindo o acesso equitativo à natureza e a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas. O objetivo da regra é traduzir décadas de pesquisas

sobre os benefícios das florestas urbanas para a saúde e o bem-estar em metas práticas, comunicáveis e aplicáveis em políticas públicas (Konijnendijk, 2023).

Cada componente da regra representa uma dimensão específica da relação humano-natureza: a visibilidade das árvores está ligada à percepção psicológica de bem-estar; a cobertura de copa reflete a capacidade de regulação microclimática e provisão de serviços ecossistêmicos; e a distância até áreas verdes mede o acesso físico e funcional a espaços de lazer (Nieuwenhuijsen et al., 2022). Desse modo, pode-se desenvolver um índice de adequabilidade ambiental da floresta urbana a partir do equacionamento matemático de cada um dos componentes da referida regra. A proposta surgiu como uma forma de simplificar métricas complexas de planejamento urbano verde, auxiliando municípios a estabelecer prioridades e acompanhar o progresso de metas ambientais e sociais. Em síntese, a regra propõe um tripé mensurável de exposição, estrutura e acessibilidade, que pode ser adaptado a diferentes realidades territoriais (Croeser et al., 2024).

Desde sua introdução, a regra 3/30/300 vem sendo aplicada em diversos contextos urbanos ao redor do mundo, especialmente em cidades que buscam alinhar políticas de plantio arbóreo com indicadores de saúde pública e sustentabilidade (Nieuwenhuijsen et al., 2022). Estudos realizados em Barcelona e Helsinque demonstraram que moradores de bairros que atendiam simultaneamente aos três critérios apresentaram melhores índices de saúde mental, satisfação residencial e maior coesão social (Nieuwenhuijsen et al., 2022)

Em 2024, um estudo comparativo com oito cidades globais, conduzido por Croeser et al. (2024), revelou que nenhuma das cidades analisadas cumpria integralmente os três critérios. Em média, menos de 15% dos residentes atendiam simultaneamente às metas de visibilidade, cobertura e proximidade. Os autores ressaltam que o cumprimento parcial da regra não invalida sua utilidade, pelo contrário, permite diagnosticar onde e por que ocorrem déficits ambientais, por exemplo, bairros com visibilidade de árvores, mas sem áreas verdes acessíveis, ou com parques distantes, mas poucas copas.

Outros trabalhos vêm demonstrando o potencial da regra como ferramenta de monitoramento urbano. Em Xangai (China), Zheng et al. (2024) aplicaram a 3/30/300 usando dados de sensoriamento remoto e modelagem de distância euclidiana, encontrando correlação positiva entre cumprimento da regra e índices de bem-estar auto relatados.

A aplicabilidade da regra 3/30/300 na América Latina tem sido estudada como uma ferramenta adaptável para o planejamento urbano em contextos diversos. Conforme demonstrado por Manyahuilca et al. (2024), em um estudo realizado no distrito de Barranco, em Lima, no Peru, foi evidenciada a viabilidade de adaptar os indicadores da regra a uma cidade costeira desértica. A metodologia empregada consistiu na revisão dos três critérios com base nas características físicas do tecido urbano e no contexto climático local, propondo um sistema de pontuação para identificar áreas com maior déficit de verde urbano. Os resultados do estudo indicaram que a Regra 3/30/300 pode ser uma ferramenta útil para a gestão da arborização e das áreas verdes, dada a sua flexibilidade e os baixos requisitos técnicos e financeiros para sua operação. No entanto, ressalta-se o desafio contínuo da disponibilidade de dados de qualidade (Manyahuilca et al., 2024). Este estudo destaca a relevância de estratégias adaptativas para a implementação da regra em áreas com condições ambientais e socioeconômicas distintas das europeias, onde a regra foi originalmente concebida.

No Brasil, embora a regra ainda não seja formalmente adotada em planos diretores, sua estrutura vem sendo utilizada como indicador comparativo em diagnósticos ambientais. Pesquisas em cidades como Curitiba, São Paulo e Belo Horizonte demonstram que, mesmo com boa cobertura arbórea média, a distribuição do verde é desigual, concentrando-se em áreas de maior renda (Bucci et al., 2021; LabVerde, 2022). Isso indica que a aplicação da 3/30/300 pode revelar padrões de injustiça ambiental ao evidenciar os bairros que ficam abaixo dos limites mínimos de contato com a natureza.

Silva et al. (2025) empregaram a diretriz em Cachoeiro de Itapemirim, um município de médio porte no Espírito Santo, sudeste brasileiro, com o objetivo de caracterizar bairros com diferentes níveis de renda per capita. De acordo com os resultados da pesquisa, nenhum dos nove bairros avaliados, pertencentes a três estratos econômicos distintos, cumpria integralmente a regra 3/30/300. Apenas um bairro apresentou cobertura de copa superior a 30%, devido à sua urbanização incompleta e à presença de matriz florestal natural remanescente. Apenas outro bairro tinha todas as residências a menos de 300 metros de uma área verde pública (Silva et al., 2025). As conclusões do estudo destacam a necessidade de as autoridades públicas avaliarem a implementação e a manutenção de florestas urbanas para aumentar significativamente a cobertura verde, enfatizando que o planejamento

urbano deve considerar os preceitos da regra 3/30/300 para garantir ambientes mais equitativos e de maior qualidade.

Em um contexto brasileiro mais amplo, Santos (2024) investigou a justiça socioambiental em Irati, no estado do Paraná, por meio da regra 3/30/300, considerando áreas verdes públicas, privadas e potenciais. A análise, realizada com o auxílio do software QGIS e do Processo de Análise Hierárquica (AHP), classificou os bairros em categorias de justiça (ótima, razoável e ruim) e correlacionou a justiça socioambiental com a climática por meio de mapas de Ilha de Calor Urbano (UHI) e Índice Térmico Urbano (UTFVI). Diante dos resultados obtidos, é imprescindível a adoção da diretriz 3-30-300-Potencial em Irati, visando a promoção de discussões acerca da implantação de novas áreas verdes públicas. Tal medida é fundamental para a promoção da equidade ambiental e a melhoria da qualidade de vida urbana (Santos, 2024). Este estudo reforça a relevância da regra como um instrumento para diagnosticar e orientar políticas públicas voltadas à infraestrutura verde e ao bem-estar da população.

Um estudo que avaliou os planos de arborização de capitais brasileiras, constatou que menos da metade (48%) das capitais disponibilizavam seus Planos Diretores de Arborização Urbana (PDAU) online, enquanto 11% sequer tinham previsão legal para tais instrumentos (Bucci et al., 2021). Os autores enfatizam que a carência de instrumentos formais de gestão evidencia a limitação dos municípios brasileiros em estruturar a arborização urbana como vetor de saúde e sustentabilidade. Como resultado, mesmo capitais com cobertura arbórea relativamente elevada ainda apresentam falhas na distribuição equitativa e no engajamento da população.

Outro estudo, realizado em Uberaba (MG), intitulado Avaliação da Cobertura Vegetal Urbana Utilizando Imagens do Satélite CBERS-4A (Geraldo et al., 2021) identificou uma cobertura vegetal média de 24,53% para a vegetação urbana (arbórea + gramínea) e uma cobertura arbórea estimada de 18,51 m²/habitante, valores inferiores ao limiar de 30% de cobertura recomendado por diretrizes internacionais. O estudo também apontou que bairros periféricos apresentavam cobertura vegetal significativamente menor do que os bairros centrais mais consolidados, evidenciando desigualdades espaciais na oferta de arborização no contexto urbano.

3.3 Plano Diretor e Legislação

A inclusão da arborização urbana no delineamento normativo municipal constitui requisito fundamental para a gestão sistemática das árvores em cidades brasileiras. Planos Diretores de Arborização Urbana (PDAU) e legislações complementares, quando existentes, estabelecem objetivos, responsabilidades institucionais, espécies recomendadas, normas de plantio e manutenção, além de instrumentos para proteção de árvores maduras. Exemplos recentes evidenciam a diversidade de arranjos institucionais. O PDAU de Caxias do Sul (2020) apresenta diretrizes detalhadas para a gestão da arborização, enquanto análises críticas do plano de Salvador ressaltam a necessidade de integração entre planejamento e execução orçamentária para a efetividade das metas de cobertura arbórea (Prefeitura De Caxias Do Sul, 2020; Sales et al., 2021).

O Plano Diretor Estratégico (PDE) do Município de São Paulo, instituído pela Lei nº 16.050/2014 e revisado em 2024, é um dos instrumentos mais abrangentes de planejamento urbano do país, integrando diretrizes ambientais e de infraestrutura verde à estrutura territorial da cidade. O PDE incorpora a arborização e as áreas verdes como elementos estruturantes do sistema ambiental urbano, articulando-as com o macrozoneamento, o controle da expansão urbana e a mitigação das ilhas de calor (São Paulo, 2014). O plano prevê a ampliação da cobertura vegetal, a recuperação de fundos de vale e a integração das Unidades de Conservação ao tecido urbano, configurando um "sistema de espaços livres de uso público" voltado à sustentabilidade ambiental e ao bem-estar da população (Miranda, Cunha, Furlan, 2021). Estudos recentes destacam que o PDE de São Paulo foi pioneiro ao vincular metas de cobertura arbórea à promoção da equidade socioambiental, priorizando bairros periféricos historicamente desprovidos de áreas verdes (Gonçalves, 2021). Tal orientação reafirma o papel do planejamento urbano como um mecanismo de promoção da justiça ambiental e de adaptação às mudanças climáticas.

Nos demais municípios do estado de São Paulo, observa-se grande heterogeneidade quanto à integração da arborização urbana em seus planos diretores. Cidades como Campinas, Ribeirão Preto e Sorocaba incorporaram diretrizes ambientais em suas revisões recentes, vinculando o ordenamento territorial à criação de corredores ecológicos e à ampliação de áreas de lazer arborizadas (Campinas, 2018; Sorocaba, 2021). Em contraposição, cidades de médio porte, tais

como Araras e Limeira, ainda carecem de Planos Diretores de Arborização Urbana específicos e de legislação complementar que trate da manutenção, poda e inventário do patrimônio arbóreo, o que limita a implementação de políticas integradas de gestão verde (Julião, 2020). Estudos realizados sobre o interior paulista evidenciaram que a maioria das cidades dispõe de dispositivos genéricos nos planos diretores referentes ao "meio ambiente", porém sem estabelecer metas mensuráveis de cobertura arbórea ou diretrizes claras para o monitoramento (Salmi, 2023). A referida lacuna evidencia a necessidade de fortalecer a governança local, por meio da criação de instrumentos municipais que aproximem o planejamento da execução efetiva da arborização urbana.

O município de Araras possui seu planejamento urbano regido pela Lei Complementar n.º 3.901/2006, que institui o Plano Diretor e define diretrizes voltadas ao desenvolvimento sustentável, harmonizando o crescimento econômico com a preservação ambiental e a qualidade de vida da população (Araras, 2006). Em 2024, o município deu início à revisão participativa do plano, por meio de audiências públicas e consultas populares, com o objetivo de atualizar suas políticas urbanas diante das novas demandas ambientais e sociais (Câmara Municipal De Araras, 2024). Tais medidas estão alinhadas às metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, da Organização das Nações Unidas (ONU, 2021), e reforçam a inserção da infraestrutura verde como elemento estratégico na gestão urbana, conforme também apontam Carvalho, Nascimento e Biondi (2022) ao analisarem cidades médias do interior paulista.

Na prática, a existência de um PDAU facilita a priorização de ações como plantio, proteção e manejo, a criação de cadastros arbóreos e a institucionalização de rotinas de monitoramento. Esses elementos são essenciais para municípios de porte médio, como Araras, que requerem instrumentos normativos claros para orientar intervenções locais.

Ao mesmo tempo, a ausência de uma regulamentação e a falta de inventários atualizados muitas vezes dificultam a realização de avaliações precisas sobre a distribuição de árvores nas áreas urbanas. Relatórios técnicos e manuais de arborização sinalizam que diversos municípios possuem normas de plantio sem ter realizado inventário atualizado das árvores, situação que compromete tanto a alocação de recursos quanto o monitoramento do cumprimento de metas previstas no plano (CEMIG, 2022). A experiência municipal mostra que a existência de normas e

de um PDAU é uma condição necessária, mas não suficiente, sendo igualmente necessário contar com dados confiáveis, gerados a partir de inventários ou amostragens, para fundamentar a implementação de políticas (Sales et al., 2021; Mendes, 2021)

A decisão entre realizar um censo (inventário completo) ou um inventário amostral representa uma escolha metodológica central nos estudos de arborização urbana, determinada por recursos disponíveis, finalidade do levantamento e escala da cidade. O censo, que envolve a identificação e mensuração de todos os indivíduos arbóreos em uma área delimitada, proporciona o retrato mais preciso da estrutura arbórea e é indicado para áreas pequenas ou praças específicas. No entanto, em escala municipal, sua execução tende a ser onerosa em termos de tempo e custo (Projectare, 2021). Em contraste, métodos de amostragem bem planejados permitem estimativas robustas da população arbórea com custos operacionais reduzidos, mantendo a margem de erro sob controle quando o delineamento e o tamanho das parcelas são adequados ao objetivo do estudo (Angelo et al., 2022). Dessa forma, cidades de porte médio, como Araras, frequentemente adotam amostragens probabilísticas estratificadas como alternativa pragmática para obter dados representativos sem os custos de um censo total.

A literatura técnica brasileira tem discutido critérios para optar por censo ou amostragem com base na finalidade do inventário (gestão de risco, cálculo de biomassa, planejamento de plantios) e na capacidade institucional. Estudos de caso e guias metodológicos demonstraram que a amostragem é recomendada quando o objetivo é estimar indicadores gerais, como o número de árvores por habitante e a cobertura de copa média. Por outro lado, o censo é exigido para intervenções operacionais detalhadas, como poda, remoção e replantio, em áreas críticas (Silva, 2025). Em suma, a deliberação deve levar em conta a precisão desejada, os recursos disponíveis e a urgência dos resultados. Em muitos casos, uma estratégia mista, que inclua amostragem para diagnóstico e censo focal em áreas de interesse, é a opção mais eficiente.

Estudos recentes corroboram a importância de definir as unidades amostrais considerando a morfologia urbana local, como a malha viária, a ocupação por quadras e parques, a heterogeneidade socioespacial e a acessibilidade para o levantamento de campo. Estudos que adaptaram a metodologia de Curitiba em cidades do interior paulista ajustaram o tamanho e a forma das parcelas para compatibilizá-las com a

malha de ruas e com o tamanho médio dos setores censitários locais, reduzindo vieses de cobertura e aumentando a representatividade (Ferreira et al., 2023). Em suma, o delineamento amostral deve ser ajustado em cada caso, visto que a utilização irrestrita de unidades padronizadas sem levar em consideração o contexto urbano pode introduzir erro sistemático.

No que se refere aos métodos de inventário, há um conjunto de procedimentos aplicáveis, tais como levantamentos de campo com registro por árvore (espécie, DAP, porte, condição fitossanitária), apoio por imagens aéreas para medição de área de copa, uso de LIDAR para determinar volumetria e altura, bem como a integração em bancos de dados georreferenciados (SIG). Dentre os avanços metodológicos recentes no Brasil, destacam-se o emprego combinado de imagens de alta resolução para identificação prévia de copas e a coleta amostral de campo apenas para validação e ajuste de modelos de extrapolação (Projectare, 2021; Zambonato et al., 2022). A integração em questão promove a redução dos custos de campo e o aumento da escalabilidade dos inventários municipais. Dessa forma, é possível realizar atualizações periódicas sem a necessidade de um censo total.

Além dos métodos técnicos, protocolos padronizados e planilhas digitais têm sido desenvolvidos para uniformizar a coleta e facilitar a interoperabilidade entre os órgãos municipais. Em conformidade com os estudos de Zambonato et al. (2022) e CEMIG (2022), as propostas brasileiras recentes apresentaram modelos de inventário que agregam informações dendrométricas, fitossanitárias e de risco, com campos padronizados para integração em SIG e plataformas online de gestão urbana. A adoção de protocolos padronizados não apenas favorece a gestão operacional, mas também a produção de indicadores comparáveis entre municípios e ao longo do tempo, elemento crucial para o monitoramento de políticas públicas e para a prestação de contas à sociedade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

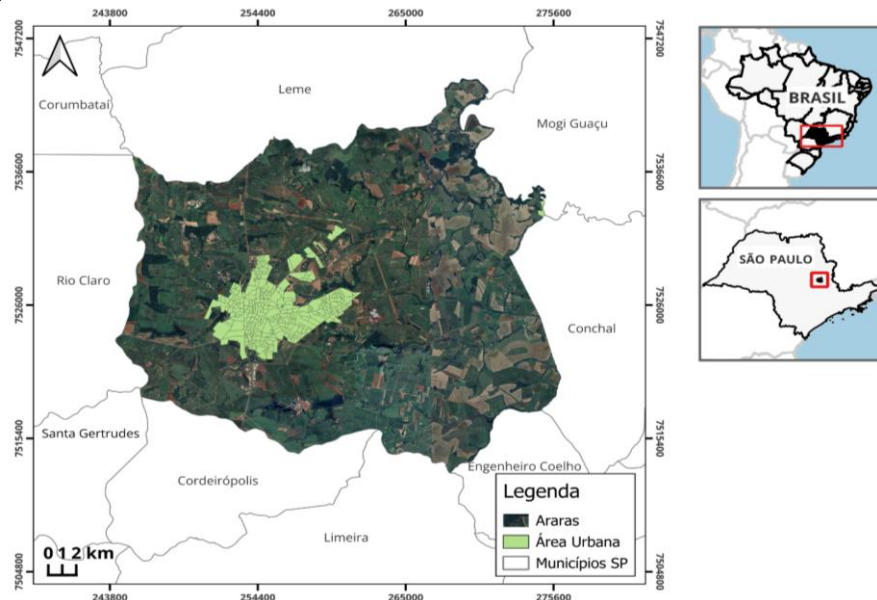
4.1 Área de Estudo

O município de Araras, localizado no interior do estado de São Paulo, situa-se nas coordenadas geográficas de 22°21'25" S e 47°23'03", com área territorial de 644,831 km², conforme estimativa do IBGE (2024). A população, segundo o Censo de 2022, é de 130.866 habitantes, o que representa uma densidade demográfica de 202,95 habitantes por km².

Administrativamente, a zona urbana do município (área delimitada para o estudo) é composta por 42,7400 km² distribuídos por 328 setores censitários (IBGE, 2022). Dentro desse contexto, Araras conta com cerca de 170 bairros, possuindo um total de 373 áreas verdes cadastradas (Prefeitura Municipal de Araras, 2023).

Conforme as Normais Climatológicas publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município de Araras apresenta clima predominante do tipo Cwa, na classificação de Köppen-Geiger, tropical de altitude, com verões quentes e úmidos e invernos secos e amenos. A precipitação concentra-se nos meses mais quentes, enquanto os meses de inverno permanecem com baixo índice pluviométrico e temperaturas mais amenas.

Figura 1. Localização e imagem de satélite da área de estudo: Araras, SP, Brasil.



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025, sobre imagem Sentinel-2 (Copernicus, 2025).

O município de Araras apresenta uso do solo fortemente voltado às atividades agrícolas, com predominância da cultura da cana-de-açúcar, além de áreas significativas destinadas à citricultura. A vegetação nativa, caracterizada pelos biomas Cerrado e Mata Atlântica, encontra-se bastante reduzida, distribuída em pequenos fragmentos, o que evidencia a pressão exercida pela expansão agrícola sobre os recursos naturais (Rosa et al., 2022).

4.2 Coleta de Dados

Dada a finalidade desta pesquisa, que consiste em avaliar a floresta urbana

da cidade de Araras (SP) por setor censitário, relacionando a presença de árvores com indicadores socioeconômicos, foi elaborado um desenho metodológico baseado em um conjunto de indicadores que permite verificar empiricamente cada componente da regra 3/30/300.

A abordagem em questão objetiva correlacionar o fundamento teórico da regra com métricas espaciais que refletem a estrutura da floresta urbana local, de modo a atender aos objetivos específicos do estudo. Ademais, foram analisados indicadores socioeconômicos, incluindo a renda média da população por setor, bem como a quantidade de crianças e idosos, permitindo compreender como esses grupos podem ser impactados pela infraestrutura verde.

A delimitação da área urbana do município de Araras foi realizada com base na malha de setores censitários do Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2022). A escolha dos setores censitários fundamenta-se no fato de que essa divisão territorial proporciona uniformidade nos recortes espaciais, facilitando comparações entre localidades urbanas devido à padronização de estrutura, tamanho e critérios operacionais (IBGE, 2023). É importante destacar que os setores censitários não possuem uma área física padronizada, uma vez que sua delimitação se baseia principalmente em critérios operacionais, especialmente o número de domicílios, de modo que cada setor represente uma unidade de trabalho compatível com a capacidade de coleta de um agente, tipicamente entre 200 e 300 domicílios (IBGE, 2019). Em Araras, verificou-se que os setores urbanos apresentam uma variação espacial significativa, com áreas mínimas, máximas e médias que correspondem a 4.422 m², 42.740.033 m² e 259.747 m², respectivamente.

Ademais, a utilização dessa malha setorial é vantajosa para investigações sobre cobertura vegetal e desigualdade territorial pois oferece granularidade suficiente para identificar áreas com menor cobertura vegetal ou acesso reduzido em cidades de médio porte (IBGE, 2023). A escolha dos setores censitários, em vez de bairros, para esta análise foi motivada, também, pela dificuldade na obtenção de dados consistentes em tais delimitações nas bases geográficas da Prefeitura de Araras, que frequentemente carece de definições oficiais ou atualizações.

4.3.1 Metodologia da visibilidade de três árvores

A visibilidade das árvores foi analisada a partir de dados públicos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), extraídos da base "Agregados por Setores Censitários - Brasil - Características Urbanísticas do Entorno dos Domicílios" (IBGE, 2022). Para a presente pesquisa, foram selecionadas as variáveis relacionadas à arborização das vias públicas. Os domicílios foram classificados em cinco categorias: sem árvores, de 1 a 2 árvores, de 3 a 4 árvores, 5 ou mais árvores e não informado (saltado). O indicador de visibilidade reflete a qualidade da experiência visual cotidiana da população, sendo amplamente associado à melhoria da saúde mental, sensação de bem-estar e restauração cognitiva em ambientes urbanos (Houlden et al., 2020).

A metodologia adotada pelo IBGE para a coleta dos dados de visibilidade das árvores, fundamenta-se na observação direta realizada pelos agentes ao longo da face de quadra, que constitui a unidade espacial básica do levantamento (IBGE, 2023). Nesse procedimento, a arborização é o único quesito que utiliza o critério de contagem, restringindo-se às árvores localizadas na face do quarteirão percorrida e, quando existente, no canteiro central, desconsiderando qualquer elemento vegetativo situado em áreas internas dos lotes privados ou na calçada oposta (IBGE, 2023). Para serem contabilizadas, as árvores devem estar em área de uso comum, apresentar porte arbóreo com altura superior à média de uma pessoa adulta e ser identificadas como elementos destinados especificamente à arborização urbana, independentemente do estado da copa, da quantidade de folhas ou de podas recentes (IBGE, 2023).

Destaca-se que os dados utilizados correspondem a uma amostra censitária, uma vez que o levantamento do IBGE abrange apenas uma parte dos setores censitários urbanos, no caso de Araras, apenas 257 de 328 setores foram avaliados. Tal característica preserva a coerência com o princípio amostral originalmente estabelecido na pesquisa, assegurando a representatividade espacial e estatística. O emprego de amostras censitárias é extensamente corroborado em estudos urbanos e ambientais, uma vez que possibilita a análise eficiente de vastas áreas, otimizando o processamento de dados e reduzindo custos operacionais sem afetar a precisão dos resultados (Ferreira et al., 2021; Lima et al., 2020).

O processamento e a análise espacial dos dados foram realizados no software QGIS 3.42.2, um Sistema de Informação Geográfica de código aberto, que possibilitou a manipulação de imagens, a vetorização de feições e a elaboração dos mapas

temáticos. Inicialmente, a malha vetorial municipal e setorial censitária de Araras foi obtida e importada para o software QGIS, utilizando o plugin Censo IBGE. Em seguida, realizou-se o recorte da camada para isolar exclusivamente a área urbana, removendo os setores classificados como rurais conforme a codificação do IBGE. Dessa forma, apenas a malha urbana e os respectivos setores censitários foram mantidos para servir de base às análises espaciais subsequentes.

4.3.2 Cobertura arbórea de 30%

O indicador de 30% de cobertura arbórea, por sua vez, representa a capacidade da vegetação urbana de regular o microclima, reduzir o desconforto térmico e mitigar os efeitos das ilhas de calor, além de indicar a eficiência ecológica e funcional da infraestrutura verde nas cidades (Barros, 2020; Liu et al., 2024).

Para o cálculo da proporção de cobertura verde, considerou-se a área total de cada setor censitário e a área correspondente a espaços vegetados identificados, incluindo parques, praças, jardins públicos e áreas arborizadas. Essa abordagem, que integra dados de sensoriamento remoto e informações geoespaciais, é essencial para avaliar a infraestrutura verde urbana em diferentes escalas territoriais, permitindo análises comparativas entre regiões e a identificação de desigualdades na distribuição da cobertura vegetal (Pallathadka et al., 2023).

Esse procedimento permitiu determinar, de forma direta e objetiva, a fração de área verde presente em cada setor urbano, gerando um indicador padronizado de cobertura vegetal que pode ser comparado entre diferentes setores (Kowe et al., 2021; Bauwelinck et al., 2021).

4.3.3 Distância até áreas verdes

A análise da distância média até áreas verdes constitui um indicador essencial de acessibilidade urbana, ao quantificar o deslocamento exigido para que a população acesse praças, parques e outros espaços livres de uso coletivo. Tal indicador é amplamente empregado na avaliação de desigualdades socioespaciais na oferta de infraestrutura verde e no embasamento de políticas públicas de planejamento urbano orientadas à promoção da equidade socioambiental (Fernandes et al., 2021; Liu et al., 2024)

Neste estudo, a distância média foi obtida por meio da plataforma UrbVerde, que emprega a distância euclidiana entre o centróide geométrico de cada setor censitário urbano e a borda mais próxima do polígono que representa a área verde, como praças e parques (UrbVerde, 2021). Na plataforma UrbVerde, inicialmente, na página principal, selecionou-se o município de Araras – SP por meio da ferramenta de busca localizada. Em seguida, no menu lateral denominado Mapas Temáticos, acessou-se o grupo “Parques e praças”, expandindo-se as opções disponíveis. Dentro deste conjunto, escolheu-se a camada “Distância média até as praças”, a qual apresenta a estimativa da distância euclidiana entre o centróide geométrico de cada setor censitário e o limite mais próximo das praças e demais áreas verdes públicas.

Após a seleção da camada, o mapa exibe automaticamente a distribuição espacial das distâncias, representada por uma escala cromática que varia do verde ao vermelho, correspondendo, respectivamente, às menores e maiores distâncias médias. No painel lateral direito, manteve-se habilitada a visualização dos setores censitários e das áreas verdes urbanas, garantindo a leitura integrada entre a malha urbana e os polígonos de vegetação pública. A navegação no mapa foi realizada exclusivamente em modo bidimensional, preservando a configuração padrão da plataforma.

Por fim, os valores associados a cada setor censitário foram consultados a partir da legenda fornecida pela plataforma, que apresenta intervalos de distância em metros e permite a comparação visual entre diferentes regiões da cidade. Esses procedimentos asseguraram consistência na extração dos dados e reprodutibilidade na análise espacial conduzida.

Tal abordagem está alinhada com metodologias amplamente empregadas em estudos de acessibilidade verde, que utilizam o centróide dos setores censitários como referência para o cálculo de distâncias médias, dada sua representatividade espacial (Wang et al., 2021). Adicionalmente, a opção pela borda da área verde, em vez do centro, fundamenta-se em práticas consolidadas de análise de acessibilidade, que consideram a distância mínima necessária para o contato físico com a infraestrutura verde (Zhang et al., 2022).

Após a coleta automática dos dados na plataforma, os valores das distâncias médias de cada setor foram transcritos e organizados em uma planilha. Posteriormente, esses dados foram atribuídos a cada setor correspondente para seu

mapeamento.

4.3.4 Dados socioeconômicos

A variável de rendimento médio mensal domiciliar per capita foi obtida a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base no Censo Demográfico de 2022, em nível de setor censitário. Essa variável foi utilizada como indicador socioeconômico para representar a distribuição da renda na cidade de Araras, permitindo identificar desigualdades territoriais e sua relação com a disponibilidade de áreas verdes. O rendimento é amplamente utilizado em estudos de planejamento urbano e justiça ambiental, por refletir as condições de vulnerabilidade social e a capacidade de acesso a infraestruturas urbanas qualificadas. Dessa forma, a correlação entre renda e cobertura verde permite compreender de que maneira o desenvolvimento urbano tem reproduzido assimetrias socioambientais, especialmente em cidades de pequeno e médio porte (Ferreira et al., 2023).

Os dados demográficos referentes à população de crianças e idosos foram extraídos das bases de dados do Censo Demográfico de 2022, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para cada um dos 257 setores censitários urbanos, foi realizado o levantamento do número absoluto de residentes pertencentes a cada faixa etária. Subsequentemente, esses valores foram transformados em dados proporcionais, calculando-se o percentual que cada setor representa em relação à população total de cada grupo (crianças e idosos). Essa informação foi utilizada para avaliar a vulnerabilidade demográfica e o potencial impacto da arborização urbana sobre grupos mais sensíveis às variações microclimáticas e à disponibilidade de áreas de lazer e convivência. A inclusão da idade como variável explicativa permite analisar se setores com maior presença de populações vulneráveis apresentam menor acesso a áreas verdes, contribuindo para discussões sobre equidade e planejamento inclusivo no contexto urbano (Callaghan et al., 2021; Liu et al., 2024)

4.3.5 Análise dos dados

Com o objetivo de verificar se as variáveis utilizadas apresentavam distribuição

normal, foi aplicado previamente o teste de normalidade de Shapiro–Wilk para cada conjunto de dados analisado. Os resultados indicaram que as variáveis não seguem uma distribuição normal ($p < 0,05$), inviabilizando o uso de testes paramétricos baseados em pressupostos de normalidade. Essa constatação fundamentou a adoção de métodos não paramétricos para a etapa de correlação, garantindo maior adequação estatística às características dos dados e maior confiabilidade na interpretação das relações identificadas. Portanto, para analisar a relação entre as variáveis socioeconômicas, demográficas e as métricas de infraestrutura verde, foi empregada, a análise de correlação de Spearman (ρ) devido a ausência de uma distribuição normal dos dados.

Nesse viés, cada correlação foi testada quanto à sua significância estatística, utilizando o valor-p (p -value) como critério. Foi adotado um nível de significância de $\alpha = 0,05$, de modo que correlações com p -valor inferior a 0,05 foram consideradas estatisticamente significativas, permitindo rejeitar a hipótese nula de que não há associação entre as variáveis. Todas as análises estatísticas e a geração dos gráficos de dispersão foram realizadas no software RStudio versão 4.5.1.

Este delineamento metodológico, que utiliza a correlação de Spearman para explorar as associações entre os componentes da regra 3-30-300 e fatores contextuais, é uma abordagem robusta e alinhada com estudos recentes na área. Um exemplo notável é o trabalho de Croeser et al., 2024, que também aplicaram a correlação de Spearman para analisar a força e a direção das relações entre os três componentes da regra 3-30-300 em oito grandes cidades globais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

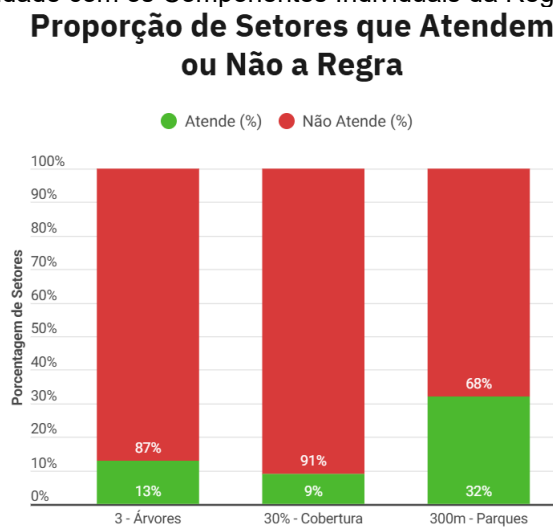
5.1 Desempenho dos Componentes da Regra 3/30/300

É fundamental ressaltar que, embora a regra 3-30-300 tenha sido conceitualmente para a escala de bairro, a presente análise adotou o setor censitário como unidade espacial. O setor censitário é, de um modo geral, uma unidade geográfica de menor dimensão e mais granular que um bairro, o que impõe um desafio metodológico superior para o cumprimento da regra, especialmente para o componente de 30% de cobertura. No entanto, esta opção não invalida os resultados,

mas concede-lhes um elevado potencial representativo. Ao demonstrar as carências e desigualdades em uma escala tão precisa, os resultados adquirem uma robustez acrescida, na medida em que indicam que as falhas na infraestrutura verde ocorrem em uma menor escala, produzindo um impacto direto na experiência cotidiana dos residentes e suas proximidades.

O **Gráfico 1** demonstra a proporção do total de 257 setores censitários do município de Araras (SP) que cumprem individualmente cada componente da Regra 3/30/300. Constatou-se que o critério de distância de até 300 metros de áreas verdes públicas foi o mais atendido, contemplando 32% dos setores avaliados. Em contrapartida, o componente referente à visibilidade de, no mínimo, três árvores a partir dos domicílios foi atendido em apenas 13% dos setores, enquanto o indicador de 30% de cobertura arbórea apresentou o menor desempenho, com conformidade de apenas 9%.

Gráfico 1. Percentagem de Setores Censitários Urbanos de Araras (SP) em Conformidade e Não Conformidade com os Componentes Individuais da Regra 3/30/300.



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

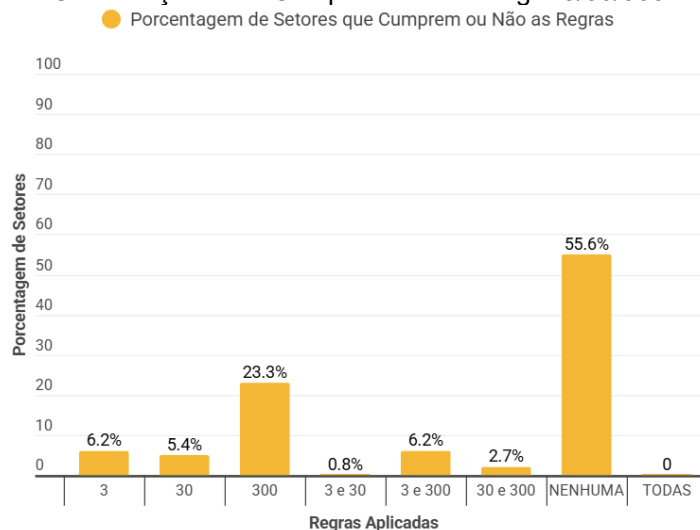
Os resultados obtidos demonstram que, embora Araras apresente um nível razoável de acessibilidade a áreas verdes públicas, há uma carência em relação à arborização de ruas e calçadas. Esse aspecto afeta diretamente o conforto térmico e a percepção visual do ambiente urbano.

Diante dos resultados obtidos, é possível afirmar que, embora o município tenha apresentado avanços no que se refere à acessibilidade a parques e praças, a arborização de ruas e calçadas ainda é bastante limitada. A referida carência compromete não apenas o conforto térmico urbano, mas também a qualidade estética e o bem-estar psicológico dos moradores. Ademais, o desequilíbrio entre os componentes da regra evidencia a ausência de uma infraestrutura verde integrada,

aspecto ressaltado por Gómez-Baggethun e Barton (2013) como essencial para assegurar benefícios ecológicos e sociais equitativos.

Em uma segunda análise, **Gráfico 2** demonstra a quantidade de setores censitários no município de Araras (SP) que cumprem, de forma isolada ou combinada, os componentes da Regra 3/30/300. Constata-se que a maioria dos setores atende exclusivamente ao critério de proximidade a áreas verdes (300 m), totalizando 60 (23,3%) setores. Posteriormente, o componente de visibilidade de três árvores foi cumprido em 16 (5,4%) setores, enquanto o critério de 30% de cobertura arbórea foi atendido em apenas 14 setores. A análise das combinações revela que 16 (6,2%) setores cumprem simultaneamente os critérios "3 e 300", 7 (2,7%) setores atendem "30 e 300" e apenas 2 (0,8%) setores "3 e 30". Nenhum setor atende integralmente os três componentes e 143 (55,6%) não atende a nenhuma regra.

Gráfico 2. Porcentagem de Setores Censitários Urbanos de Araras (SP) que Atendem às Combinações dos Componentes da Regra 3/30/300.



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

Esses resultados evidenciam a dificuldade de se alcançar a totalidade da Regra 3/30/300 em contextos urbanos de médio porte, como o município de Araras. A predominância do cumprimento isolado do componente 300 m indica que o município prioriza a criação de áreas verdes públicas, mas ainda carece de estratégias efetivas de arborização em ruas e calçadas residenciais, aspectos indispensáveis para a integração ecológica e o bem-estar da população (Almeida e Fernandes, 2023). Constatou-se situação análoga em estudos realizados por Croeser et al. (2024), que identificaram baixa conformidade integral com a regra em oito cidades globais. Dessa forma, evidencia-se que a maioria dos centros urbanos ainda enfrenta dificuldades em conciliar quantidade, distribuição e proximidade das áreas verdes.

5.2 Análise da Contagem de Árvores

De acordo com os dados do IBGE (2022), as categorias "sem árvores" e "de 1 a 2 árvores", são os grupo de domicílios que não atendem à regra dos 3; e à soma das categorias "de 3 a 4 árvores" e "5 ou mais árvores", correspondendo aos domicílios que atendem à regra. Dessa forma, a proporção de setores com visibilidade adequada foi calculada pela razão entre o total de setores que cumprem a regra e o número total de setores avaliados (257) (**Tabela 1**).

Tabela 1. Porcentagem de setores que cumprem ou não a visualização de três árvores no entorno de seus domicílios, no município de Araras (SP).

Cumprimento da Regra	Porcentagem de Setores
Cumprem	13,2%
Não Cumprem	86,8%

Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

Os dados obtidos indicaram que 13,2% dos setores de Araras atendem ao critério "3" da regra 3/30/300, ou seja, apresentam visibilidade mínima de três árvores a partir de suas fachadas. Em contrapartida, 86,8% dos setores não atendem ao requisito. Esse resultado demonstra que a maioria dos setores do município não estabelece, de forma contínua ou intermitente, algum tipo de relação visual com a arborização urbana. Esse fato indica uma falta de avanço no que se refere à qualidade ambiental local. A presença de árvores visíveis a partir das residências tem sido associada a benefícios psicológicos e fisiológicos, como o aumento da sensação de bem-estar, a redução do estresse e a restauração da atenção mental (Wu et al., 2023). Ademais, o contato visual diário com áreas verdes é reconhecido como um dos principais fatores que favorecem a percepção de segurança, conforto térmico e apego ao lugar (De Bell et al., 2020).

Conforme destacado por Konijnendijk (2023), a regra 3/30/300 deve ser interpretada como uma meta de cobertura e visibilidade universal, ou seja, o cumprimento integral do critério "3" deveria ser alcançado por todos os bairros. Dessa forma, embora o resultado geral do município seja expressivo, ele não garante uma distribuição homogênea entre bairros e setores censitários. Dessa forma, os valores

identificados reforçam a necessidade de planejamento urbano contínuo e de políticas públicas voltadas para a ampliação da arborização de ruas e calçadas, de modo que todos os moradores possam usufruir igualmente dos benefícios visuais e psicológicos da natureza urbana.

É importante ressaltar que essa interpretação deve ser feita tendo em conta as limitações da própria Regra 3/30/300, que considera apenas indicadores quantitativos e espaciais, sem contemplar atributos qualitativos da vegetação, como espécie, porte, vitalidade ou condição fitossanitária. A ausência desses elementos na análise pode influenciar a percepção real dos benefícios ecológicos e sociais oferecidos pela arborização disponível.

5.3 Porcentagem de Arborização por Setor Censitário

A avaliação quantitativa da cobertura arbórea, realizada em todos os 328 setores censitários urbanos de Araras, revelou que o município possui uma área de cobertura total de 12.196.600 m². Este valor corresponde a uma média de 28,5% de cobertura para toda a sua extensão urbana. É importante notar que não existe um consenso técnico que estipule uma porcentagem de cobertura arbórea ideal para a totalidade da área urbana total de um município. As diretrizes mais difundidas, como a regra 3-30-300, são preconizadas para escalas locais, como a de bairros, onde o impacto na qualidade de vida dos residentes é mais direto.

A análise dos dados apresentados na **Tabela 2**, demonstram que uma proporção majoritária de 80,5% dos setores não atende ao critério estabelecido, enquanto apenas 19,5% alcançam ou superam essa meta. A baixa conformidade com a meta de 30% de cobertura arbórea, evidenciada pela média de apenas 16,25% por setor, demonstra que o município não atinge o nível adequado para a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação térmica e a melhoria da qualidade do ar (Kabisch, Haase, 2017; Who, 2016).

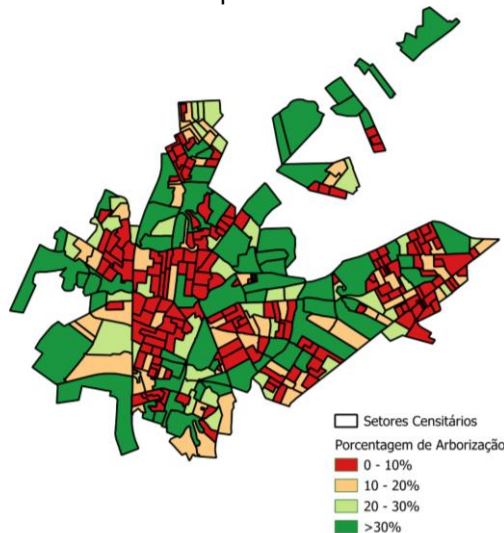
Tabela 2. Porcentagem de setores que cumprem ou não 30% de cobertura arbórea, em Araras (SP).

Cumprimento da Regra	Porcentagem de Setores
Cumprem	19,5%
Não Cumprem	80,5%

Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

Ademais, a distribuição espacial da cobertura arbórea apresenta significativa desigualdade (**Figura 2**). Setores periféricos e áreas de ocupação recente registram cobertura superior a 30%, enquanto a maioria dos setores centrais, caracterizados por elevada densidade construtiva, apresenta índices inferiores a 20% ou até mesmo abaixo de 10%. Esta disparidade espacial reflete padrões observados em outros municípios brasileiros, nos quais a urbanização histórica e a pressão imobiliária resultam na redução da vegetação em áreas centrais (Facundes et al., 2024). Além disso, pela vocação agropecuária da cidade de Araras e sua expansão está sendo visualizada em processo atual, reconhecer as áreas periféricas como aquelas onde de maior área verde pode ser um reflexo de sua caracterização natural, caracterizando essas regiões como sensíveis para proteção aos instrumentos do Plano Diretor.

Figura 2. Cobertura Arbórea Percentual por Setor Censitário no Município de Araras (SP).



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

Importante deixar claro que, a heterogeneidade na distribuição da cobertura arbórea compromete a equidade socioambiental, pois uma parcela significativa da população permanece sem acesso aos serviços ecossistêmicos proporcionados pela arborização urbana, como sombreamento, mitigação de ilhas de calor, regulação do microclima e melhoria da qualidade de vida (Alvares et al., 2013; Tian et al., 2021; Barbosa et al., 2017). Ferreira et al. (2022) destacam que a distribuição desigual da cobertura arbórea em áreas urbanas aprofunda desigualdades socioeconômicas históricas e demanda ações de planejamento territorial mais integradas.

Desse modo, a distribuição desigual evidencia a necessidade de políticas públicas voltadas prioritariamente aos setores com baixos índices de cobertura. Essas

medidas são essenciais para garantir acesso equitativo aos benefícios das áreas verdes e promover a sustentabilidade urbana (Silva et al., 2025). Entretanto, atender plenamente a meta de 30% em bairros altamente urbanizados, como os setores centrais, constitui um desafio adicional. Nesses locais, a elevada impermeabilização do solo, a presença consolidada de edificações e a escassez de espaços livres dificultam intervenções estruturais capazes de ampliar significativamente a cobertura arbórea. Assim, a adequação desses bairros às metas propostas demanda estratégias de longo prazo, associadas ao redesenho urbano e à criação de oportunidades para o incremento de vegetação em áreas hoje totalmente pavimentadas.

5.4 Distância entre Áreas Verdes

A **Figura 3**, apresenta a distribuição dos setores censitários de acordo com sua proximidade a um determinado ponto de interesse, áreas verdes, parques e praças, categorizando-os em duas classes: setores localizados a menos de 300 metros, em verde e setores a mais de 300 metros, em vermelho.

Figura 3. Distância de áreas verdes por setor censitário no município de Araras (SP).



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

A escolha do limiar de 300 m é significativa, pois é frequentemente utilizada em estudos de planejamento urbano e saúde pública como uma distância razoável para acessibilidade a pé a serviços e infraestruturas, incluindo áreas verdes e parques (Almeida, Fernandes, 2023).

A análise visual do mapa revela que a distribuição dos setores verdes e vermelhos não é homogênea. Observa-se uma concentração de setores verdes em algumas áreas, indicando boa acessibilidade a esse ponto de interesse, enquanto outras regiões são predominantemente vermelhas, sugerindo uma menor acessibilidade. Essa disparidade na acessibilidade pode ter implicações diretas na qualidade de vida da população, uma vez que a proximidade a áreas verdes urbanas está associada a diversos benefícios, como a promoção da atividade física, a redução do estresse, a melhoria da saúde mental e a regulação microclimática (Ciclovivo, 2024; RBAFS, 2024).

A **Tabela 3** evidencia que 64% dos setores censitários de Araras atendem ao critério de estarem localizados a até 300 metros de uma área verde, enquanto 36% não cumprem essa exigência. Esse resultado indica que, embora a maioria da população tenha acesso relativamente próximo a parques, praças ou áreas vegetadas, ainda existe uma parcela significativa do território municipal em situação de desvantagem

Tabela 3. Porcentagem de Setores que Cumprem ou Não a Distância Máxima de 300 m de áreas verdes por setor censitário, no município de Araras (SP).

Cumprimento da Regra	Porcentagem de Setores
Cumprem	64%
Não Cumprem	36%

Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

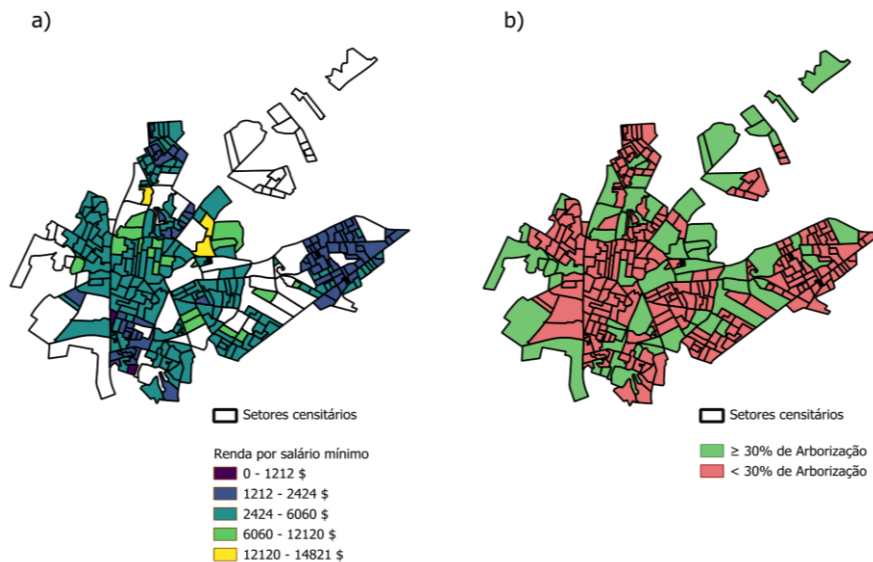
A falta de acesso equitativo a esses espaços pode exacerbar as desigualdades sociais e de saúde, especialmente em áreas onde a população já enfrenta outras vulnerabilidades. Simão (2024) aponta que a acessibilidade a parques e áreas verdes é um indicador crucial de justiça ambiental, e a ausência desses espaços em proximidade pode impactar negativamente o bem-estar das comunidades.

Portanto, o padrão espacial observado no mapa de distância reforça a necessidade de políticas públicas que visem a criação e a melhoria da acessibilidade a áreas verdes em todas as regiões da cidade, garantindo que os benefícios da natureza urbana sejam compartilhados de forma equitativa por todos os cidadãos. Contudo, alcançar essa equidade na distribuição de áreas verdes representa um desafio significativo para o planejamento urbano. Em setores já consolidados e densamente urbanizados, a adequação a essa meta não é uma tarefa simples, pois frequentemente envolve a necessidade de intervir na infraestrutura cinza existente. Em muitos casos, a criação de novos espaços verdes pode demandar a aquisição de áreas privadas para conversão em áreas públicas, um processo complexo e de alto custo para a gestão municipal.

5.5 Análise Espacial da Arborização e Renda

A análise das figuras de distribuição espacial da arborização e da renda revela padrões que sugerem uma relação entre a cobertura vegetal e as condições socioeconômicas dos setores urbanos (**Figura 4**).

Figura 4. Comparação entre a distribuição de Arborização e Renda no município de Araras (SP).



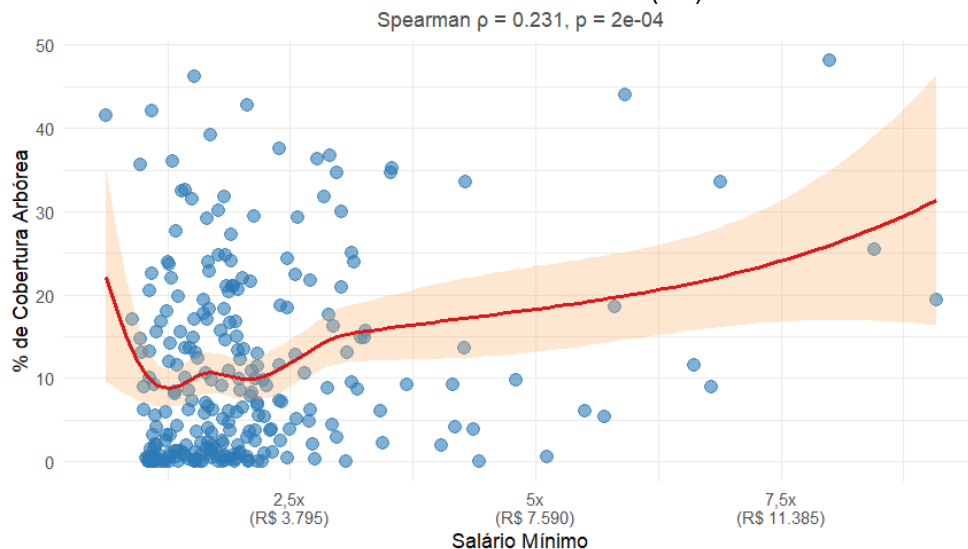
Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

O mapa de arborização (**Figura 4a**) indica que setores com 30% ou mais de cobertura arbórea, destacados em verde, concentram-se em áreas específicas. Em contraste, setores com menor percentual de arborização, destacados em vermelho, predominam em outras regiões. Ademais, o mapa (**Figura 4b**) apresenta a distribuição

da renda per capita, com tons escuros indicando rendas equivalentes a um salário mínimo e tons claros representando rendas mais elevadas. A análise conjunta desses mapas sugere que áreas de menor renda tendem a não atingir o mínimo de 30%, enquanto áreas de maior renda conseguem atingir a marca.

A analogia entre renda e porcentagem de arborização (**Gráfico 3**), obteve uma correlação positiva, fraca, porém estatisticamente significativa ($\rho = 0,231$; $p < 0,001$) no teste de correlação de Spearman. Dessa forma, embora a renda não seja o único fator determinante, existe uma tendência, onde setores com maior poder aquisitivo tendem a ser mais arborizados. A análise da linha de tendência reforça essa conclusão, exibindo um padrão que evidencia uma cobertura vegetal notavelmente baixa nas áreas de menor renda, com um aumento progressivo conforme a renda se eleva. Tal resultado alinha-se à vasta literatura sobre justiça ambiental, que documenta a distribuição desigual de serviços ecossistêmicos em espaços urbanos.

Gráfico 3. Relação entre Salário Mínimo e Percentual de Cobertura Arbórea presente nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP).

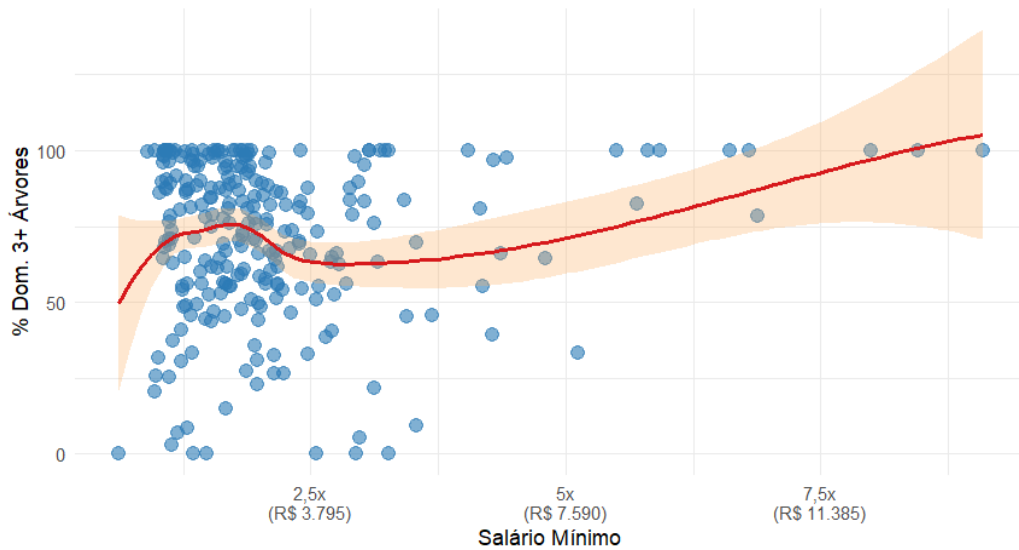


Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

Ao analisar a percepção do complemento “3” (**Gráfico 4**), por sua vez, não foi encontrada uma correlação estatisticamente significativa com a renda (Spearman $\rho = -0,042$; $p = 0,5031$). O valor-p, substancialmente superior ao nível de significância de 0,05, indica que a hipótese nula não pode ser rejeitada. Isso sugere que a percepção da arborização local não varia de forma consistente com a renda, ou que a métrica utilizada não captura adequadamente as nuances da qualidade do ambiente percebido pelos residentes.

Gráfico 4. Relação entre Salário Mínimo e Percentual de Domicílios com 3 ou mais Árvores Visíveis em seu Entorno em Araras (SP).

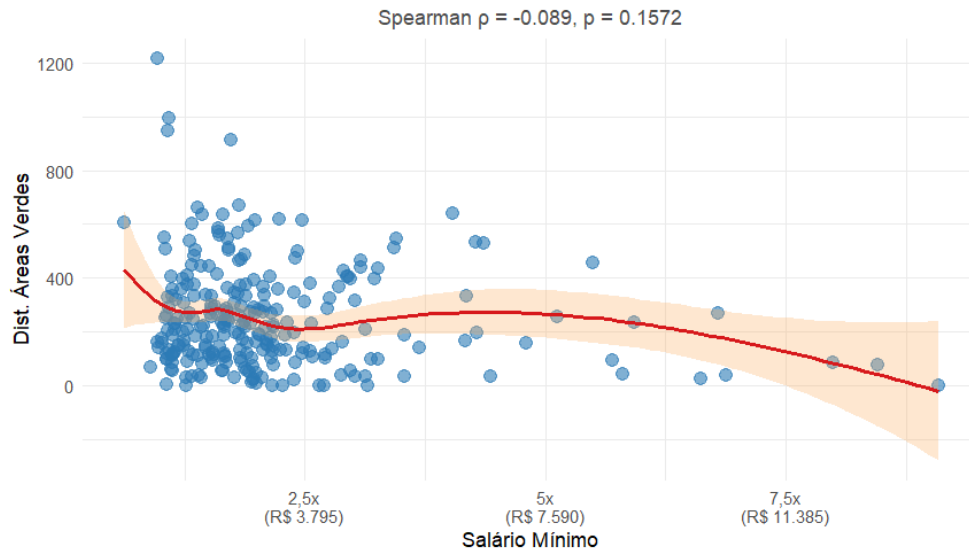
Spearman $\rho = -0.042$, $p = 0.5031$



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

Por fim, a análise da acessibilidade a áreas verdes públicas, medida pela distância média dos domicílios a esses espaços (**Gráfico 5**), também não apresentou correlação estatisticamente significativa com a renda ($\rho = -0,089$; $p = 0,1572$). A ausência de uma relação estatística sugere que a localização de parques e praças no município pode não seguir uma lógica diretamente associada à renda dos bairros. Embora a linha de tendência aponte uma leve diminuição da distância nas faixas de renda mais altas, a falta de significância estatística impede a formulação de conclusões a esse respeito, indicando que outros fatores, como o planejamento urbano histórico ou a topografia, podem ser mais preponderantes na distribuição desses equipamentos públicos.

Gráfico 5. Relação entre Salário Mínimo e Distância de Áreas Verdes Públicas de Setores Censitários Urbanos em Araras (SP).



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

Conforme observado, a desigualdade verde em Araras não se manifesta totalmente, de forma significativa em termos de renda. No entanto, é possível notar que tal desigualdade se manifesta, ainda que de maneira menos evidente, na organização espacial da cidade. Estudos realizados em municípios paulistas de porte similar, como Limeira e Sorocaba, identificam padrões semelhantes, nos quais o fator econômico perde relevância diante de condicionantes de planejamento urbano (Gonçalves, Maraschin, 2021).

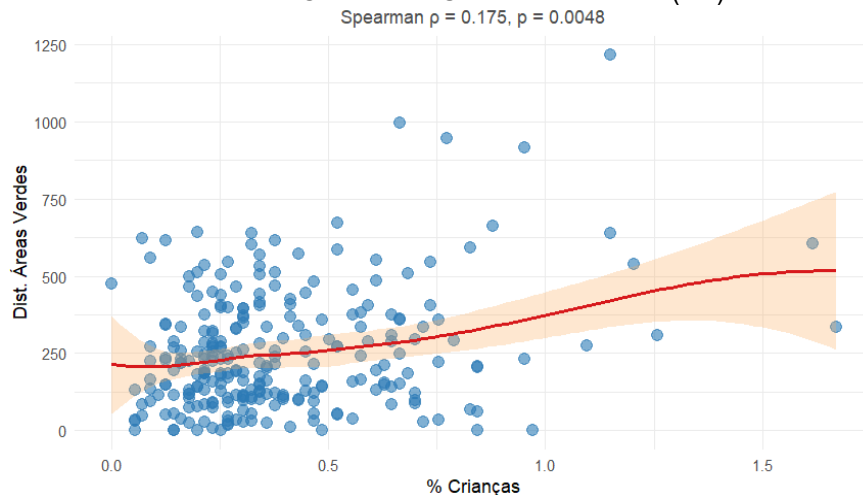
5.6 Análise de Grupos Vulneráveis com a Regra 3-30-300

A análise da distribuição da infraestrutura verde se torna particularmente relevante quando correlacionada com a presença de grupos demográficos considerados mais vulneráveis, como crianças e idosos. O acesso à natureza impacta diretamente a saúde e o bem-estar desses grupos, seja pelo desenvolvimento infantil ou pela manutenção da qualidade de vida na terceira idade. Para investigar essa relação, foram realizados testes de correlação de Spearman entre as variáveis demográficas (% de crianças e idosos) e as métricas associadas à regra 3-30-300. Dentre as diversas correlações testadas, apenas duas apresentaram resultados estatisticamente significativos, as quais são discutidas a seguir.

A primeira relação significativa encontrada aponta para uma desvantagem locacional para a população infantil no que tange ao acesso a espaços de lazer

estruturados. A análise de correlação entre o percentual de crianças e a distância às áreas verdes (**Gráfico 6**) resultou em um coeficiente (ρ) de 0,175 e um valor-p de 0,0048. Este resultado indica uma correlação positiva, fraca, mas estatisticamente significativa, cuja interpretação é que setores com maior concentração de crianças tendem a estar localizados mais distantes de parques e praças. Embora a força da correlação seja baixa, a significância estatística valida a tendência, sugerindo que bairros com perfil demográfico mais jovem, possivelmente áreas de expansão urbana mais recentes, ainda carecem de investimentos em infraestrutura verde pública de grande porte, limitando o acesso das crianças a espaços qualificados para o lazer e a socialização.

Gráfico 6. Relação entre Percentual de Crianças e Distância até Áreas Verdes Públicas, Presentes nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP).



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

A segunda correlação significativa revela um panorama preocupante para a população idosa, focando no ambiente do entorno imediato. O teste realizado entre o percentual de idosos e a percepção de arborização domiciliar (**Gráfico 7**) apresentou um coeficiente (ρ) de -0,359 e um valor-p de 0 ($p < 0,001$), indicando uma correlação negativa, de força fraca a moderada, e com alta significância estatística. A conclusão alcançada é que os setores com uma maior proporção de idosos tendem a apresentar uma menor quantidade de árvores no entorno de suas residências. A relação entre envelhecimento populacional e arborização é crítica, pois os idosos dependem de ambientes confortáveis, sombreados e acessíveis para manter sua mobilidade e qualidade de vida. Estas características são especialmente benéficas para a saúde da população idosa, que, por sua vez, passa a maior parte do tempo no ambiente doméstico e nas suas imediações (Dadvand et al., 2015). A escassez de

vegetação nas proximidades pode, portanto, agravar as condições de vulnerabilidade deste grupo.

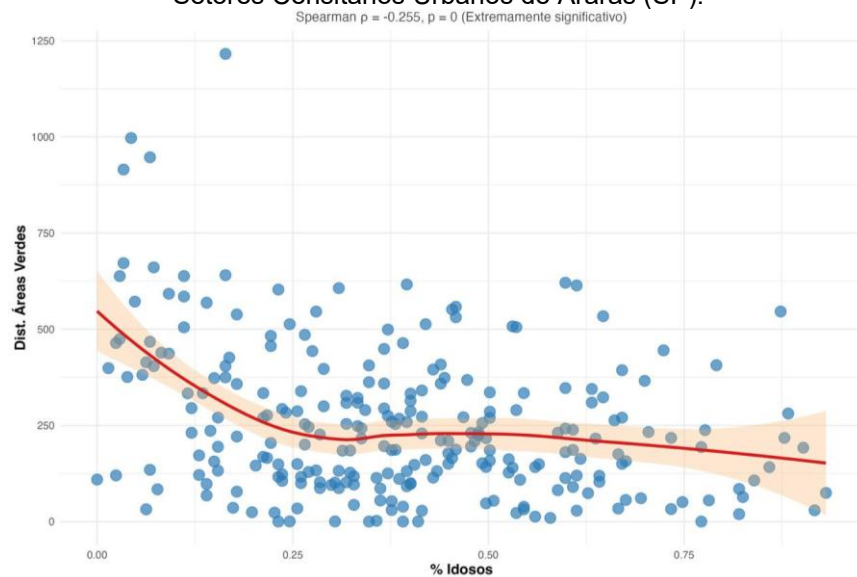
Gráfico 7. Relação entre Percentual de Idosos e Visibilidade de Árvores no Entorno de Seus Domicílios, Presentes nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP).



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

A análise da acessibilidade da população idosa a áreas verdes públicas, apresentada na **Gráfico 8**, revela uma relação estatisticamente significativa. O gráfico de dispersão relaciona a proporção de idosos em cada setor censitário com a distância média, em metros, até à área verde mais próxima, fornecendo um diagnóstico sobre o acesso deste grupo a espaços de lazer e socialização.

Gráfico 8. Relação entre Percentual de Idosos e Distância até Áreas Verdes Públicas, Presentes nos Setores Censitários Urbanos de Araras (SP).



Fonte: Produzido pelo autor, em 2025.

O teste de correlação de Spearman indica um coeficiente (ρ) de -0,255, com um valor-p de 0 ($p < 0,001$), confirmando uma correlação negativa, embora fraca, com uma elevada significância estatística. Esta relação é corroborada pela linha de tendência evidenciada no gráfico, que exibe uma curva descendente, a qual à medida que a proporção de idosos aumenta, a distância às áreas verdes tende a diminuir. A significância estatística do resultado ($p=0$) garante que essa tendência não é um artefato aleatório, mas um padrão nos dados.

Apesar da força da correlação ser classificada como fraca, evidenciada pela considerável dispersão dos pontos em torno da linha de tendência, a direção da associação é notória. Este padrão sugere uma vantagem locacional para a população idosa, constituindo um fator positivo, na medida em que facilita o acesso a oportunidades de lazer e interação social, elementos cruciais para a promoção de um envelhecimento ativo e saudável (Silva, 2025).

Conforme demonstrado por Silva (2025), a ausência de áreas verdes nas proximidades tem um impacto negativo no isolamento social e no bem-estar físico e emocional destas populações. Deste modo, a escassez de arborização nas áreas residenciais evidencia um desafio de inclusão ambiental que deve ser integrado nas políticas públicas de urbanismo e saúde. De acordo com Bakhtsiyarava et al. (2024), as políticas urbanas direcionadas para estes públicos devem atribuir prioridade à criação de microespaços verdes e à arborização de vias em áreas periféricas, constituindo uma estratégia eficaz para promover o conforto térmico e a coesão social. Esta evidência reforça a necessidade estratégica de políticas urbanas integradas, que aliem o planejamento ecológico, a justiça social e a participação comunitária (Gómez-Baggethun, Barton, 2013).

5.7 Implicações da Desigualdade na Arborização Urbana e Desafios para a Arborização Equitativa

A distribuição desigual da arborização urbana, evidenciada por mapas e análise estatística, destaca questões centrais de justiça ambiental e social nas cidades. A predominância de áreas verdes em regiões de maior renda e sua escassez em áreas de menor renda refletem processos históricos de urbanização e planejamento que marginalizam populações vulneráveis (WRI Brasil, 2020). O fenômeno da gentrificação verde, no qual o acesso a espaços naturais de qualidade

é restrito a determinados grupos, intensifica desigualdades e limita o acesso das comunidades de baixa renda aos benefícios da arborização.

As implicações dessa desigualdade são vastas e afetam diretamente a qualidade de vida dos cidadãos. A falta de cobertura arbórea em bairros periféricos contribui para o aumento das ilhas de calor, tornando essas áreas mais suscetíveis a temperaturas elevadas e seus impactos na saúde, como estresse térmico e doenças respiratórias (Correio Braziliense, 2025).

Além disso, a ausência de árvores e espaços verdes limita as oportunidades de lazer, recreação e contato com a natureza, essenciais para o bem-estar físico e mental (Riva Incorporadora, 2024). A arborização urbana, portanto, transcende a mera estética, configurando-se como um elemento fundamental para a saúde pública, a resiliência climática e a promoção da equidade social (Ecodebate, 2024).

A distribuição da arborização urbana é determinada por diversos fatores além da renda, incluindo o histórico de ocupação do solo, a densidade construtiva, a infraestrutura disponível e as políticas públicas de planejamento urbano.

A ausência de espaço adequado para o plantio de árvores em áreas densamente urbanizadas, a presença de infraestrutura subterrânea como redes de água, esgoto e eletricidade, bem como a resistência de moradores devido a preocupações com raízes, folhas ou segurança, constituem obstáculos relevantes para a ampliação da cobertura arbórea (Jornal da USP, 2023).

Além disso, a manutenção insuficiente e a escolha inadequada de espécies adaptadas ao ambiente urbano reduzem a taxa de sobrevivência das árvores plantadas.

Para reverter o cenário de desigualdade na arborização, é imperativo que as políticas públicas adotem uma abordagem mais inclusiva e equitativa. Isso envolve não apenas o plantio de novas árvores, mas também a criação de planos de manejo que considerem as especificidades de cada bairro, a participação da comunidade no processo de decisão e a destinação de recursos para áreas historicamente negligenciadas.

A implementação de um Plano Nacional de Arborização Urbana, como o proposto pelo MMA (2025), é um passo importante para estabelecer diretrizes e metas que promovam a distribuição justa e eficiente da infraestrutura verde em todo o território nacional

5.8 A Regra 3/30/300 como Ferramenta de Diagnóstico para a Justiça Socioambiental e a Sustentabilidade Urbana

Os resultados obtidos corroboram a hipótese de que o município de Araras (SP) apresenta avanços pontuais em termos de acessibilidade a áreas verdes. No entanto, ainda enfrenta grandes desafios no cumprimento integral da regra 3/30/300, sobretudo no que se refere à cobertura arbórea e à visibilidade de árvores no ambiente urbano. Essa configuração evidencia a necessidade de políticas públicas que promovam uma infraestrutura verde equitativa, com foco na inclusão socioambiental de grupos vulneráveis, como idosos e crianças, e na redução dos impactos da urbanização desordenada.

Nesse sentido, os achados deste estudo dialogam diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Agenda 2030 da ONU, em especial o ODS 11, que visa "tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis", e o ODS 13, que enfatiza a "ação urgente para combater as mudanças climáticas e seus impactos". A expansão da arborização urbana, associada à diminuição das desigualdades no acesso às áreas verdes, contribui para mitigar o efeito de ilhas de calor, aprimorar a qualidade do ar, promover bem-estar físico e psicológico, e aumentar a resiliência climática das cidades (Silva, 2025; Gómez-Baggethun, Barton, 2013).

Dessa forma, a análise realizada em Araras demonstra o potencial da regra 3/30/300 como ferramenta de diagnóstico e planejamento ambiental, capaz de orientar o poder público e a sociedade civil na construção de cidades mais verdes, saudáveis e socialmente justas. Entretanto, é importante reconhecer que essa métrica, embora útil e de fácil aplicação, apresenta limitações que precisam ser consideradas no processo de tomada de decisão. A regra não avalia a qualidade das árvores, o estado de conservação da vegetação nem a composição das áreas verdes, restringindo-se principalmente à quantificação e distribuição espacial.

Além disso, seu enfoque recai sobre árvores presentes em vias públicas e sobre a cobertura arbórea geral, sem contemplar de forma detalhada os componentes arbóreos no interior das residências ou lotes privados. Em ambos os casos, embora não mensure diretamente as condições internas ou a vitalidade das árvores, os efeitos ambientais e sociais decorrentes dessas estruturas verdes podem impactar significativamente os residentes. Assim, a aplicação da regra 3/30/300 deve ser

entendida como um ponto de partida, e não como uma avaliação completa da arborização urbana, sendo recomendável sua integração com indicadores complementares que considerem aspectos qualitativos, ecológicos e socioambientais mais amplos.

6 CONCLUSÃO

A análise da arborização urbana de Araras (SP), fundamentada na Regra 3/30/300, revelou um padrão fragmentado de infraestrutura verde, em que o acesso físico a áreas públicas não é acompanhado pelo cumprimento em conjunto da regra. O componente de proximidade a áreas verdes apresentou 32% de conformidade com o critério estabelecido. Em contraste, a visibilidade de três árvores e a cobertura arbórea de 30% obtiveram resultados consideravelmente inferiores, com 13% e 9% de conformidade, respectivamente. Após a soma dos parâmetros, verifica-se que nenhum dos setores cumpriu integralmente os três critérios da regra, revelando uma infraestrutura verde desigual e desarticulada.

A renda se correlacionou apenas com o componente "30" da regra 3-30-300, sugerindo que as desigualdades na arborização urbana não estão diretamente associadas à renda, mas a fatores estruturais do planejamento. Em contrapartida, as variáveis demográficas demonstraram que quanto maior a proporção de crianças, maior é a distância das áreas verdes. Ademais, setores com maior proporção de idosos estão associados a um menor cumprimento do componente '3' da regra, indicando que essa população reside em áreas com menor percepção de arborização no entorno domiciliar. Em contrapartida, essa mesma faixa etária apresentou maior proximidade a áreas verdes públicas. Essa dualidade aponta para uma vulnerabilidade ambiental que, embora o acesso a parques esteja facilitado, a carência de arborização cotidiana sugere que o planejamento urbano ainda integra de forma insatisfatória os critérios de conforto e bem-estar para a população idosa.

Os resultados obtidos corroboram a importância de políticas públicas orientadas para a equidade verde, que devem abranger não só a presença de áreas verdes, mas também a sua distribuição, qualidade e integração com as áreas residenciais. A arborização de vias públicas, passeios e espaços de convivência constitui um aspecto relevante em termos de melhoria da qualidade de vida dos habitantes. Neste sentido, a Regra 3/30/300 emerge como uma ferramenta relevante

para identificar deficiências e orientar a construção de cidades mais resilientes, inclusivas e ambientalmente equilibradas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. M.; FERNANDES, R. O. **Acesso às áreas verdes urbanas e equidade verde: um estudo em Campo Grande, MS.** *Interações (Campo Grande)*, v. 24, n. 3, p. 779–795, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/WnPPsYhX5tjT9XhHR3B9zss/>.

ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil.** *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, José Diego Gobbo; ÁLVARO DE OLIVEIRA, D.'Antona. **Distribuição espacial da população e dados demográficos: uma análise comparativa.** *Revista Espinhaço*, 2020.

ALVES, L. P.; COSTA, J; COSTA, C. B.; JESUS, U. M. **Arborização urbana em Teixeira de Freitas-BA: um estudo de caso visando subsidiar o desenvolvimento sustentável no planejamento urbano.** *Revista de Geografia (Recife)*, v. 41, n. 2, p. 223-248, 2024. DOI: 10.51359/2238-6211.2024.260843.

ANGELO, M. C.; SILVA, F. A.; RODRIGUES, D. J.; PEREIRA, G. R. S. **Processos de inventário florestal para avaliação da arborização urbana da região central de Imperatriz – MA.** *Revista Brasileira de Arborização Urbana*, v. 17, n. 1, p. 45-59, 2022. DOI: 10.5380/revbau.v17i1.83154.

AOKI, C.; SOUZA, A.; POTT, A.; ALVES, F.; GUARALDO, E. **Arborização urbana em Mato Grosso do Sul: síntese do conhecimento.** *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 12, n. 1, e23442, 2023. DOI: 10.5585/geas.v12i1.23442.

ARARAS (Município). **Lei Complementar nº 3.901, de 6 de outubro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Araras, suas normas disciplinadoras e dá outras providências.** Araras, 2006. Disponível em: https://araras.sp.gov.br/planejamento/araras200anos/downloads/Lei%20complementar%20n%C2%BA%203.901_2022-02-07T16_22_32.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.

BAKHTSIYARAVA, M., MORAN, M., JU, Y. et al. **Potential drivers of urban green space availability in Latin American cities.** *Nat Cities* 1, 842–852 (2024). <https://doi.org/10.1038/s44284-024-00162-1>

BARBOSA, L. M. et al. **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2017.

BARROS, M. N. R. **Efeito das ilhas de calor no ecossistema urbano.** In: *Reflexões em Biologia da Conservação - Volume 2*. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Maria-Fabiola>

Barros/publication/350531320_Reflexoes_em_Biologia_da_Conservacao_-_Volume_2/links/60650f2e299bf1252e1cf5d0/Reflexoes-em-Biologia-da-Conservacao-Volume-2.pdf#page=167. Acesso em: 22 out. 2025.

BAUWELINCK, M. et al. **Residing in urban areas with higher green space is associated with lower mortality risk: a census-based cohort study with ten years of follow-up.** *Environment International*, v. 146, p. 106263, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020323199>. Acesso em: 5 set. 2025.

BERA, B.; CHINTA, S.; MAHAJAN, D. A.; SAILAJ, A. **Urbanization and its impact on environmental sustainability: A comprehensive review.** *Journal of Harbin Engineering University*, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Bireshwar-Bera/publication/373358802_Urbanization_and_Its_Impact_on_Environmental_Sustainability_A_Comprehensive_Review/links/64e756730acf2e2b520da91b/Urbanization-and-Its-Impact-on-Environmental-Sustainability-A-Comprehensive-Review.pdf. Acesso em: 22 out. 2025.

BOING, A. F. et al. **Desigualdades no acesso à infraestrutura urbana e moradia saudáveis: uma análise dos dados do censo brasileiro.** *Cadernos de Saúde Pública*, v. 37, n. 6, p. e00233119, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/D9SFbBDMsTyf7F5dMfkTjJm/>. Acesso em: 24 out. 2025.

BOLTEN, Bettina; BARBIERO, Giuseppe. **Biophilic Design: How to enhance physical and psychological health and wellbeing in our built environments.** *Visions for Sustainability*, n. 13, p. 11-16, jun. 2020.

BUCCI, Maria Elisa Diniz; MESQUITA, Carem Aparecida; EDIODATO DE SOUSA, Amanda Domingas; SILVA, Luiz Felipe; BOTEZELLI, Luciana. **Arborização urbana como política de promoção de saúde e planejamento urbano: levantamento das capitais brasileiras.** *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 8, n. 19, p. 725-738, 2021. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v8n19/v08n19a05a.html>. Acesso em: 19 out. 2025.

CABRAL, H. M. **Infraestrutura cicloviária como via de acesso a parques urbanos: análise da acessibilidade e das desigualdades socioespaciais em cidades brasileiras.** 2024. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/289945>. Acesso em: 6 set. 2025.

CAICHE, Daniel Tonelli; PERES, Renata Bovo; SCHENK, Luciana Bongiovanni Martins. **Floresta urbana, soluções baseadas na natureza e paisagem: planejamento e projeto na cidade de São Carlos (SP).** *Revista LABVERDE*, v. 11, n. 1, p. 121–149, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189316.

CALLAGHAN A, MCCOMBE G, HARROLD A, et al. **The impact of green spaces on mental health in urban settings: a scoping review.** *J Ment Health*. 2021;30(2):179-193. doi:10.1080/09638237.2020.1755027

CÂMARA MUNICIPAL DE ARARAS. **Plano Diretor está em tramitação na Câmara Municipal.** *Notícia*, Araras, 04 jun. 2024. Disponível em: <https://www.araras.sp.leg.br/noticias/plano-diretor-esta-em-tramitacao-na-camara-municipal>. Acesso em: 28 out. 2025.

CÂMARA MUNICIPAL DE PIRACICABA. **Diagnóstico indica planejamento de ações para arborização.** Piracicaba, 2024. Disponível em: <https://www.camarapiracicaba.sp.gov.br/diagnostico-indica-planejamento-de-aco-es-para-arborizacao-52943>. Acesso em: 18 out. 2025.

CAMPINAS. **Lei Complementar nº 189, de 8 de janeiro de 2018. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Campinas.** *Diário Oficial do Município de Campinas*, Campinas, 2018.

CANDRO, L. S. **O papel das florestas urbanas na mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas nas cidades: uma revisão sistemática.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2022.

CARVALHO, M. M.; NASCIMENTO, R. S.; BIONDI, D. **Arborização e sustentabilidade urbana: integração da infraestrutura verde ao planejamento de cidades médias paulistas.** *Revista Brasileira de Arborização Urbana*, v. 17, n. 2, p. 45–62, 2022.

CEMIG — COMPÊNDIO TÉCNICO. **Arborização urbana: compêndio de boas práticas.** Belo Horizonte: CEMIG, 2022. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2023/09/arborizacao-urbana-2022.pdf>. Acesso em: 18 out. 2025.

CICLOVIVO. **Especialistas apontam benefícios de parques para nossa saúde.** 2024. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/vida-sustentavel/bem-estar/especialistas-apontam-beneficios-de-parques-para-nossa-saude/>. Acesso em: 8 set. 2025.

CORREIO BRAZILIENSE. **Falta de áreas verdes agrava calor, saúde e desigualdade nas cidades.** 2025. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2025/04/7115440-falta-de-areas-verdes-agrava-calor-saude-e-desigualdade-nas-cidades.html>. Acesso em: 8 set. 2025.

CROESER, T. et al. **Acute canopy deficits in global cities exposed by the 3-30-300 rule.** *Nature Communications*, v. 15, n. 1, p. 9327, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-53402-2>.

DADVAND, P. et al. **Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 26, p. 7937-7942, 30 jun. 2015.

DE BELL, S. et al. **Greenspace and subjective wellbeing: disentangling the roles of quantity, quality and type.** *Landscape and Urban Planning*, v. 199, p. 103-806, 2020.

DUARTE, T. E. P. N.; LEITE, L. B. **Cidades médias no Cerrado Brasileiro: desafios para a conservação da biodiversidade.** *Terr@ Plural*, v. 14, p. 1-7, 2020.

ESA – European Space Agency. **Sentinel-2 User Guide.** 2024. Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu/>.

ECODEBATE. **Arborização urbana e o efeito de resfriamento nas ilhas de calor.** 2024. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2024/09/26/arborizacao-urbana-e-o-efeito-de-resfriamento-nas-ilhas-de-calor/>. Acesso em: 8 set. 2025.

FACUNDES, et al., (2024). **Urban green space exposure is low and unequally distributed in an Amazonian metropolis.** *Environmental Conservation*. 51. 1-11. 10.1017/S0376892924000092.

FERNANDES, S. C. DE M. ., COELHO, A. M. A., & NAGANO, W. T. (2021). **Conexões na paisagem – A arborização urbana como infra-estrutura bioconectora.** *Arq.Urb*, (32), 94–107. <https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi32.534>

FERREIRA, Bruno de Mattos; MATTOS, Gabriela A.; CUNHA, Henrique P. da. **Geotecnologias aplicadas ao planejamento arbóreo urbano em cidades médias paulistas.** *Revista Geográfica de São Paulo*, v. 28, n. 2, p. 145-167, 2023.

GERALDO, Luísa da Silva; MORAES, Ana Laura Campos; SANTOS, Carla Eloísa Diniz; UTSUMI, Alex Garcez. **Avaliação da cobertura vegetal urbana utilizando imagens do satélite CBERS-4A.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 18, n. 2, p. 1349-1363, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v18.2.p1349-1363.

GÓMEZ-BAGGETHUN, ERIK; BARTON, DAVID N. **Classifying and valuing ecosystem services for urban planning.** *Ecological Economics*, v. 86, p. 235–245, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>.

GONÇALVES, Gustavo Maciel; MARASCHIN, Clarice. **Avaliação das desigualdades de acesso a áreas verdes públicas através do modelo de oportunidade espacial.** *Projectare: Revista de Arquitetura e Urbanismo*, v. 2, n. 12, p. 123-139, dez. 2021. DOI: 10.15210/pjr-rau.v2i12.21715.

HARTIG, Terry; MITCHELL, Richard; DE VRIES, Sjerp. **Urban nature, mental health and cognitive restoration: a systematic review.** *Environmental Research*, v. 196, 2021.

HELBICH, M. et al. **Adherence to the 3–30–300 urban green space rule and mental health, physical activity, and overweight: a population-based study in the Netherlands.** *Health & Place*, v. 83, p. 103927, 2023. DOI: 10.1016/j.healthplace.2023.103927.

HOULDEN, V.; WEICH, S.; DE ALBUQUERQUE, J. P.; JARVIS, S.; REES, K. **The relationship between greenspace and mental wellbeing in England: mechanisms, moderation and stability across regions.** *Health & Place*, v. 62, p. 102–381, 2020.

IBGE. **Censo Demográfico 2022: Pesquisa Urbanística do Entorno dos Domicílios**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022 – Resultados preliminares para Araras**. Prefeitura Municipal de Araras, 2023.

Disponível em: <https://araras.sp.gov.br/noticias/26383>. Acesso em: 3 set. 2025.

IBGE. *Manual do Recenseador – Censo Demográfico 2020 (versão preliminar)*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. 3. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

JORNAL DA USP. **Desigual, distribuição de árvores em São Paulo revela problemas de urbanização**. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/desigual-distribuicao-de-arvores-em-sao-paulo-revela-problemas-de-urbanizacao/>. Acesso em: 8 set. 2025.

JULIÃO, D. (2020). **Gestão participativa da arborização urbana de municípios paulistas: implicações, desafios e propostas**. Risco Revista De Pesquisa Em Arquitetura E Urbanismo (Online), 18, 106-118. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v18i2p106-118>

KABISCH, N.; HAASE, D. **Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany**. Landscape and Urban Planning, v. 122, p. 129-139, fev. 2014.

KAPUCU, N. **Urban resilience: Multidimensional perspectives, challenges, and policy implications**. *Sustainable Cities and Society*, v. 103, p. 105157, 2024.

KONIJNENDIJK, Cecil C. **Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3-30-300 rule**. *Journal of Forestry Research*, v. 34, n. 3, p. 821–830, 2023.

KOWE, PEDZISAI & MUTANGA, ONISIMO. (2021). **Advancements in the remote sensing of landscape pattern of urban green spaces and vegetation fragmentation**. *International Journal of Remote Sensing*. 42. 3797-3832. 10.1080/01431161.2021.1881185.

LABVERDE. **Panorama da cobertura arbórea da cidade de São Paulo**. *Revista LABVERDE*, Universidade de São Paulo, 2022.

LACERDA, L. I. de A. et al. **Arborização Urbana: desafios e instrumentos para o planejamento integrado com a expansão urbana e as dinâmicas sociais**. *Scientific Journal ANAP Arborização Urbana*, 2025.

LIMA, et al., (2020). **O Direito à Cidade Arborizada: A Arborização Urbana Como Indicador Da Segregação Socioeconômica Em Belém Do Pará**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*. 15. 79. 10.5380/revsbau.v15i1.69694.

LIU, YINGJIE & GU, XINYUE & WANG, ZEYU & ANDERSON, ALEX. (2024). **Urban Greenery Distribution and Its Link to Social Vulnerability**. *Urban Forestry & Urban Greening*. 101. 128542. 10.1016/j.ufug.2024.128542.

LOPEZ-APARICIO S, GRYTHE H, DRABICKI A, et al. **Environmental sustainability of urban expansion: Implications for transport emissions, air pollution, and city growth**. *Environ Int*. 2025;196:109310. doi:10.1016/j.envint.2025.109310

MANYAHUILLCA, C. A.; MANTA, M. I.; MARQUES, T. H. N. **3-30-300 rule: adaptation to a Peruvian coastal desert city**. *Floresta*, v. 54, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/88993/51326>.

MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. **Impacto da impermeabilização na hidrologia de uma bacia urbana**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55064>.

MENDES, Flávio Henrique. **Estimativa da quantidade de árvores urbanas a partir de modelo estatístico e criação do índice Mendes de Arborização Urbana**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 16, n. 1, p. 81–93, 2021. DOI: 10.5380/revsbau.v16i1.77934.

MIRANDA, F. S.; CUNHA, G. B.; FURLAN, R. M. **Infraestrutura verde e planejamento urbano: avaliação do Plano Diretor Estratégico de São Paulo (2014)**. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, v. 35, n. 103, p. 45–65, 2021.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Áreas verdes e arborização urbana**. *Portal Gov.br*, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/cidades-verdes-resilientes/areas-verdes-e-arborizacao-urbana>.

MUKHERJEE, S.; BAIRWA, H. **Environmental issues arising from urbanization: A study on the ecological consequences of rapid urban growth**. *Journal of Humanities and Education Research*, 2025. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/664429385.pdf>.

NASCIMENTO, B. B.; VILAS-BOAS, D. A. C.; ROCHA, A. P. **A percepção ambiental dos municípios sobre a arborização urbana na cidade do Recife (Pernambuco)**. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 11, n. 1, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8023309.

NIEUWENHUIJSEN, M. J. et al. **The evaluation of the 3-30-300 green space rule and mental health**. *Environmental Research*, v. 215, n. Pt 2, p. 114387, 2022.

ONU-HABITAT. **World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities**. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis**. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>.

OWEN, D.; et al. **Opportunities and constraints of implementing the 3-30-300 rule for urban greening**. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 91, p. 128-139, 2024.

PALLATHADKA, A. et al. **Using GIS-based spatial analysis to determine urban greenspace accessibility for different racial groups in the backdrop of COVID-19: A case study of four US cities**. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 87, p. 128967, 2023.

PREFEITURA DE CAMPINAS. **Plano Diretor de Arborização Urbana**. Campinas, 2018.

PREFEITURA DE CAXIAS DO SUL. **Plano Diretor de Arborização Urbana**. Caxias do Sul, 2020.

PREFEITURA DE RIBEIRÃO PRETO. **Plano Diretor de Arborização Urbana**. Ribeirão Preto, 2018.

PREFEITURA DE SOROCABA. **Plano Diretor de Arborização Urbana**. Sorocaba, 2025.

PROJECTARE. **Inventário de arborização viária: um estudo piloto**. *Projectare: Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/Projectare/article/view/21460>.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. *Open Source Geospatial Foundation Project*, 2025. Disponível em: <https://qgis.org/>.

RAMOS, H. F.; NUNES, F. G.; SANTOS, A. M. **Índice de áreas verdes como estratégia ao desenvolvimento urbano sustentável das Regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte de Goiânia-GO, Brasil**. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, v. 29, n. 1, p. 86-100, 2020.

RASHED, A. H. **The impacts of unsustainable urbanization on the environment**. In: *Sustainable Regional Planning*. London: IntechOpen, 2023.

RBAFS. **Percepção das pessoas acerca do impacto dos parques no aumento da atividade física**. 2024. Disponível em: <https://rbafs.org.br/RBAFS/article/view/15252>. Acesso em: 8 set. 2025.

REVSBAU – Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. **Delineamento de unidades amostrais para o inventário da arborização de ruas em Curitiba, PR**. *REVSBAU*, 2021.

RIVA INCORPORADORA. **Arborização urbana: por que investir em áreas verdes?** 2024. Disponível em: <https://www.rivaincorporadora.com.br/blog/arborizacao-urbana/>. Acesso em: 8 set. 2025.

ROSA, Fernanda Teles Gomes. **Análise geofísica e hidrogeológica de área úmida na depressão periférica paulista (município de Araras-SP)**. 2022.

- RUAS, R. de B. **Urbanization driving changes in plant species and pollinator communities.** *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 27, p. 100366, 2022.
- SALES, M. P.; MOURA, G. J. B.; OLIVEIRA, A. A. A.; PIBER, R. S. **Cidades verdes: uma análise do Plano Diretor de Arborização Urbana do município de Salvador (BA).** *Revista Monografias Ambientais*, v. 21, n. 1, p. 1–15, 2021.
- SALMI, F. **Plano Municipal de Arborização Urbana (São Paulo): categorias sociopolíticas da ética climática.** *Cadernos Metrópole*, v. 25, n. 56, p. 1-18, 2023.
- SANTOS, B. R.; RIBEIRO, F. A. **Infraestrutura verde e mudanças climáticas: o papel das florestas urbanas na adaptação das cidades brasileiras.** *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 4, n. 1, p. 89-106, 2022.
- SANTOS, J. M. **Tipologias da floresta urbana para promoção de justiça socioambiental e saúde pública.** Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2024. Disponível em: <https://tede.unicentro.br/jspui/handle/jspui/2461>.
- SÃO PAULO (Município). **Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.** *Diário Oficial da Cidade de São Paulo*, São Paulo, 2014.
- SARWAR, N. **Impact of urbanization and human development on environmental degradation: A global perspective.** *Environmental Research*, v. 240, p. 117978, 2024.
- SHARIFI, A. **From Garden Cities to Green Infrastructure: Evolving concepts of urban sustainability.** *Sustainable Cities and Society*, v. 60, p. 102–118, 2020.
- SILVA, A. P. **Acessibilidade centrada na proximidade numa perspectiva intergeracional.** 2025. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade do Porto, 2025.
- SILVA, F. D. A. **Ilha de calor urbana: diagnóstico como ferramenta de gestão ambiental urbana para a cidade de Coari (AM).** 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas, 2023.
- SILVA, R. S.; MOURA, C. C.; CALLIMAN, J. P.; GONÇALVES, E. O.; SILVA FILHO, D. F. **Applying the 3-30-300 guideline to evaluate green equality in a medium-sized Brazilian city.** *Arboriculture & Urban Forestry (AUF)*, 2025. DOI: 10.48044/jauf.2025.031.
- SILVEIRA, Lima, J. A.; OLIVEIRA, L. E. de; J. X. **Estratégias internacionais e tecnologias de gestão da arborização urbana.** *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 2020.

SIMÃO, J. F. R. **GINÁSIO AYRTON SENNA:: ESPAÇO PÚBLICO URBANO E ACESSIBILIDADE**. UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós Graduação, 2024.

Tian, et al., (2021). Assessing spatial characteristics of urban heat islands from the perspective of an urban expansion and ecological landscape. *Sustainable Cities and Society*. 74. 103208. 10.1016/j.scs.2021.103208.

SOARES BARROS, A.; MENEZES DE FARIAS, L.; LUIZ ALVES MARINHO, J. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na caracterização da cobertura vegetativa de Juazeiro do Norte – CE**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 6, p. 2885–2895, 2020.

SONI, H. **Global impact of urbanization on ecosystems**. *ScienceDirect*, 2025.

SOROCABA. **Lei Complementar nº 417, de 17 de dezembro de 2021. Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico e Territorial do Município de Sorocaba**. *Diário Oficial do Município de Sorocaba*, 2021.

TYAGI, S. K.; KUMAR, V.; KUMAR, K.; KUMAR, D. **Environmental health quality and the consequences of urbanization: A review**. *International Journal of Advanced Academic Studies*, v. 5, n. 2, p. 118-124, 2023.

WANG, X.; MENG, Q.; ZHANG, L.; HU, D. **Evaluation of urban green space in terms of thermal environmental benefits using geographical detector analysis**. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 105, 2021.

WHO. **Urban green spaces and health: a review of evidence**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2016.

WRI BRASIL. **Áreas verdes: Potencial de redução da desigualdade nas cidades ainda é subestimado**. 2020. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/potencial-das-areas-verdes-de-reduzir-desigualdades-nas-cidades-ainda-e-subestimado>. Acesso em: 8 set. 2025.

WU, Z. et al. **Viewing green spaces from home windows improves mental health and life satisfaction: Evidence from a large-scale study in China**. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 87, p. 128976, 2023.

YOSHIDA, D. F.; OUTA, L. **Infraestrutura verde: efeitos microclimáticos para adaptação à mudança do clima e a saúde das plantas em um cenário de aquecimento urbano**. 2022.

ZAMBONATO, Bruna; KLEBERS, Luan da Silva; FARIAS, Sílvia; GRIGOLETTI, Giane de Campos; DORNELES, Vanessa Goulart; PIPPI, Luis Guilherme Aita. **Proposta de método de inventário da arborização urbana**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 16, n. 4, p. 74–93, 2022.

ZHANG, Z.; MARTIN, K. L.; STEVENSON, K. T.; YAO, Y. **Equally green? Understanding the distribution of urban green infrastructure across student**

demographics in four public school districts in North Carolina, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 70, p. 127533, 2022.

ZHENG, Y. et al. **Quantitative evaluation of urban green exposure and its impact on human health: A case study on the 3-30-300 green space rule.** *Science of the Total Environment*, v. 924, p. 171461, 2024.

ZULFIQAR, K. **Urbanization in a globalized world: reviewing the socio-economic and environmental challenges.** *Population and Economics*, v. 8, n. 1, 2024.