


Isócronas de tempo são um primeiro passo mais efetivo no planejamento de áreas adensáveis com foco na mobilidade a pé

Time isochrones are a more effective first step in planning densifiable areas with a focus on pedestrian mobility

Carollina Hitomi de Oliveira Okamoto 

Karin Regina de Castro Marins 

Resumo

O alcance de pedestres é um dos principais elementos a se considerar na definição da abrangência das áreas de adensamento urbano a partir de uma centralidade. O objetivo do artigo é analisar a definição da abrangência de áreas de adensamento urbano no contexto do Desenvolvimento Orientado ao Transporte (DOT), mediante aplicação de um raio simples a partir de estações de transporte de massa, frente à definição via isócronas de tempo de caminhada. É analisado o município de São Paulo, cujo Plano Diretor Estratégico (PDE) de 2014 adotou o raio de 600m como parâmetro para áreas adensáveis, ampliando-o para 700m na revisão de 2023. Os resultados indicam que, na macroescala, a área para adensamento urbano definida pelo raio simples do PDE-2023 é bastante similar à área delimitada pela linha isócrona de 10 minutos de caminhada, em termos quantitativos totais. No entanto, em microescala, há diversos locais com expansão ou redução de áreas para adensamento em relação a essa isócrona. Conclui-se que o raio simples não representa adequadamente o alcance de pedestres, omitindo elementos urbanos que impactam no acesso às estações. Já as linhas isócronas de tempo são um instrumento mais efetivo, pois incorporam certos efeitos morfológicos urbanos e permitem maior detalhamento do território alcançado em certo padrão de caminhada.

Palavras-chave: DOT. Alcance de pedestres. Adensamento urbano. Políticas urbanas.

Abstract

Pedestrian reach is one of the main elements to consider when defining the scope of densification areas from a centrality standpoint. The aim of the article is to analyze the definition of the scope of urban densification areas in the context of Transit-Oriented Development (TOD), through the application of a simple radius from mass transit stations, compared to the definition via isochrones of walking time. The municipality of São Paulo was analyzed, whose Strategic Master Plan (PDE) of 2014 adopted a 600m radius as a parameter for areas to be densified, which was extended to 700m with the PDE revision in 2023. The results indicate that, on a macro scale, the urban densification area defined by the simple radius of the PDE-2023 is quite similar to the area delimited by the 10-minute walking isochrones, in total quantitative terms. However, on a micro scale, several locations were identified where there is an expansion or a reduction of areas for densification in relation to this isochrone. It is concluded that the simple radius does not adequately represent pedestrian reach, omitting urban elements that impact the access to stations. Time isochrones are a more effective instrument, as they incorporate certain urban morphological effects and allow for greater detail of the territory reached in a certain walking pattern.

¹Carollina Hitomi de Oliveira Okamoto

¹Universidade de São Paulo
São Paulo - SP - Brasil

²Karin Regina de Castro Marins

²Universidade de São Paulo
São Paulo - SP - Brasil

Recebido em 01/03/24

Aceito em 05/05/24

Keywords: DOT. Pedestrian catchment area. Urban density. Urban policies.

Introdução

O processo de urbanização trouxe desafios para a promoção da mobilidade urbana sustentável, que visa o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, com prioridade para os meios de transporte coletivo e os não motorizados (Ministério das Cidades, 2006). Nesse contexto, o Desenvolvimento Orientado ao Transporte (DOT) ganhou destaque como estratégia de planejamento urbano, ao estruturar formas de integrar e compatibilizar o desenvolvimento urbano com a oferta e a expansão de sistemas de transporte público, como trens, metrô e corredores de ônibus (BID, 2024; Suzuki; Cervero; Iuchi, 2013).

Nessa conjuntura, a compreensão da área de influência do transporte coletivo de massa segundo o critério da acessibilidade a pé à estação de transporte é uma medida essencial para estratégias alinhadas ao DOT (Jun *et al.*, 2015; Zuo; Wei; Rohne, 2018; Tao; Wang; Cao, 2020). Essa área de influência também constitui um elemento de referência para se definir políticas de adensamento urbano, uso e ocupação do solo, assim como de desenvolvimento local e formação de novas centralidades (Calthorpe, 1993; Gehl, 2014; World Bank, 2018; BID, 2024).

Alguns municípios brasileiros têm estabelecido planos diretores e leis de zoneamento que definem áreas de adensamento urbano próximas a eixos de transporte de massa, tais como os municípios de São Paulo (PMSP, 2014), Curitiba (PMC, 2015), Mogi das Cruzes (PMMC, 2019), Diadema (PMD, 2019), entre outros.

O Plano Diretor Estratégico – PDE, do município de São Paulo de 2014 e sua edição revisada em 2023 definiram os Eixos de Estruturação da Transformação Urbana - EETU, que compreendem áreas no entorno dos transportes de média e alta capacidade existentes. A lei de parcelamento, uso e ocupação do solo - LPUOS, de 2016 (PMSP, 2016), definiu as Zonas de Estruturação Urbana existentes (ZEU) e previstas (ZEUP) ao longo dos EETU, com parâmetros urbanísticos de incentivo ao adensamento urbano e diversidade do uso do solo, mediante fachada ativa, fruição pública, e empreendimentos com uso misto.

Em 2014, a área de influência das ZEU foi delimitada pelos quarteirões presentes no interior de um raio de 600m e que são “cortados” pelo raio de 400m, em relação a cada estação de metrô e trem existente. Ao longo dos corredores de ônibus, a área de influência abrange quarteirões dentro de uma distância de 300m e “cortados” pela faixa de 150m. Porém, o PDE de 2014 não informa os critérios que foram utilizados na definição dos valores das distâncias de abrangência. Em 2023, durante a revisão intermediária do PDE 2014, foi proposto no parecer conjunto de 26/05/2023, relacionado ao Projeto de Lei nº 127/2023, que as ZEU fossem definidas por um raio de até 1.000 metros das estações de metrô e trem (PMSP, 2023a). Após um curto período de debates, o PDE revisado entrou em vigor em 08/07/2023, adotando um raio de 700 metros para a delimitação das ZEU relativamente a estações de metrô e trem, abrangendo todas as quadras tocadas por esse raio (PMSP, 2023b). Não foram explicitados os critérios considerados para a definição dos raios, bem como os possíveis impactos desta alteração no desenvolvimento urbano e na política de zoneamento da cidade, elaborada a posteriori e, atualmente, em vias de entrar em vigor (Lei nº 18.081/2024). A lei, sancionada pelo prefeito atual, Ricardo Nunes, em 19/01/2024, recebeu 58 vetos e retornou à avaliação final da Câmara Municipal.

Atualmente, nos planos e estudos urbanos é comum observar a utilização de um raio simples de 500-600 metros para se avaliar e definir áreas de influência de polos de atração de viagens, na perspectiva dos pedestres (Gehl, 2014; IPTD, 2016; Amancio; Sanches, 2008; WRI, 2018). Entretanto, é importante considerar que o alcance de pedestres pode variar de acordo com as características locais, tais como forma urbana, uso do solo, topografia, condições da calçada, entre outros fatores (Humberto *et al.*, 2019; Padillo *et al.*, 2018; Otsuka *et al.*, 2021). Assim, a adoção de uma distância estática em políticas e projetos urbanos pode ser questionada, como corroboram Jun *et al.* (2015), Zuo, Wei e Rohne (2018) e Pueboobpaphan, Pueboobpaphan e Sukhotra (2022).

Por outro lado, entende-se que o alcance de pedestres é um dos principais elementos que pode ser utilizado para a definição das áreas de adensamento, com a premissa de buscar identificar a máxima área possível de ser adensada mediante acessibilidade local a pé, segundo a estratégia do DOT. São necessários métodos que subsidiem uma análise detalhada do alcance de pedestres a centralidades, em áreas de adensamento urbano, é possível definir perímetros diferenciados de acordo com cada local. A definição criteriosa dessa área de influência é primordial, já que orientará o planejamento urbano, tanto na macroescala, afetando a dinâmica municipal, quanto na microescala urbana, com impactos econômicos, ambientais e para a qualidade de vida das comunidades e frequentadores de cada local. Instrumentos específicos de desenvolvimento urbano, qualificação local e intensidade construtiva são associados a esses perímetros nas políticas urbanas.

Um dos possíveis elementos a ser considerado na análise do alcance de pedestres são as linhas isócronas de tempo de caminhada a partir de um polo de interesse, como uma estação de transporte. As linhas isócronas de

tempo conformam polígonos representativos de intervalos uniformes de tempo, sendo referenciadas nesse trabalho apenas como “isócronas de tempo”. Quando aplicadas sobre um dado polo de atração considerando o deslocamento a pé, incorporam o efeito da forma urbana na delimitação dessa área de abrangência que define o alcance de pedestres, para certo intervalo temporal. Entretanto, o alcance pode variar de acordo com diversos outros fatores qualitativos, como condições das calçadas, uso do solo, entre outros, que não serão abordados nesse estudo.

O objetivo do artigo é analisar a definição da abrangência de áreas de adensamento urbano no contexto do DOT, mediante aplicação de um raio simples a partir de estações de transporte de massa, frente à definição via isócronas de tempo de caminhada. Com esse escopo, é analisado o caso do município de São Paulo, conforme regras do PDE 2014, e as advindas a partir da revisão do PDE 2023.

Fundamentação teórica

O DOT é uma teoria intitulada por Calthorpe (1993), após analisar os processos de desenvolvimento das metrópoles norte-americanas via espraiamento urbano, com o aumento de famílias que passaram a residir nas periferias de aglomerações, devido aos preços mais acessíveis. Em contrapartida, os empregos estavam concentrados nas regiões centrais, o que causava intensos deslocamentos pendulares, congestionando as cidades. Frente a esse cenário, o pesquisador/autor propôs estratégias para a promoção do desenvolvimento urbano compacto, com adensamento e diversidade de uso do solo no entorno do transporte público de massa nos subúrbios norte-americanos, que sintetizam o conceito do DOT. Sendo assim, a teoria do DOT é considerada uma das bases referenciais principais no estudo de métodos de planejamento de adensamentos urbanos.

Segundo Cervero *et al.* (2004), o DOT possui diversas definições dependendo de cada autor, sendo suas características mais comuns o desenvolvimento compacto e de uso misto próximo a instalações de transporte e ambientes de caminhada de alta qualidade. Os autores também comentam que o DOT possui diversos benefícios, como melhoria da qualidade do ar, ambientes favoráveis aos pedestres e ciclistas, aumento da quantidade de passageiros e receitas no transporte público, redução do espraiamento urbano e reorientação dos padrões de desenvolvimento urbano em torno tanto de instalações de transporte ferroviário quanto de ônibus. O IPTD (2017) também pontua a necessidade de estímulo à mistura de usos do solo e à diversidade demográfica e de renda, juntamente com a adoção de medidas de controle do uso dos modos de transporte motorizados individuais.

Uma das primeiras etapas para a implementação do DOT é a definição da área de influência de uma estação de transporte de massa, a qual representa um limite físico para receber os planos e projetos de intervenção urbana (Calthorpe, 1993; Guerra; Cervero; Tischler, 2012; BID, 2024). Por exemplo, é nessa área que podem ser estabelecidas políticas com foco no adensamento populacional e construído. Calthorpe (1993) coloca a necessidade de definir zonas específicas de planejamento, coordenando melhorias no interior dessa área com estratégias de financiamento de construções. Além disso, o autor reforça que a chave para o funcionamento do DOT é a caminhabilidade, sendo que o território abrangido pelas áreas de influência das estações depende dos fatores que condicionam o deslocamento a pé, como conectividade, topografia, entre outros.

As áreas de influência das estações podem ser definidas conforme diferentes modos de transporte utilizados para acesso a mesma (BID, 2024). Por exemplo, segundo Jun *et al.* (2015), a área de influência primária é caracterizada por apresentar maior impacto devido à proximidade com a estação de transporte coletivo e é delimitada principalmente pelo alcance de pedestres, considerando que as pessoas presentes nessa área podem acessar a estação essencialmente por meio da caminhada. Já a área de influência secundária configura uma área com menor intensidade de viagens a pé até a estação, podendo combinar outros modos de transporte, como bicicletas, carros e ônibus.

Em 2021, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), em parceria com o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR), elaborou um guia para a implantação do desenvolvimento orientado ao transporte nas cidades brasileiras. São definidas duas formas de demarcação da área de influência do transporte público de massa, sendo: 1) área de influência radial: considerando apenas um raio linear, estimando a área de alcance de pedestres, indicando um raio médio de 250 a 500 metros; 2) área de influência com base em isócronas: considerando as ruas e a morfologia urbana, estimando o tempo de viagem a pé até a estação de transporte, considerando uma média de 5 a 10 minutos de caminhada. O guia menciona outros fatores que podem influenciar na definição da área de influência, como topografia, clima, questões culturais e sociais (BID, 2024). Porém, não incorpora esses outros elementos no método proposto para a definição das áreas de DOT.

Em 2018, o World Bank Group, em parceria com o *Global Platform for Sustainable Cities* (GPSC), elaborou um manual com recursos e ferramentas para implementação do DOT (World Bank, 2018). Segundo o manual, uma das primeiras etapas de preparação para elaboração de um plano de DOT é a definição da área de influência do transporte público de massa. Inicialmente, a área é definida a partir de um raio médio de alcance de pedestres, sugerindo um raio de 800 metros. Pondera-se a existência de elementos naturais e o seu efeito de barreira ou integração urbana, como rios, que dificultem ou impeçam o acesso à estação. Na sequência, isócronas de distância caminhável em relação à estação são traçadas para ajuste do raio. Por fim, incluem-se áreas com elevado adensamento populacional próximas à estação em estudo ou aquelas com elevado potencial de desenvolvimento. Assim, o método sugerido pelo World Bank (2018) inclui outros elementos além daqueles sugeridos pelo guia elaborado pelo BID (2024). Neste, há uma análise das barreiras físicas existentes e das características do ambiente construído para a definição da área de influência do transporte público de massa, com base em fatores que afetam a caminhada e no potencial de adensamento urbano.

Na literatura e nas experiências regulatórias relativas à área de influência de uma estação, é possível verificar que a maioria utiliza o método radial, definindo um raio médio de caminhada e aplicando-o em todas as estações (IPTD, 2017; PMSP, 2014; Suzuki; Cervero; Iuchi, 2013). Porém, para alguns autores, a utilização da área de influência a partir das isócronas é mais eficiente, pois considera os efeitos da morfologia urbana (Khodnenko; Kudinov; Smirnov, 2018; BID, 2024; Sleszynski *et al.*, 2023). Essa posição corrobora com a posição de outros autores de que a distância de caminhada, traduzida no tempo de percurso, é considerada um dos principais fatores na escolha das rotas de pedestres, mas outros elementos podem influenciar em certa medida, dado o impacto na sensação de distância percorrida pelo pedestre (Shatu; Yigitcanlar; Bunker, 2019), indicando a pertinência e a importância de se aprimorar os métodos de definição das áreas de influência das estações, com a adoção de métricas que melhor representem as condições de caminhabilidade.

Método

O método de análise se baseia no estabelecimento de um modelo comparativo de definição de áreas de influência de estações de transporte de massa por meio do raio simples e das isócronas de tempo de caminhada. O modelo adotado abrangeu quatro etapas e treze atividades no total, estas indicadas por letras, conforme fluxograma da Figura 1. O modelo é detalhado na sequência, utilizando-se o contexto regulatório do município de São Paulo.

A Etapa 1 do método tem o objetivo de organizar as bases de dados que darão suporte para a elaboração de todas as análises. Na Etapa 1(a), são identificadas as zonas de adensamento urbano, utilizando os mapas de quadras, estações e o zoneamento disponibilizados pelo portal do Geosampa, no caso da Prefeitura de São Paulo. Para essa etapa, é também desenvolvido um arquivo *shapefile* representando as zonas adensáveis e/ ou áreas de desenvolvimento urbano, caso o município não disponibilize esse arquivo georreferenciado. Na situação do município de São Paulo, referem-se às ZEUs atualizadas pelo PDE de 2023, levando em consideração os vetos realizados pelo Prefeito na última versão da LPUOS revisada, de janeiro de 2024. Até a data de finalização deste artigo, os arquivos *shapefile* finais do zoneamento não tinham sido disponibilizados, sendo divulgados apenas os documentos em formato PDF. Por isso, foi necessário construir o mapa da área de ZEU revisada, analisando-se quadra a quadra ao se sobrepor o arquivo em formato PDF à base de quadras, na plataforma do QGIS 3.4, como mostrado na Figura 2. É importante ressaltar que o zoneamento ainda está sujeito a modificações com base nessa última versão, que está em análise na Câmara de Vereadores.

Após a identificação das zonas de adensamento urbano sobre a estrutura de quadras e vias urbanas, são elaborados os raios no entorno das estações utilizando a ferramenta de *buffer* do QGIS 3.4 (Etapa 1b). No caso do município de São Paulo, são elaborados os raios de 600 e 700 metros das estações.

Na Etapa 1(c), são filtradas as áreas de adensamento que são influenciadas pelas estações de metrô e trem em estudo, para retirar as áreas influenciadas por outros modos de transporte ou estações fora da análise. Para isso, é utilizado o complemento do QGIS 3.4 chamado “Associar os atributos por localização”, selecionando as quadras que são abrangidas pelos raios. No caso de São Paulo, foram filtradas as quadras de ZEU de acordo com o PDE de 2014 e sua revisão de 2023, abrangidas pelos raios de 600 e 700 metros das estações, respectivamente. Foram consideradas as estações em funcionamento em 2014, para comparar a abrangência das ZEUs definidas pelos dois raios. Foram suprimidas todas as áreas de ZEU delimitadas por corredores de ônibus, que não fariam parte da área de influência das estações de trem e metrô, de forma a se avaliar a centralidade desses elementos. O procedimento pode ser observado na Figura 3, onde se aplicou o filtro de 600 metros, resultando nas áreas de ZEU filtradas e indicando as áreas de ZEU suprimidas da análise.

Figura 1 - Estrutura geral do método de análise comparativa entre raio simples e isócronas de tempo de caminhada para definição de áreas de influência de estações de transporte de massa

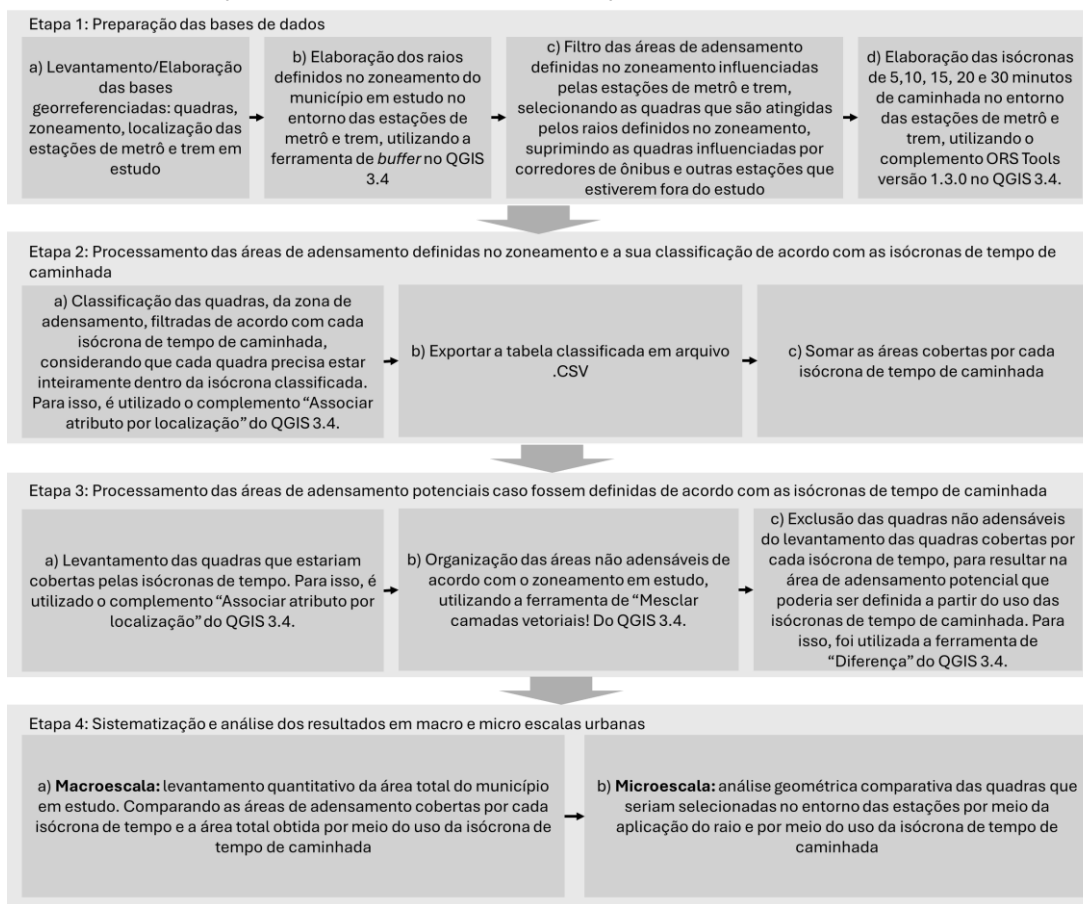
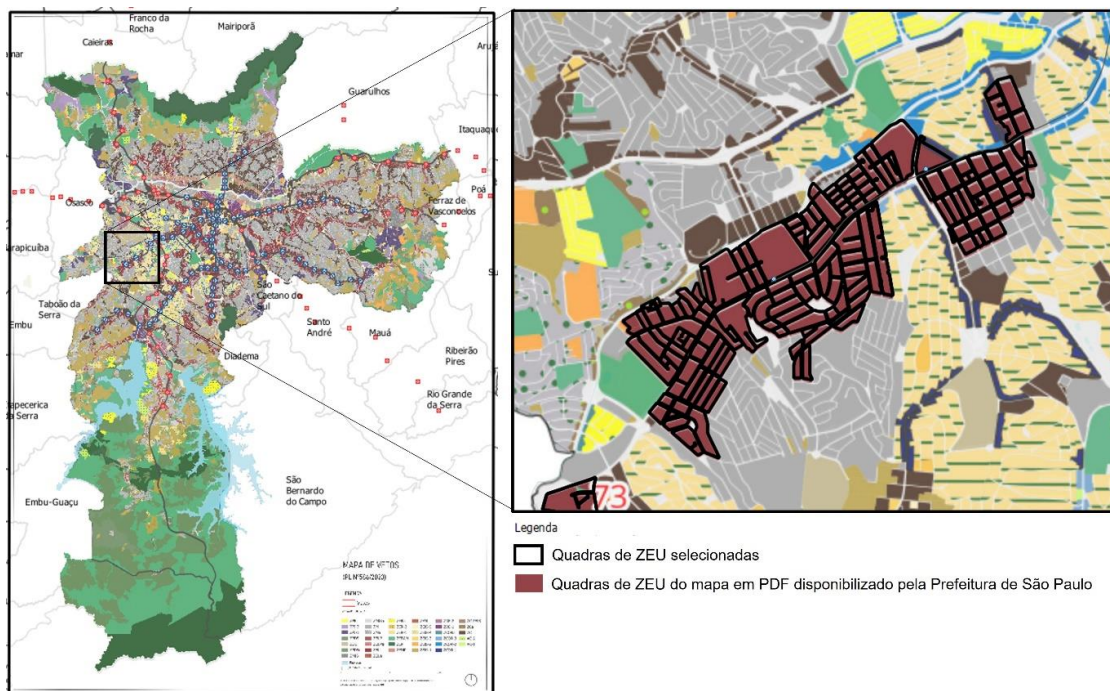
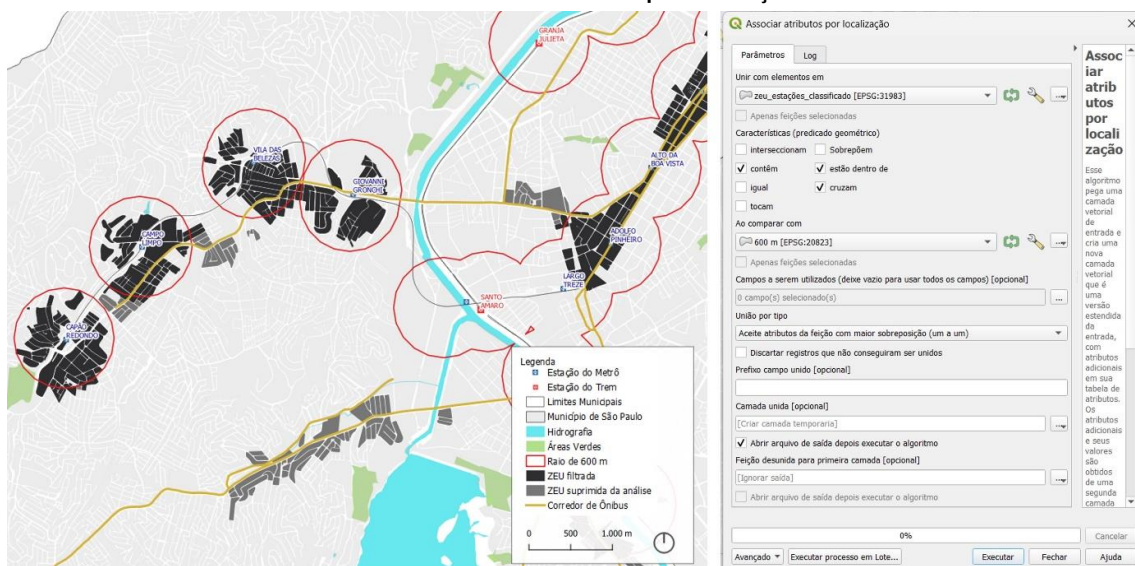


Figura 2 - Etapa 1(a) - Quadras de ZEU selecionadas de acordo com o mapa em PDF disponibilizado pela Prefeitura de São Paulo



Fonte: elaboração a partir de PMSP (2024).

Figura 3 - Etapa 1(c) - Exemplo de aplicação do complemento de associação do atributo por localização para filtrar as áreas de ZEU do PDE de 2014 influenciadas pelas estações



Fonte: elaboração a partir de PMSP (2014).

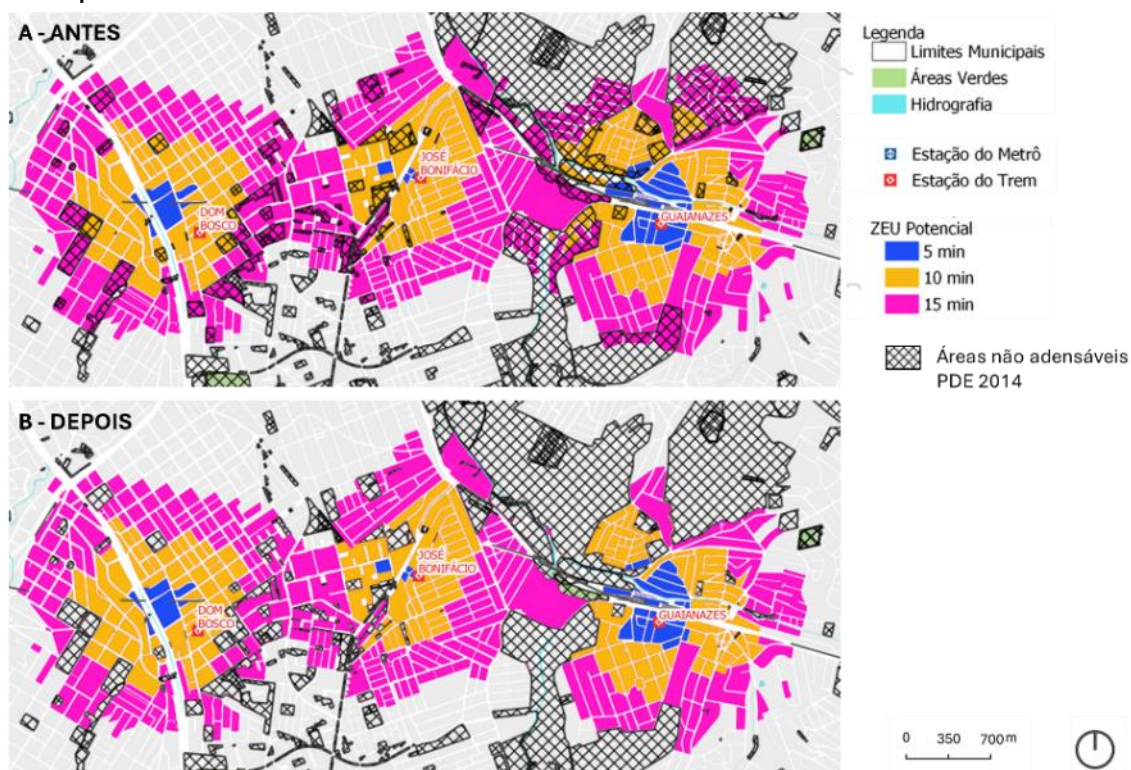
Na Etapa 1(d), são elaboradas as isócronas de tempo de caminhada a partir das principais saídas de cada estação, utilizando a ferramenta ORS Tools versão 1.3.0, um complemento disponível no QGIS 3.4, que considera a malha viária do OpenStreetMap (2024) e uma velocidade média de 4 km/h de caminhada, próximo da média observada nos estudos de Gualberto e Barbosa (2015).

A Etapa 2 tem o objetivo de processar as áreas de adensamento definidas no zoneamento municipal, realizando a classificação da área de acordo com as isócronas de tempo de caminhada. Na Etapa 2(a), a partir das áreas de adensamento filtradas e as isócronas de tempo de caminhada, utilizando o complemento do QGIS 3.4 “Associar os atributos por localização”, são classificadas as quadras de adensamento de acordo com a isócrona de tempo de caminhada. Em seguida, é exportada a tabela com as quadras classificadas (Etapa 2b), é calculada a área de adensamento total coberta por cada isócrona de tempo de caminhada e os resultados são organizados em uma tabela resumo (Etapa 2c).

A Etapa 3 tem o objetivo de processar as áreas de adensamento potenciais caso fossem definidas de acordo com as isócronas de tempo de caminhada. Primeiramente, na Etapa 3(a), utilizando o complemento do QGIS 3.4. “Associar os atributos por localização”, são selecionadas as quadras inteiramente cobertas pelas isócronas de tempo de caminhada. Em seguida, na Etapa 3(b), são organizadas todas as zonas consideradas não adensáveis de acordo com o zoneamento do município, geralmente por serem áreas de preservação patrimonial e ambiental, incluindo também áreas que receberão projetos urbanísticos específicos.

Para isso, são reunidos todos os arquivos *shapefiles* das zonas não adensáveis, aplicando a ferramenta de mesclar camadas vetoriais do QGIS 3.4. No município de São Paulo, de acordo com o Art. 76 do PDE 2014, ficam excluídas da área de adensamento dos EETU: as Zonas Exclusivamente Residenciais - ZER; as Zonas de Ocupação Especial - ZOE; as Zonas Especiais de Preservação Ambiental - ZEPAM; as Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS; os perímetros das operações urbanas conforme estabelecido na legislação em vigor; as Zonas Especiais de Preservação Cultural - ZEPEC; as áreas que integram o Sistema de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres; as áreas contidas na Macroárea de Estruturação Metropolitana, nos subsetores do Arco Tietê, Arco Tamanduateí, Arco Pinheiros e Arco Jurubatuba (PMSP, 2014). Na revisão intermediária do PDE (PMSP, 2023), foram acrescentadas algumas áreas não adensáveis no Art. 76, abrangendo as Zonas Predominantemente Residenciais – ZPR, as Zonas Corredor – ZCOR; as Zonas de Transição – ZT e – as vilas. Na Etapa 3(c), é feita a retirada das quadras não adensáveis da base de quadras selecionadas por cada isócrona de tempo, para obter as áreas potenciais de adensamento que seriam definidas por meio das isócronas de tempo de caminhada, conforme Figura 4 que apresenta o antes (Figura 4-A) e o depois da exclusão (Figura 4-B). Para isso, é utilizada ferramenta “Diferença” do QGIS 3.4.

Figura 4 - Etapa 3 - Exemplo de exclusão das áreas não adensáveis de acordo com o PDE de 2014 do município de São Paulo



Fonte: elaboração a partir de PMS (2014).

Finalmente, na Etapa 4, é feita a análise comparativa entre a aplicação do raio simples e as isócronas de tempo de caminhada, identificando-se as respectivas áreas de abrangência, na macroescala (Etapa 4a) e na microescala urbana (Etapa 4b). Na macroescala, foram analisadas todas as estações no município de São Paulo, permitindo verificar o impacto quantitativo em termos de áreas de adensamento e do tempo de acesso às estações, apresentando uma visão global da cidade. Na microescala, é possível avaliar em maior detalhe a variação entre quadras que são selecionadas pela utilização do raio e aquelas selecionadas pelas isócronas de tempo de caminhada, realizando uma análise geométrica mais aprofundada.

Nesse estudo, o município de São Paulo é analisado em macroescala, permitindo ter uma análise total da cidade. Na microescala, foram selecionadas três estações (Figura 5) – Oratório, do Metrô-SP (metrô), e José Bonifácio e Itaim Paulista, da CPTM-SP (trem). A seleção das estações foi realizada após a análise na macroescala, conforme características distintas em relação à área delimitada para a ZEU e às áreas que seriam definidas pela isócrona de tempo de caminhada.

Apresentação e discussão dos resultados

Após a organização dos arquivos georreferenciados (Etapa 1a) e a elaboração dos raios no entorno das estações (Etapa 1b), as quadras de ZEU sob influência de estações de metrô e trem foram selecionadas e mapeadas, de acordo com os raios de 600 e 700 metros, referentes ao PDE de 2014 e a sua revisão de 2023, respectivamente, conforme mostrado nas Figuras 6 (a e b) (Etapa 1c). As quadras em cinza nas Figuras 6 (a e b) são influenciadas por corredores de ônibus ou por estações futuras, que não foram consideradas no PDE de 2014 e foram suprimidas da análise para não distorcer a comparação entre o zoneamento de 2014 e a sua revisão de 2023. Já o mapa da Figura 7 reúne as isócronas de tempo de caminhada de 5, 10, 15, 20, 30 minutos e superior a este valor, a partir das principais saídas das estações de metrô e trem do município de São Paulo (Figura 1 -Etapa 1d).

Na Tabela 1, calculou-se a distribuição de áreas de ZEU por tempo de caminhada (Etapa 2). Mesmo com o raio de 600m do PDE de 2014, 0,43% da área de ZEU está a mais de 20 minutos de caminhada da estação, agravando-se à medida que o raio é ampliado.

Figura 5 - Estações selecionadas para análise na microescala urbana, no município de São Paulo

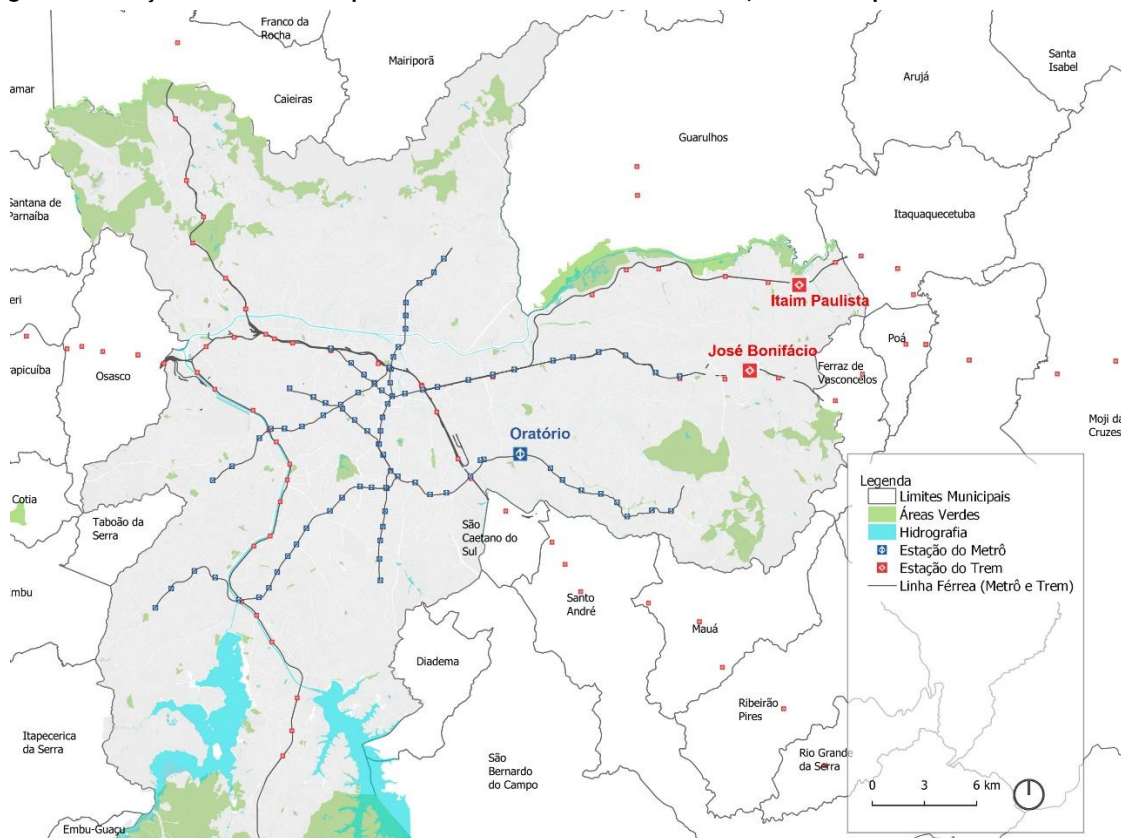
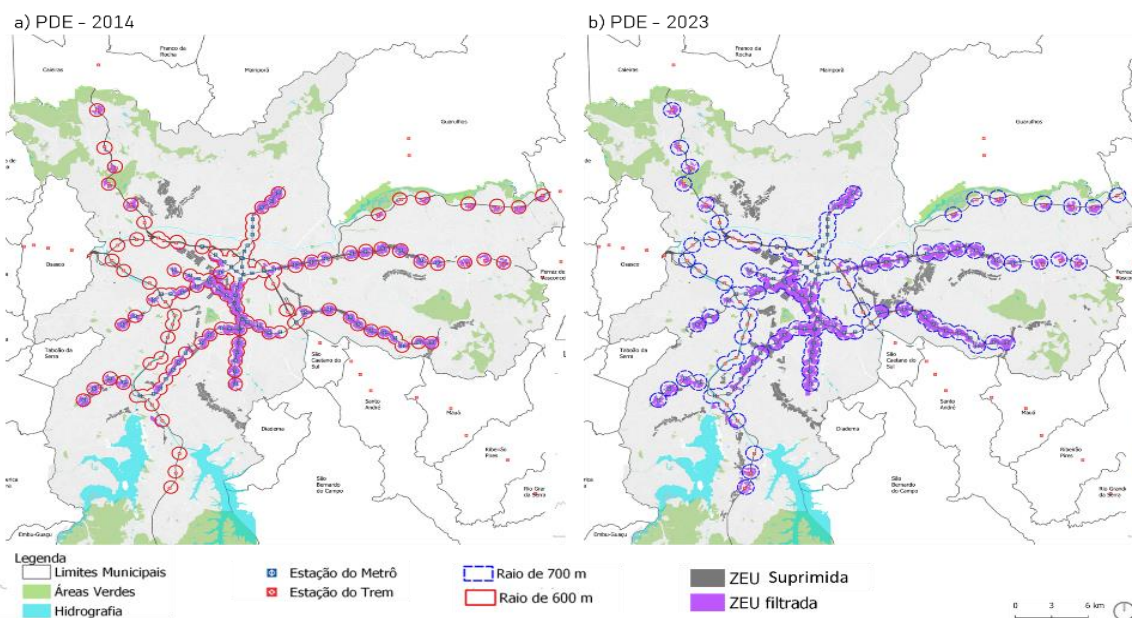


Figura 6 - Áreas de ZEU do PDE de 2014 (a) e 2023 (b) influenciadas pelos raios de 600 e 700 m das estações de trem e metrô do município de São Paulo



Fonte: elaboração a partir de PMS (2014, 2024).

Figura 7 - Isócronas de tempo de caminhada das estações de metrô e trem do município de São Paulo

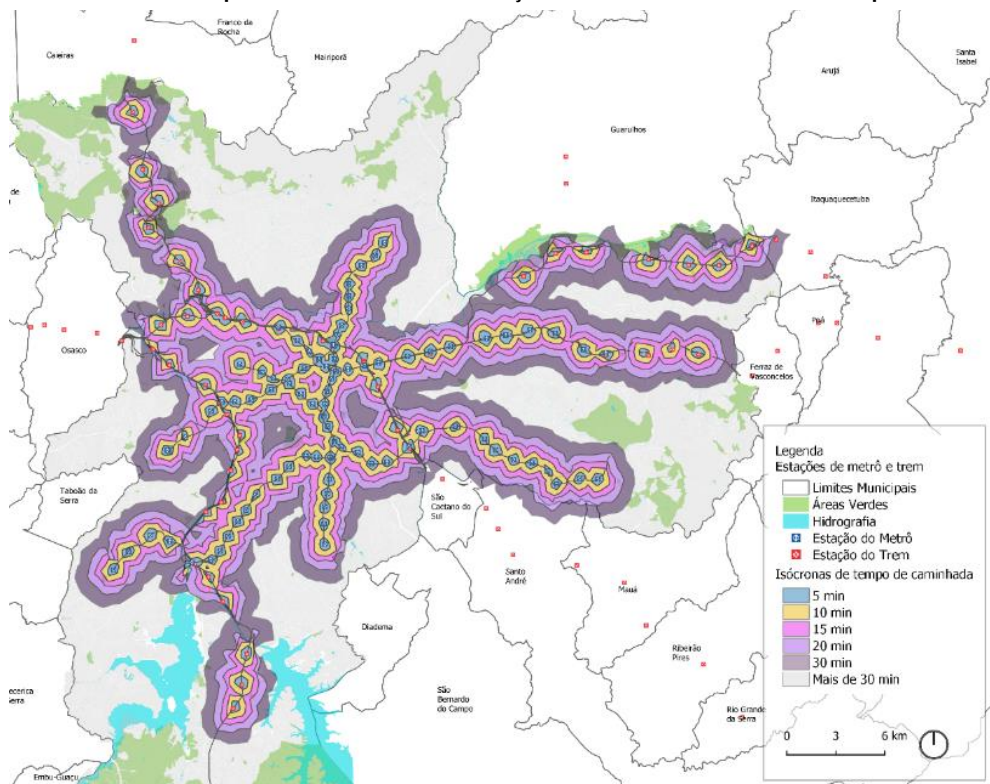


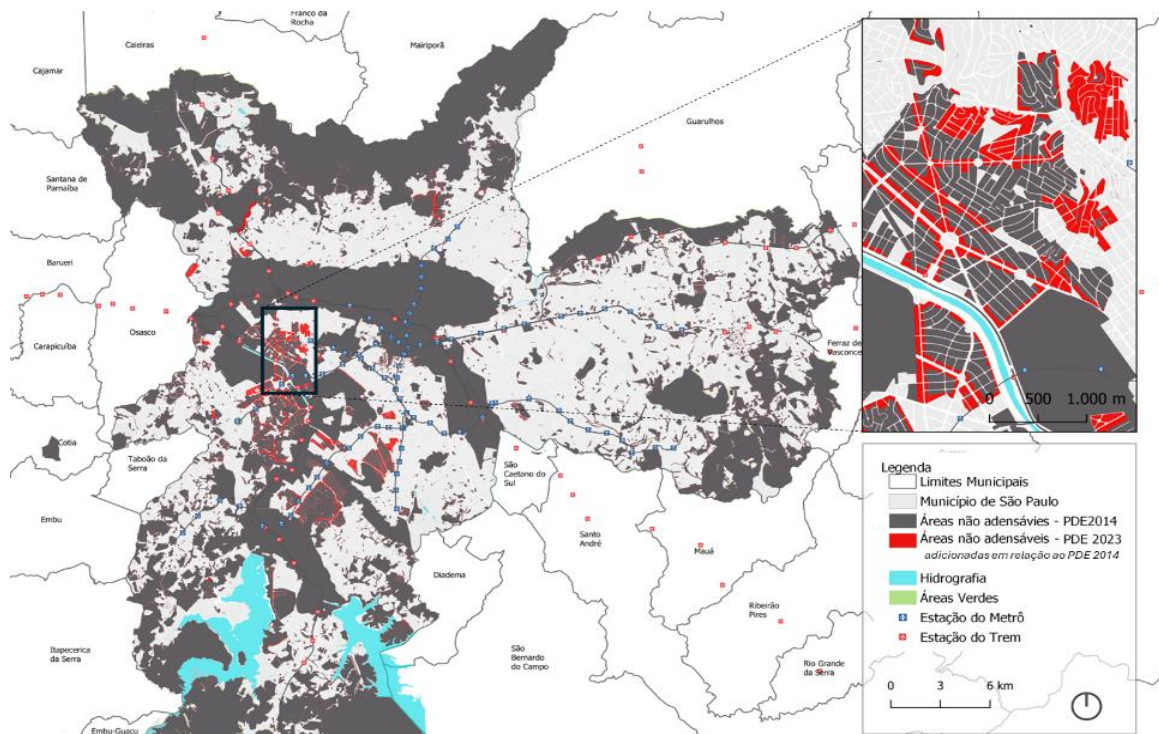
Tabela 1 - Distribuição das áreas de ZEU do município de São Paulo de acordo com as isócronas de tempo de caminhada

Tempo de Caminhada	Área de ZEU - PDE 2014 (raio de 600m)		Área de ZEU - PDE 2023 (raio de 700m)	
	km ²	%	km ²	%
5 min	7,88	19,62%	7,27	15,90%
10 min	28,79	71,70%	30,23	66,13%
15 min	3,10	7,73%	7,64	16,70%
20 min	0,21	0,53%	0,36	0,78%
30 min	0,07	0,18%	0,21	0,46%
>30 min	0,10	0,25%	0,01	0,03%
Total	40,15	100,0%	45,72	100,0%

Na Etapa 3(a), primeiramente, foram selecionadas as quadras abrangidas por cada isócrona de tempo, retirando-se aquelas que não poderiam ser adensadas de acordo com o PDE de 2014 e a sua revisão de 2023 (Etapa 3b), áreas identificadas na Figura 8. Esse mapeamento (Etapa 1c) resultou nas áreas potenciais de ZEU segundo o PDE de 2014 (Figura 9a e aproximação na Figura 10a) e a revisão de 2023 (Figura 9b e aproximação na Figura 10b), em relação às linhas isócronas de tempo de 5, 10 e 15 minutos de caminhada a partir das estações de transporte.

A Tabela 2 sintetiza os resultados da Etapa 4(a) relativamente à macroescala urbana, apresentando uma comparação entre a área abrangida pelos raios simples e pelas isócronas de tempo de caminhada. Observa-se que a área delimitada pelas isócronas de tempo, quando subtraída das áreas não adensáveis do PDE de 2014, resultaria em uma extensão maior do que a revisão de 2023, devido à expansão das áreas não adensáveis. Além disso, ao analisar a área abrangida pelas isócronas de 10 minutos, de acordo com as áreas não adensáveis estabelecidas pelo PDE 2023, observa-se uma área de cobertura de aproximadamente 46 km², similar à área total definida pelo raio de 700 metros conforme a revisão de 2023. Portanto, seria possível ter praticamente a mesma área total de adensamento, mas assegurando que todas as quadras estejam dentro do alcance de 10 minutos de caminhada.

Figura 8 - Áreas no município de São Paulo que não podem ser adensadas de acordo com o PDE 2014 e sua revisão de 2023



Fonte: elaboração a partir de PMSP (2023a, 2023b, 2024).

Figura 9 - Áreas potenciais de ZEU definidas pelas isócronas de tempo de caminhada - subtraída das áreas não adensáveis de acordo com o PDE -2014(a) e PDE-2023(b)

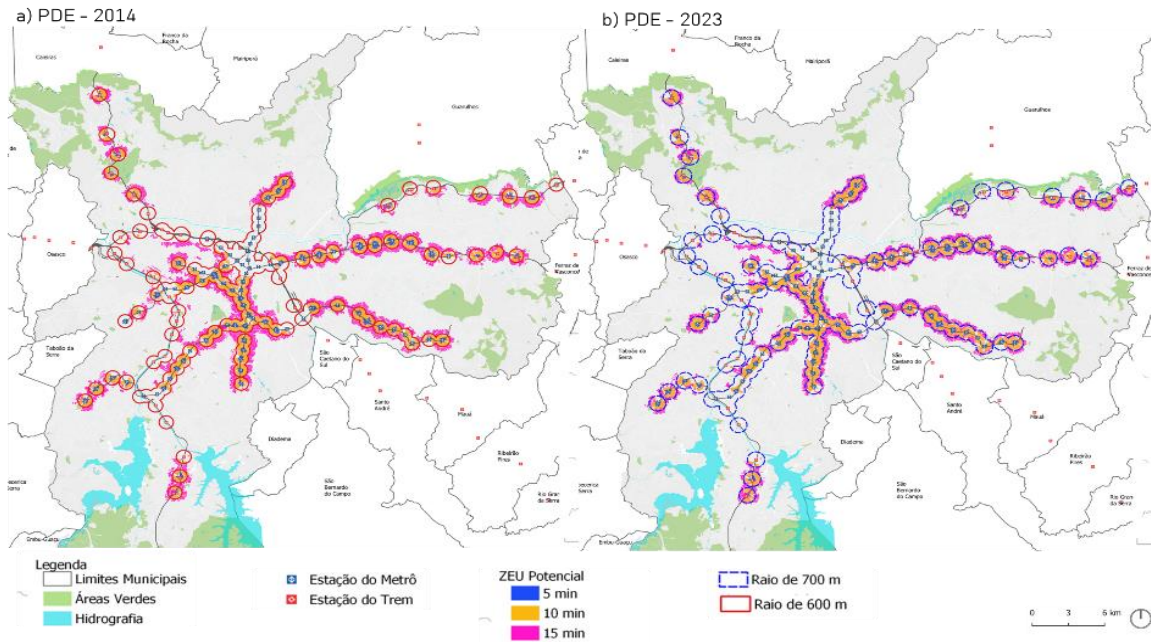


Figura 10 - Aproximação - Áreas potenciais de ZEU definidas pelas isócronas de tempo de caminhada-subtraída das áreas não adensáveis conforme o PDE-2014(a) e PDE-2023(b)

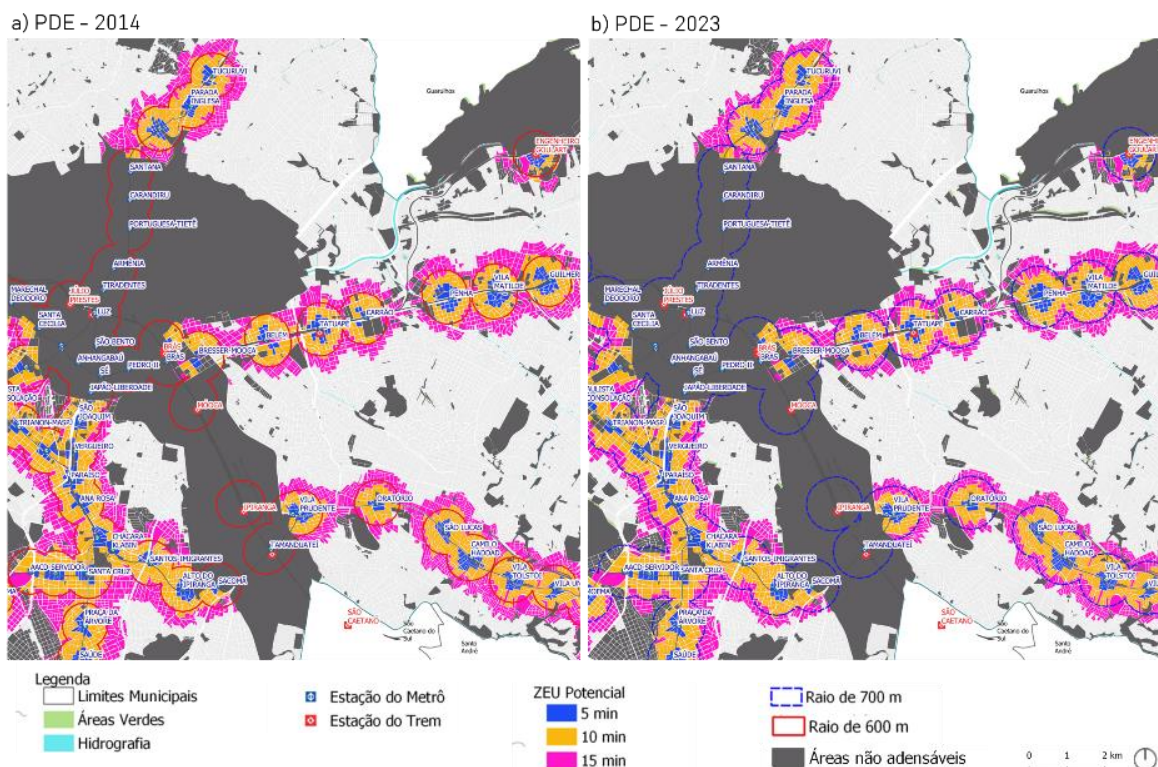


Tabela 2 - Comparativo entre as áreas de adensamento delimitadas por raios simples e as cobertas por isócronas de tempo de caminhada

Classificação	Área de ZEU - PDE 2014	Área de ZEU - PDE 2023
	(km ²)	(km ²)
Raio de 600 m	40,15	-
Raio de 700 m	-	45,72
Isócrona de 5 min	9,03	8,33
Isócrona de 10 min	53,27	46,62
Isócrona de 15 min	110,63	92,53

Na análise em microescala urbana (Etapa 4b), comparando a área de ZEU potencial definida pela isócrona de 10 minutos de caminhada, subtraída das áreas não adensáveis do PDE 2023, com o zoneamento estabelecido no mesmo PDE, verificou-se condições diferenciadas dependendo da estação analisada. Na Tabela 3 foram reunidas as áreas de ZEU ocupadas por cada isócrona de tempo e comparadas com a área potencial de ZEU que seria determinada a partir de uma isócrona de 10 minutos. Ademais, esta análise é complementada com a Figura 11, que apresenta um mapa do entorno das estações em estudo, com as isócronas de tempo de caminhada, as áreas de ZEU definidas no PDE 2023 e a área de ZEU potencial, utilizando o raio de 10 minutos de caminhada e permitindo verificar a diferença existente na escala das quadras.

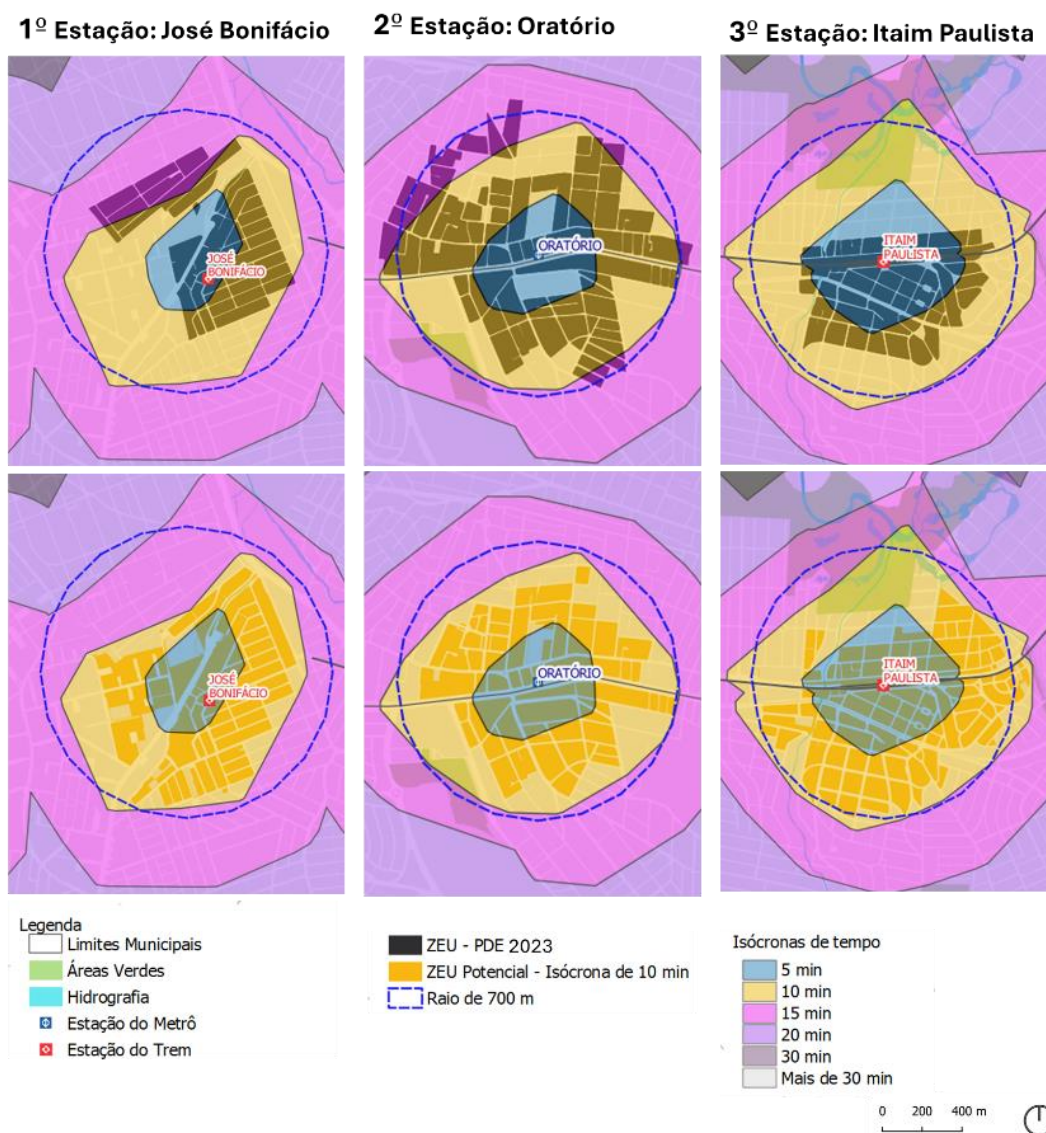
Na área de influência da primeira estação selecionada, José Bonifácio, da linha 11-Coral da CPTM-SP (trem), há uma extensão da ZEU que ultrapassa a isócrona de 10 minutos (Figura 11), alcançando a isócrona de 15 minutos de caminhada. Ao considerar a área abrangida pela isócrona de 10 minutos, deduzidas as áreas não adensáveis conforme a revisão de 2023, seria possível reunir uma área de densificação 21% maior do que a estipulada pelo PDE-2023 (Tabela 3). Já no entorno da segunda estação, Oratório, da linha 15-Prata do Metrô-SP, também existe uma área de ZEU que se estende até a isócrona de 15 minutos de caminhada (Figura 11). No entanto, ao considerar a área abrangida pela isócrona de 10 minutos, deduzidas as áreas não adensáveis segundo a revisão de 2023, a área de densificação teria de ser 27% menor do que a área de densificação definida pelo PDE-2023 (Tabela 3). Por fim, na área de influência da terceira estação, Itaim Paulista, da linha 12-Safira da CPTM-SP, a demarcação da ZEU é inferior ao limite da isócrona de 10 minutos de caminhada

(Figura 11). Se considerar a área abrangida pela isócrona de 10 minutos, deduzidas as áreas não adensáveis segundo a revisão de 2023, seria possível reunir uma área de densificação 61% maior do que a definida pelo PDE-2023 (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparativo da área de ZEU do PDE de 2023 e as áreas potenciais definidas por uma isócrona de 10 minutos de caminhada, na análise em microescala

Estações	Área de ZEU segundo o PDE 2023						Total (m ²)	Potencial área de ZEU (m ²) isócrona de 10 minutos
	5 min		10 min		15 min			
	m ²	%	m ²	%	m ²	%		
José Bonifácio	21.409	6%	234.085	63%	116.924	31%	372.418	453.250
Oratório	22.652	3%	547.895	62%	251.658	36%	822.205	602.272
Itaim Paulista	127.121	29%	318.176	71%	0	0%	445.298	717.957

Figura 11 - Comparativo entre as áreas de ZEU definidas no PDE de 2023 com as áreas potenciais que poderiam ser definidas pela isócrona de 10 minutos de caminhada, na análise em microescala



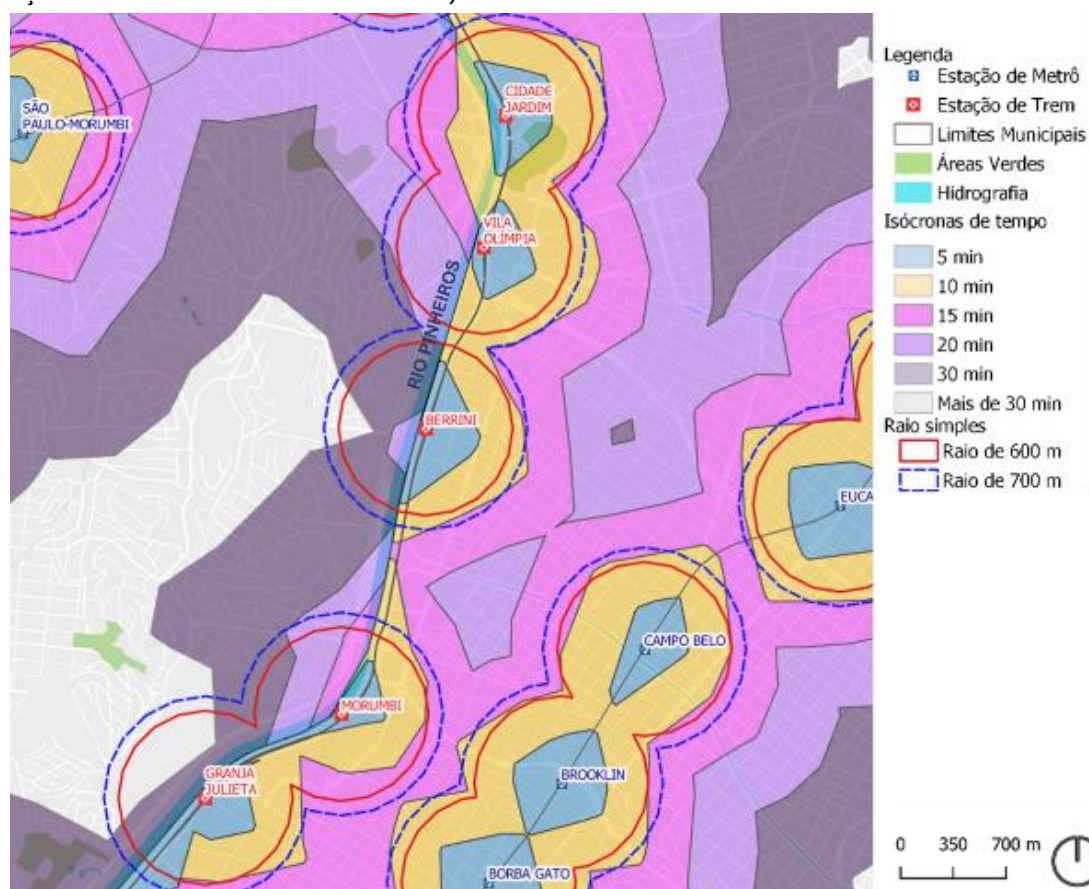
Fonte: elaboração a partir de PMSP (2024).

Dadas as constatações em microescala referentes às três estações selecionadas, procedeu-se a uma análise estendida de um recorte urbano adicional do município de São Paulo, localizado ao longo do rio Pinheiros e da linha 9 – Esmeralda de trens da CPTM, conforme Figura 12. Nesse recorte, é perceptível verificar que, em certas circunstâncias, há clara distinção entre as isócronas e as áreas que seriam demarcadas pelos raios simples. Nos arredores da estação Berrini, por exemplo, existem áreas que seriam designadas para adensamento, mas que se encontram a mais de 30 minutos de caminhada das estações, principalmente devido à presença do rio Pinheiros, que funciona como uma barreira física ao deslocamento a pé. Atualmente, as áreas adjacentes ao rio Pinheiros estão incluídas na Operação Urbana Água Espreada de acordo com o PDE-2023, que é configurada por legislação específica (PMSP, 2001). Contudo, caso houvesse uma delimitação de áreas de adensamento nesse recorte territorial, é evidente que o uso de raios simples não refletiria de maneira adequada o alcance de pedestres, pois negligencia os elementos urbanos que afetam o acesso às estações.

A disparidade entre a aplicação do raio simples e a utilização da isócrona de tempo de caminhada tornou-se evidente neste estudo realizado no município de São Paulo, constatação que pode se reproduzir em outras localidades, dado que o raio simples padronizado é amplamente empregado na delimitação das áreas de influência de estações e terminais de transporte de massa. Um exemplo concreto desse cenário é observado no município de Mogi das Cruzes, situado na Região Metropolitana de São Paulo. Em seu Plano Diretor de 2019, também foi estabelecido que as quadras situadas até 600 metros de raio do sistema de transporte público deveriam obedecer a parâmetros urbanísticos máximos mais elevados (PMMC, 2019).

Além disso, embora a análise se concentre na delimitação das áreas de adensamento conforme o zoneamento alinhado ao DOT, persiste a indagação sobre a aplicação de um raio simples padronizado para toda a cidade em outras avaliações relacionadas à determinação de uma área de influência com base no alcance dos pedestres. Por exemplo, em estudos relacionados ao potencial de demanda de passageiros de uma estação, na escolha de áreas de influência de polos geradores de tráfego, na seleção de áreas para intervenção urbanística que servirão como fundamentos para futuras políticas urbanas, entre outras aplicações, todas ainda utilizando o raio simples padronizado (Gehl, 2014; IPTD, 2016; Amancio; Sanches, 2008; WRI, 2018).

Figura 12 - Comparativo entre as isócronas de tempo de caminhada e os raios de 600 e 700 metros das estações de metrô e trem em microescala, no recorte urbano adicional



É importante ressaltar que, atualmente, existem diversas ferramentas e tecnologias disponíveis que podem ser integradas para fundamentar e estruturar as bases necessárias para a definição de políticas urbanas. Estas ferramentas precisam ser exploradas, questionando as práticas tradicionais que ainda são comuns.

Conclusões

Os resultados confirmam a pertinência dos questionamentos sobre a aplicação de um raio simples para definir áreas de adensamento urbano, em políticas urbanas. O estudo indica a necessidade de considerar outros fatores, como o alcance de pedestres, iniciando por considerações sobre isócronas de tempo, como um ponto de partida para a seleção dessas áreas.

Ao se examinar as isócronas de tempo no caso do município de São Paulo surgiram inadequações do uso do raio simples para demarcar áreas de adensamento urbano com base no alcance de pedestres. A adoção da isócrona de tempo de caminhada como um parâmetro para a delimitação dessas áreas poderia contribuir para a seleção dos locais acessíveis a pé dentro do mesmo intervalo de tempo de caminhada, evitando-se a inclusão de áreas que demandariam mais que 15 minutos de tempo de deslocamento, ou a exclusão das áreas acessíveis a menos de 10 minutos da estação.

No caso do município de São Paulo, a perspectiva em macroescala mostrou que a reserva de área para adensamento urbano nas ZEUs, definidas pelo raio simples, seria bastante similar entre aquela definida pelo PDE-2023 e a área delimitada pela isócrona de 10 minutos de caminhada, em termos quantitativos totais. No entanto, ao se analisar comparativamente essas áreas na microescala, identificaram-se diversos locais em que ocorre expansão ou redução de áreas para adensamento, dependendo das características da configuração urbana em torno de cada estação. Dessa forma, um detalhamento em microescala urbana é primordial para se proceder à demarcação consistente de perímetros de adensamento urbano acessíveis a pé.

Finalmente, ressalta-se que, embora mais abrangente e aderente ao aspecto do alcance de pedestres do que o raio simples, as isócronas de tempo de caminhada não configuram instrumento único suficiente para definir áreas propícias para adensamento urbano. Além do tempo de caminhada, outros elementos como a qualidade das calçadas, a topografia, o uso e ocupação do solo, a capacidade da infraestrutura, entre outros, são fundamentais no detalhamento de políticas de zoneamento e de desenvolvimento de policentralidades urbanas.

Referências

- AMANCIO, M. A.; SANCHES, S. A forma urbana e as viagens a pé – estudo de caso em uma cidade brasileira de porte médio. **Acta Scientiarum Technology**, v. 30, n. 3, p. 263-270, jul. 2008.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Desenvolvimento orientado ao transporte: como criar cidades mais compactas, conectadas e coordenadas**. Disponível em: <https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Desenvolvimento-orientado-ao-transporte-Como-criar-cidades-mais-compactas-conectadas-e-coordenadas.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- CALTHORPE, P. **The next american metropolis: ecology, community, and the American dream**. New York: Princeton Architectural Press, 1993.
- CERVERO, R. *et al.* **Transit-oriented development in the united states: experiences, challenges, and prospects**. Washington: The National Academies Press, 2004.
- GEHL, J. **Cidade para pessoas**. 2. ed. São Paulo. Editora Perspectiva, 2014.
- GUALBERTO, F.; BARBOSA, H. Estudo dos fatores que influenciam o comportamento de pedestres em travessias de vias urbanas. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE, 29., Ouro Preto, 2015. **Anais [...]** Ouro Preto, 2015.
- GUERRA, E.; CERVERO, R.; TISCHLER, D. Half-mile circle: does it best represent transit station catchments? **Sage Journals**, v. 2276, n. 1, 2012.
- HUMBERTO, M. *et al.* Walking and walkability: do built environment measures correspond with pedestrian activity? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 23-36, out./dez. 2019.
- INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO. **Guia de implementação de políticas e projetos de DOTS**. 2017. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/guia-dots/>. Acesso: 25 fev. 2024.

- INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO BRASIL. **Índice de caminhabilidade ferramenta**. 2016. Disponível em: http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/ITDP_TA_CAMINHABILIDADE_V2_ABRIL_2018.pdf. Acesso em: 25 fev. 2024.
- JUN, M. *et al.* Land use characteristics of subway catchment areas and their influence on subway ridership in Seoul. **Journal of Transport Geography**, v. 48, p. 30-40, 2015.
- KHODENKO, I.; KUDINOV, S.; SMIRNOV, E. Walking distance estimation using multi-agent simulation of pedestrian flows. **Procedia Computer Science Volume**, v. 136, p. 489-498, 2018.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Curso gestão integrada da mobilidade urbana**. Módulo II: cidade, cidadão e mobilidade urbana sustentável. 2006. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2010/01/40%20-%20Gestao%20Integrada%20mobilidade%20urbana_MCidades.pdf. Acesso em: 25 fev. 2024.
- OPENSTREETMAP. [Mapa]. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/#map=4/-15.13/-53.19>. Acesso em: 24 fev. 2024.
- OTSUKA, N. *et al.* Walkability assessment for urban areas around railway stations along the Rhine-Alpine Corridor. **Journal of Transport Geography**, v. 93, p. 103081, 2021.
- PADILLO, A. *et al.* Application of multi-criteria decision analysis methods for assessing walkability: a case study in Porto Alegre, Brazil. **Transportation Research Part D**, v. 63, p. 855-871, 2018.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Plano Diretor do município de Curitiba**. Lei nº 14.771, de 17 de dezembro de 2015. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-curitiba-pr>. Acesso em: 25 fev. 2024
- PREFEITURA MUNICIPAL DE DIADEMA. **Plano Diretor do município de Diadema**. Lei Complementar nº 473 de dezembro de 2019. Disponível em: https://www.cmdiadema.sp.gov.br/legislacao/leis_integra.php?chave=10047319. Acesso em: 25 fev. 2024.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MOGI DAS CRUZES. **Plano Diretor do município de Mogi das Cruzes**. Lei Complementar nº 150, de 26 de dezembro de 2019. Disponível em: <https://www.mogidascruzes.sp.gov.br/pagina/secretaria-de-urbanismo/plano-diretor-vigente#:~:text=A%20Lei%20Complementar%20n%C2%BA%20150,Pol%C3%ADtica%20de%20Desenvolvimento%20Urbano%2C%20nos>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Lei de uso e ocupação do solo**. 2016. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/01/Plano-Diretor-Estrat%C3%A9gico-Lei-n%C2%BA-16.050-de-31-de-julho-de-2014-Texto-da-lei-ilustrado.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Lei nº 13.260 de 28 de dezembro de 2001**. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13260-de-28-de-dezembro-de-2001#:~:text=Estabelece%20diretrizes%20urban%C3%ADsticas%20para%20a,de%20Gest%C3%A3o%20e%20d%C3%A1%20outras>. Acesso em: 25 fev. 2024
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Lei nº 17.975**, de 8 de julho de 2023b. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17975-de-8-de-julho-de-2023>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Lei nº18.081**, de 19 de janeiro de 2024. Disponível em: https://diariooficial.prefeitura.sp.gov.br/md_epubli_visualizar.php?wTTqxIQPF4V7UvwafiQUL-8MEN2OucopCKUELYCc17L4gid7LEW3GuFQ8XDL5Ri_4LAdq7snPjtkkLpd9SIfa-zyuUyw-856GIyYOOAQ2ly8IQ4sJWjPnNI4SIByeJ1K. Acesso em: 25 fev. 2024
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Parecer conjunto das comissões reunidas de política urbana, metropolitana e meio ambiente; de administração pública; de trânsito, transporte e atividade econômica; de educação, cultura e esportes; de saúde, promoção social, trabalho e mulher e de finanças e orçamento sobre o projeto de lei nº 127/2023**. 2023a. Disponível em: <https://splegisconsulta.saopaulo.sp.leg.br/Home/AbriuDocumento?pID=456608>. Acesso em: 25 fev. 2024
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Plano diretor do município de São Paulo**. 2014. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/zoneamento/texto-da-lei/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

PUEBOOBPAPHAN, R.; PUEBOOBPAPHAN, S.; SUKHOTRA, S. Acceptable walking distance to transit stations in Bangkok, Thailand: application of a stated preference technique. **Journal of Transport Geography**, v. 99, p. 103296, 2022.

SHATU, F; YIGITCANLAR, T.; BUNKER, J. Objective vs. subjective measures of street environments in pedestrian route choice behaviour: Discrepancy and correlates of non-concordance. 2019. **Transportation Research Part A: Policy and Practice.**, v. 126. 1-23, 2019.

SLESZYNSKI, P. *et al.* The ideal isochrone: Assessing the efficiency of transport systems. **Research in Transportation Business & Management**, v. 46, 100779, Jan. 2023.

SUZUKI, H.; CERVERO, R.; IUCHI, K. **Transforming cities with transit**: transit and land-use integration for sustainable urban development. Urban development. Washington: World Bank, 2013. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/12233>. Acesso em: 28 fev. 2024.

TAO, T.; WANG, J.; CAO, X. Exploring the non-linear associations between spatial attributes and walking distance to transit. **Journal of Transport Geography**, v. 82, 102560, Jan. 2020.

WORLD BANK. **Transit-oriented development implementation resources and tools**. 2018. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/495becce-2e55-5a64-a967-249887b8b901>. Acesso em: 28 fev. 2024.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Dots nos planos diretores**: guia para a inclusão do desenvolvimento orientado ao transporte sustentável no planejamento urbano. 2018. Disponível em: https://wribrasil.org.br/sites/default/files/DOTS_nos_Planos_Diretores_abr18.pdf. Acesso em: 28 fev. 2024.

ZUO, T.; WEI, H.; ROHN, A. Determining transit service coverage by non-motorized accessibility to transit: Case study of applying GPS data in Cincinnati metropolitan area. **Journal of Transport Geography**, v. 67, p. 1-11, 2018.

Carollina Hitomi de Oliveira Okamoto

Metodologia, Curadoria de dados, Análise de dados, Redação do manuscrito original.

Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | Av. Prof. Almeida Prado, Tv. 2, 83 | São Paulo - SP - Brasil | CEP 05508-010 | Tel.: (11) 3091-5107 | E-mail: carollina.okamoto@alumni.usp.br

Karin Regina de Castro Marins

Supervisão, Validação de dados e experimentos, Administração do projeto, Redação - revisão e edição.

Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | E-mail: karin.marins@usp.br

Editor: **Eneid Ghisi**

Editor de seção: **Julio Cesar Boscher Torres**

Ambiente Construído

Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

www.scielo.br/ac

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.