



Graduação Pós-Graduação
 Artigo completo Relato de prática Resumo expandido

ANÁLISE DAS INEQUIDADES ESPACIAIS NO ACESSO À REDE PÚBLICA DE EDUCAÇÃO BÁSICA: uma aplicação do método 2SFCA em Ibitinga-SP

Marcelo Monari
Universidade Federal de São Carlos
marcelo.monari@ufscar.br

Alice Ribeiro Uliam
Universidade Federal de São Carlos
aliceuliam@estudante.ufscar.br

Rochele Amorim Ribeiro
Universidade Federal de São Carlos
rochele@ufscar.br

Thais de Cassia Martinelli Guerreiro
Universidade Federal de São Carlos
tcmguerreiro@ufscar.br

RESUMO

A diminuição recente do número de viagens pelo transporte ativo com destino à escola demanda ações e políticas públicas que permitam que crianças e adolescentes se desloquem de forma independente e segura. Neste trabalho, buscou-se estimar e mapear a acessibilidade a pé da população jovem de Ibitinga-SP à rede pública de educação básica, além de verificar a inequidade de acesso às escolas locais. Para o estudo de caso, aplicou-se o método 2SFCA em SIG, com base no conceito de “vizinhança de 20 minutos”, atribuindo-se velocidades de caminhada aos segmentos viários da rede com base na declividade. Em seguida, foi mensurado o Índice de Palma para avaliar a diferença no nível de acesso entre os extremos da distribuição de renda. Os resultados indicam que a população residente na região central de Ibitinga-SP apresenta níveis de acesso significativamente mais elevados do que aqueles observados nas regiões periféricas, além de evidenciar uma desproporção no número de alunos(as) matriculados(as) nas escolas estudadas, sobretudo no Ensino Médio. O Índice de Palma sugere desigualdade de acesso entre as populações mais e menos abastadas, variando de baixa, no caso do Ensino Fundamental, a moderadamente alta, no Ensino Médio.

Palavras-chave: Educação básica; Acessibilidade espacial; 2SFCA; Índice de Palma.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, programas e organizações do mundo todo têm incentivado a requalificação do ambiente urbano para que crianças e adolescentes tenham boas condições de se deslocar de forma independente e segura (ITDP Brasil, 2024). Isso se deve, entre outros motivos, à diminuição do número de viagens pelo transporte ativo com destino à escola (Yang *et al.*, 2019), que, nos países em desenvolvimento – como o Brasil –, tem ocorrido de forma concomitante à expansão urbana mal planejada.

O deslocamento de crianças e adolescentes por modos ativos de transporte – a pé ou por bicicleta –, naturalmente, é associado a diversos fatores como gênero, idade, possibilidade de acompanhamento ou posse de automóvel pelos(as) adultos responsáveis, renda domiciliar, existência de irmãos e irmãs etc. No entanto, também são considerados fatores intervenientes nesses deslocamentos a distância de viagem, a topografia do relevo, o grau de conectividade das ruas, a acessibilidade física a espaços caminháveis, a percepção de segurança e a existência de equipamentos de lazer no destino, como instalações esportivas e parques (Leung; Loo, 2020).

Dentre todos os fatores supracitados, a distância (ou tempo) de viagem é criticamente influente em deslocamentos de crianças e adolescentes com destino a escolas (Barros *et al.*, 2024). Não diferentemente, a renda familiar é uma variável preponderante na escolha modal de jovens que viajam por motivo de estudo: regiões mais abastadas condicionam um maior uso do transporte motorizado individual para o transporte de crianças e adolescentes à escola, enquanto bairros economicamente mais vulneráveis concentram uma grande demanda pelo transporte ativo até essas instituições de ensino (Humberto *et al.*, 2020).

Diante das evidências apresentadas, é fundamental desenvolver ações e políticas públicas de caráter multidisciplinar que envolvam a requalificação de ambientes construídos, a implementação de programas educacionais e a alocação criteriosa de novas escolas. Essas medidas visam promover de forma mais eficiente os deslocamentos ativos no trajeto escolar e, consequentemente, contribuir para a melhoria dos hábitos e da saúde de crianças e adolescentes (Barros *et al.*, 2024).

Este trabalho tem como objetivos: i) estimar e mapear os níveis de acesso da população jovem – 10 a 14 anos para o Ensino Fundamental (EF) e 15 a 19 anos para o Ensino Médio (EM) – da cidade de Ibitinga-SP (Brasil) à rede pública de educação básica, considerando somente o transporte a pé; e ii) verificar a existência e o grau de inequidade de acesso às escolas locais, identificando gaps na distribuição espacial dessas instituições públicas de ensino. Para



o estudo de caso, aplicou-se o método clássico *2-Step Floating Catchment Area* (2SFCA) (Luo; Wang, 2003), operacionalizado em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com base nos princípios do modelo de planejamento conhecido como “vizinhança de 20 minutos” (McNeil, 2011; Moreno *et al.*, 2021).

2 REVISÃO DA LITERATURA

O deslocamento de crianças e adolescentes até a escola tem sido objeto de estudo de diversos trabalhos publicados no contexto internacional. Em contrapartida, poucas das pesquisas desenvolvidas até então foram conduzidas em países emergentes, onde o crescimento urbano e a oferta de transporte frequentemente desprovidos de planejamento adequado incorrem em maiores riscos a jovens que caminham até a escola desacompanhados (Poku-Boansi; Amoako; Atuah, 2019).

Embora o transporte público seja um grande agente facilitador do acesso a escolas (Queiroz *et al.*, 2024), o deslocamento a pé constitui o modo de transporte fundamental e deve ocupar posição central no planejamento da provisão de serviços de educação. Alguns autores advogam ainda que mesmo novas tecnologias, como ônibus autônomos, devem ser integrados de forma a complementar – e não competir – com os deslocamentos ativos (Larsson; Anund; Pettigrew, 2023).

Salvo, Sanfilippo e Brignone (2024) utilizaram microssimulação de tráfego para investigar o acesso de estudantes de Carini, cidade italiana com aproximadamente 40 mil habitantes, a uma escola de EF. Os autores sugerem que a implementação de políticas como a *Walking School Bus* (WSB) – serviço de transporte em que estudantes percorrem a rota casa-escola a pé, acompanhados por pais voluntários – pode gerar impactos positivos na gestão do trânsito, reduzindo congestionamentos e promovendo um ambiente mais seguro e organizado no entorno da entrada das escolas. Bianchi *et al.* (2023), também no contexto italiano, reforçam que enfrentar problemas como calçadas estreitas, desordem e baixos níveis de segurança no entorno das escolas pode ajudar a incentivar a mobilidade ativa e aprimorar as experiências de deslocamento das crianças e adolescentes.

Cadima, Schönfeld e Ferreira (2024) investigaram barreiras e facilitadores da mobilidade ativa e independente de crianças no trajeto até a escola em Portugal, concluindo que ambientes centrados no automóvel limitam os padrões de deslocamento e perpetuam, ao longo das gerações, a cultura de dependência do transporte motorizado individual. A velocidade do

tráfego motorizado também é percebida pelas crianças como um risco ao deslocamento a pé até a escola (Torres *et al.*, 2020).

Diversas ações e políticas públicas focadas no incentivo ao deslocamento de crianças até a escola pelo transporte ativo têm sido implementadas com sucesso mundo afora, como o *pedibus* e o *bicibus*, na Hungria (Kézai, 2024) – semelhantes ao WSB já mencionado, com foco no transporte a pé e por bicicleta, respectivamente –; o *Healthy New Town*, na Inglaterra (Tupper *et al.*, 2024) – construção de espaços seguros à mobilidade ativa, como rotas com tráfego limitado e presença de áreas naturais para o deslocamento escolar das crianças –, entre outras. Os resultados da implementação dessas políticas foram o fortalecimento do senso de comunidade e das interações sociais. Além disso, todas essas iniciativas convergem para um mesmo princípio de proximidade, acessibilidade e promoção da mobilidade ativa, que são justamente o cerne do conceito de “cidade/vizinhança de 15 ou 20 minutos” (Moreno *et al.*, 2021), que preconiza a organização do espaço urbano em bairros autossuficientes, garantindo que serviços essenciais, como as escolas, sejam acessíveis em até 15 a 20 minutos de caminhada ou pedalada.

No Brasil, as pesquisas sobre a temática em questão costumam focar na avaliação continuada das mudanças no padrão de deslocamentos de crianças e seus cuidadores, sobretudo após intervenções em escolas públicas (Humberto; Moura; Giannotti, 2021); na identificação de lacunas entre a capacidade do ambiente urbano e a quantidade de viagens ativas (Humberto *et al.*, 2020); e em políticas públicas para o deslocamento ativo de crianças para a escola (Barros *et al.*, 2024). Poucos trabalhos, no entanto, buscaram mapear a acessibilidade geográfica da população jovem à rede pública de educação básica (Monari *et al.*, 2025), sinalizando para uma possível falta de subsídios técnicos que auxiliem nessa questão.

O mapeamento da acessibilidade geográfica até a rede pública de educação básica existente em uma cidade ou região é fundamental para planejar a distribuição racional de alunos(as) entre as escolas – considerando critérios como capacidade de atendimento e proximidade –, além de orientar a implantação de novas unidades em áreas com cobertura insuficiente. A minimização da distância entre as residências dos(as) alunos(as) em potencial e novas instituições de ensino contribui diretamente para escolha modal pelo transporte ativo, resultando em mudanças positivas nos padrões de deslocamento da região (Howden-Chapman *et al.*, 2015).

Nesse contexto, inúmeros autores(as) da literatura, como Singleton *et al.* (2011), propuseram métodos para estimar áreas de abrangência de escolas e verificar a inequidade

espacial de acesso a essas instituições de ensino. No entanto, dentre esses métodos, destacam-se aqueles baseados em variantes da abordagem FCA, consideradas efetivas para o planejamento espacial de unidades escolares e demais espaços educacionais (Rekha; Radhakrishnan; Mathew, 2020; Jabbari *et al.*, 2021; Takyi *et al.*, 2023; Jiang *et al.*, 2024). Assim, enfatiza-se a necessidade de aplicação dessas variantes também no contexto de países emergentes, como o Brasil, visando promover a alfabetização e a aprendizagem inclusiva por meio do acesso equitativo às escolas, em consonância com os princípios do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4 – Educação de Qualidade (Brasil, 2015).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

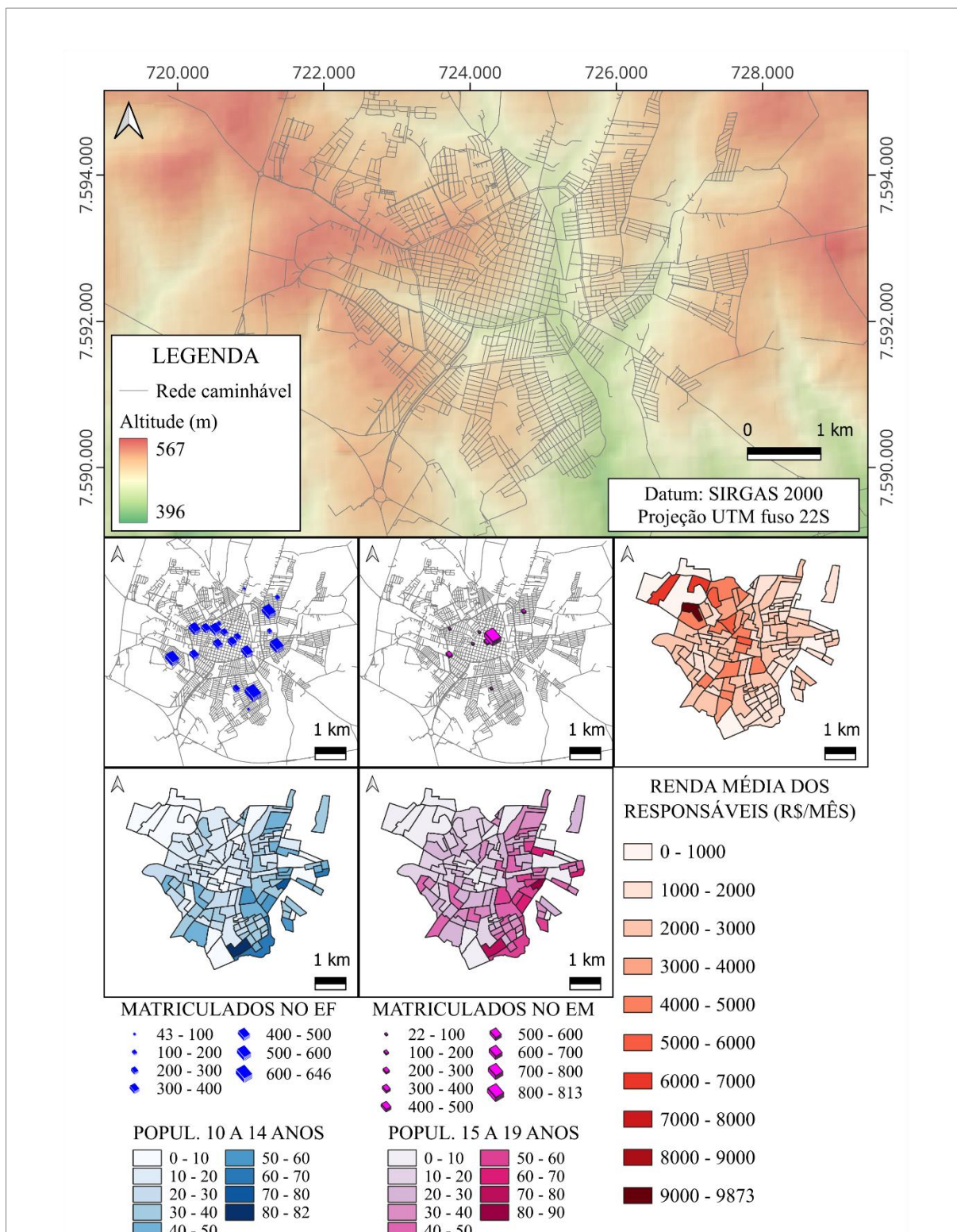
Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, a saber: 1) coleta e geoespacialização de dados do estudo de caso; 2) construção do grafo em SIG; 3) estimativa e mapeamento da acessibilidade geográfica pelo método 2SFCA; e 4) análise da inequidade espacial de acesso à rede pública de ensino básico em Ibitinga-SP.

3.1 DADOS DO ESTUDO DE CASO

A cidade de Ibitinga-SP pertence à mesorregião de Araraquara-SP, no interior do Estado de São Paulo, e possui uma população ligeiramente superior a 60 mil habitantes (IBGE, 2022b). A Figura 1 compila os dados coletados para a condução do estudo de caso nessa cidade, escolhida por ser majoritariamente (61%) caracterizada por um terreno suavemente ondulado (com declividades entre 3% e 8%) (EMBRAPA, 1979). Em outras palavras, Ibitinga-SP possui características topográficas do relevo que influenciam não só na escolha da caminhada como modo de transporte, mas também nas rotas utilizadas pelos pedestres em suas viagens cotidianas.

O mapa superior da Figura 1 apresenta o Modelo Digital de Elevação (MDE) TOPODATA (INPE, 2008), com resolução espacial de 30 metros, e a rede caminhável da cidade de Ibitinga-SP. Essa rede foi extraída da plataforma de mapeamento colaborativo *OpenStreetMap* (OSM, 2024) e serviu como base para a criação do grafo utilizado no algoritmo de roteamento, conforme melhor detalhado nas próximas subseções.

Figura 1: Dados do estudo de caso



Fonte: Adaptado pelos(as) autores(as) de INPE (2008), Brasil (2024), OSM (2024) e IBGE (2022a).

Os demais mapas apresentados na Figura 1 referem-se à distribuição espacial das escolas públicas de EF e EM e da demanda por esses serviços de educação básica em Ibitinga-



SP. A geolocalização e a estimativa da capacidade (número de alunos(as) matriculados) de cada escola foram conduzidas por meio de consultas a informações compiladas do Censo Escolar Brasileiro de 2023 (Brasil, 2024). Já as populações de 10 a 14 anos e de 15 a 19 anos (entendidas, respectivamente, como demandas potenciais pelo EF e pelo EM) foram georreferenciadas com base em dados agregados por setores censitários do último Censo Demográfico Nacional (IBGE, 2022a). Ainda no âmbito do Censo, apresenta-se, para cada um dos 133 setores censitários de Ibitinga-SP, a renda mensal média dos responsáveis pelos domicílios de cada setor, variável essencial para a análise das desigualdades no acesso aos serviços de educação básica.

3.2 CONSTRUÇÃO DO GRAFO

Após coletados os dados do estudo de caso, fez-se necessária a construção de um grafo em ambiente SIG. Para isso, foi utilizado o *software* QGIS, um SIG de código aberto, disponível gratuitamente para download, que possui diversas ferramentas para análise de redes em suas versões mais recentes.

De maneira simplificada, um grafo corresponde a um conjunto de elementos vetoriais representativos de uma rede de transportes, sendo que cada aresta ou *link* representa um segmento viário e cada nó representa uma interseção. A partir dessa abstração, torna-se possível calcular o menor caminho entre qualquer par origem-destino (OD) da rede por meio do algoritmo de Dijkstra (1959), que se baseia na minimização da impedância acumulada ao longo do trajeto (seja ela expressa em distância, tempo de viagem ou outra métrica), respeitando os sentidos de circulação estabelecidos na rede.

Para a criação do grafo da presente pesquisa, primeiramente, cada *link* da rede foi duplicado e a cada um dos segmentos homólogos sobrepostos foi atribuído um único sentido de circulação. Enfatiza-se que todos os segmentos viários foram duplicados porque nas vias caminháveis, não há, em geral, restrições ao sentido de circulação de pedestres. Em seguida, as altitudes dos nós inicial e final de cada *link* da rede – valores do raster representativo do MDE TOPODATA – foram extraídas nos pontos amostrais utilizando-se a ferramenta *Point Sampling Tool* do QGIS.

A análise conjunta das informações altimétricas e dos sentidos de circulação tornou possível distinguir movimentos em aclave (subidas) e declive (descidas) na rede e estimar as correspondentes taxas de declividade. De posse dessas informações, foi atribuída a cada

segmento viário uma velocidade média de caminhada esperada para indivíduos jovens, conforme os critérios apresentados na Tabela 1 (Aghabayk *et al.*, 2021).

Tabela 1: Velocidade média de caminhada de jovens para diferentes inclinações da via

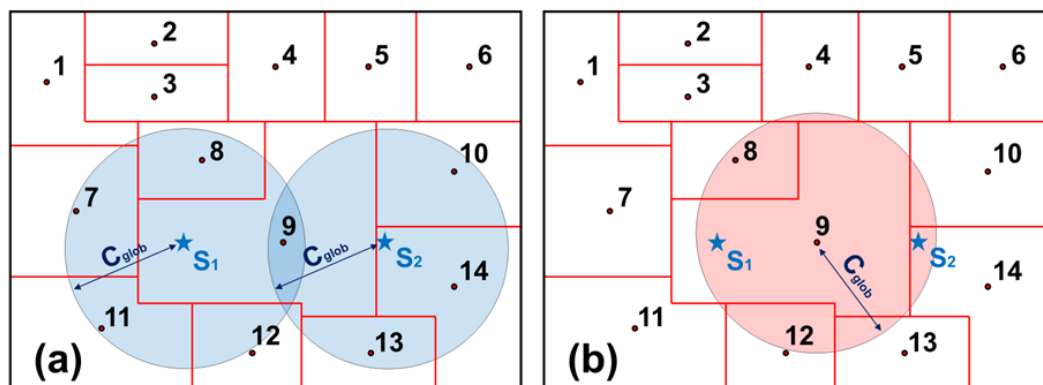
Tipo de inclinação	Velocidade (km/h)
Descida íngreme (< -12%)	5,58
Descida suave (-12% a -6%)	5,26
Terreno plano (-6% a +6%)	5,22
Subida suave (+6% a +12%)	5,22
Subida íngreme (> +12%)	4,97

Fonte: Aghabayk *et al.* (2021).

3.3 MÉTODO 2FCA

Uma vez construído o grafo da pesquisa, procedeu-se à estimativa e ao mapeamento do nível de acesso da população jovem de Ibitinga-SP à rede pública de educação básica da cidade. Para isso, foi empregado o método 2SFCA, cujas etapas estão ilustradas na Figura 2 (Neutens, 2015) e cuja formulação matemática clássica é apresentada nas Equações (1) e (2) (Luo; Wang, 2003).

Figura 2: Método 2SFCA: (a) Determinação da população dentro da área de abrangência de um serviço; e (b) Alocação de oferta à população



Fonte: Adaptado de Neutens (2015).

$$PPR_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{t_{ij} \leq C_{glob}\}} P_i} \quad (1)$$

$$A_i = \sum_{j \in \{t_{ij} \leq C_{glob}\}} PPR_j \quad (2)$$

Em que A_i e P_i são o nível de acesso e a população residente no setor censitário i , respectivamente; S_j é a capacidade do provedor j , definida como o número de estudantes matriculados(as); PPR_j é a razão provedor/população para o provedor j ; t_{ij} é o tempo de caminhada entre i e j ; e C_{glob} é o tempo de viagem que delimita a área de abrangência, adotado neste trabalho como 20 minutos.

A primeira etapa do método 2SFCA consiste em determinar a população de interesse (demanda) dentro da área de abrangência dos provedores de um serviço, visando à estimativa da razão entre a oferta e a demanda (*provider-to-population ratio*, ou PPR). Já a segunda etapa consiste na alocação de oferta à população, considerando quais provedores estão incluídos nas áreas de abrangência estimadas para cada unidade de análise, devendo, ao final, ser somados os PPR correspondentes a essas unidades (Luo; Wang, 2003; Guida *et al.*, 2022).

Em termos operacionais, para aplicar o método 2SFCA no QGIS foi necessário calcular as rotas ótimas (mais rápidas) entre cada par OD de interesse à pesquisa e estimar os correspondentes tempos de caminhada para se completar essas rotas. Isso foi realizado com o uso do complemento *caminho mais curto*, com processamento em lote. As rotas foram calculadas entre os centroides representativos dos 133 setores censitários de Ibitinga-SP e as próprias escolas de EF e EM, que somam, respectivamente, 19 e 9 unidades (totalizando 2.527 rotas para o EF e 1.197 para o EM).

É necessário destacar ainda que, na presente pesquisa, o tempo de viagem que delimita a área de abrangência – tempo de caminhada considerado admissível para que jovens acessem a escola a partir de suas residências – foi adotado como 20 minutos, conforme as diretrizes de modelos de planejamento urbano que têm ganhado destaque atualmente, como o conceito de “cidades ou vizinhanças de 15 ou 20 minutos” (McNeil, 2011; Moreno *et al.*, 2021).

Uma vez estimados os níveis de acesso da população residente em cada setor censitário às escolas de EF e EM, procedeu-se à normalização desses índices em uma escala padronizada de 1 a 10 e à produção de mapas graduados representativos dessa facilidade de acesso.

3.4 EQUIDADE DE ACESSO AO ENSINO BÁSICO

Após mensurados e mapeados os níveis de acesso à rede pública de educação básica da população jovem residente em cada um dos setores censitários, procedeu-se à análise da



inequidade espacial do acesso a esse serviço em Ibitinga-SP. Para isso, foi utilizado o Índice de Palma, que é uma medida de desigualdade econômica que enfatiza a diferença entre os extremos da distribuição de renda – 10% mais ricos e 40% mais pobres – de uma região de estudo, conforme indicado pela Equação (3) (Cobham; Sumner, 2013).

$$\text{Índice de Palma} = \frac{X_{10}}{X_{40}} \quad (3)$$

Em que X_{10} é o nível médio de acesso normalizado, ponderado pela população, dos 10% dos setores censitários que apresentam as maiores rendas médias mensais dos(as) responsáveis pelos domicílios; e X_{40} é o nível médio de acesso normalizado, ponderado pela população, dos 40% dos setores censitários que apresentam as menores rendas médias mensais dos(as) responsáveis pelos domicílios.

A escolha do Índice de Palma em detrimento de outros índices clássicos para estimativa de inequidades é justificada pela fácil interpretação dos resultados: valores superiores a 1 indicam maior facilidade de acesso dos mais ricos em relação aos mais pobres; iguais a 1 significam equidade total de acesso; e inferiores a 1 indicam a rara situação em que os mais pobres são mais privilegiados que os mais ricos em termos de nível de alcance a algum serviço. A simplicidade e clareza dessa interpretação auxiliam na formulação de políticas públicas mais direcionadas, como a alocação de novas unidades de ensino próximas àqueles(as) economicamente mais vulneráveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de Ibitinga-SP, atualmente, possui 3.560 habitantes de 10 a 14 anos e 3.637 habitantes de 15 a 19, que correspondem, respectivamente, às demandas potenciais pelos Ensinos Fundamental e Médio da rede pública. Por outro lado, no que tange à oferta desses serviços de educação básica, Ibitinga-SP possui 19 escolas públicas de EF e apenas 9 de EM. Observa-se ainda que as escolas de EF estão consideravelmente mais bem distribuídas do que as de EM ao longo da área urbana do município, embora, para ambos os casos, possa ser constatada uma maior concentração de provedores do serviço na região central. Ademais, segundo dados do Censo Escolar Brasileiro de 2023 (Brasil, 2024), 8 escolas de Ibitinga-SP oferecem, simultaneamente, o EF e o EM aos jovens do município.

Com relação à renda média mensal dos(as) responsáveis pelos domicílios em cada setor



censitário, conclui-se que, segundo dados do Censo Demográfico de 2022 (IBGE, 2022a), a população economicamente mais favorecida de Ibitinga-SP concentra-se nas regiões noroeste e central da cidade – no primeiro caso, justamente onde se observa uma lacuna na provisão de serviços públicos de educação básica. Em média, os(as) responsáveis pelos domicílios em Ibitinga-SP declaram receber um rendimento mensal próximo a dois salários mínimos, sendo que os setores censitários periféricos, decorrentes da recente expansão urbana – com destaque para aqueles a leste do anel viário –, concentram parcelas expressivas da população economicamente mais vulnerável.

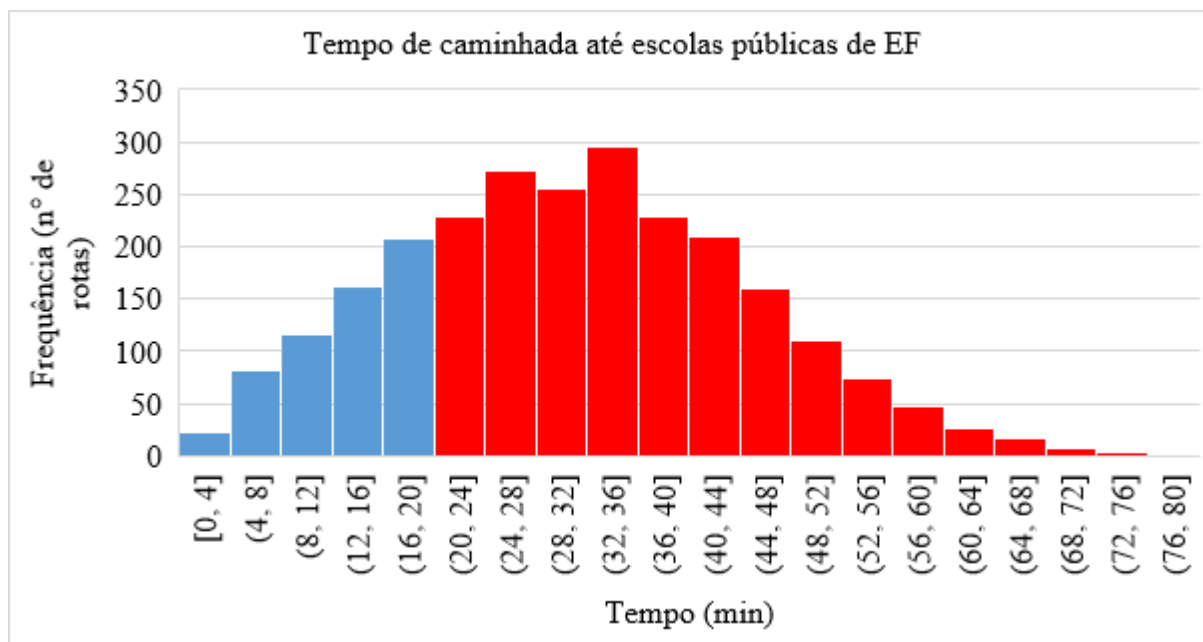
Com relação ao grafo construído para o estudo de caso, representativo da rede caminhável de Ibitinga-SP, observa-se que, embora a cidade seja majoritariamente caracterizada por um terreno suavemente ondulado, o desenho urbano implica em mais de 82% de segmentos viários com taxa de declividade limitada a 6%. Neste trabalho, tal condição é considerada ideal para o deslocamento a pé, no que se refere à manutenção do equilíbrio e ao gasto de energia ao se adotar determinada velocidade de caminhada (Aghabayk *et al.*, 2021), apesar de parte da literatura sugerir valores inferiores para essa taxa máxima de declividade longitudinal (ABNT, 2020).

As Figuras 3 e 4 apresentam, nessa ordem, as distribuições de frequências dos tempos de caminhada até escolas públicas de EF e EM estimados para a cidade de Ibitinga-SP. Com relação ao EF, nota-se que, em média, são necessários 31 minutos de caminhada para se acessar as escolas da rede pública. Situações críticas de afastamento entre a oferta e demanda, no entanto, remetem a tempos de caminhada de aproximadamente 1 hora e 20 minutos, o que reforça a necessidade de fortalecer a lógica de alocação de estudantes em escolas com base na vizinhança, conforme definida pelo poder público. De qualquer forma, ainda na Figura 3, é possível observar que mais de 77% das rotas ótimas calculadas para se acessar o EF demandam tempos de caminhada superiores a 20 minutos, o que é dissonante dos modelos de planejamento urbano baseados em bairros e vizinhanças autossuficientes (McNeil, 2011; Moreno *et al.*, 2021).

Resultados com ordem grandeza similar àqueles descritos no parágrafo anterior podem ser constatados para o EM em Ibitinga-SP. Isso significa que, em média, são necessários 28 minutos de caminhada para se acessar as escolas da rede pública e que situações críticas de afastamento entre a oferta e demanda remetem a tempos de caminhada de aproximadamente 1 hora e 07 minutos. Ademais, conforme ilustrado na Figura 4, 74% das rotas ótimas calculadas para se acessar o EM demandam tempos de caminhada superiores ao limite estabelecido neste

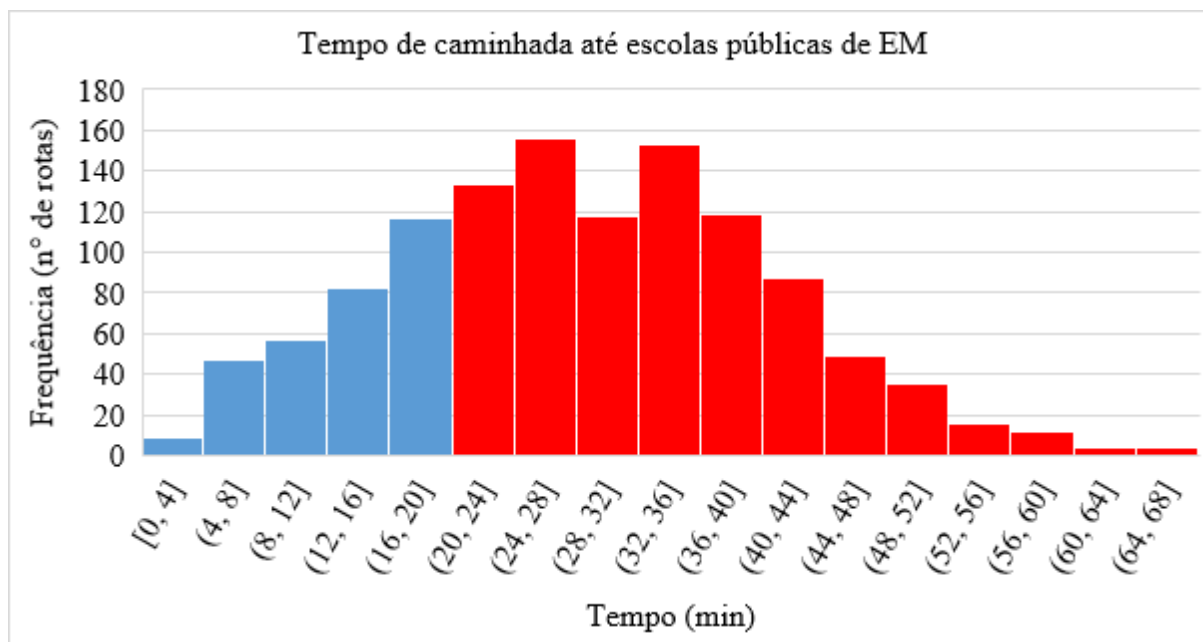
trabalho, levando às mesmas conclusões anteriores sobre os bairros e vizinhanças de 20 minutos.

Figura 3: Distribuição de frequências dos tempos de caminhada até escolas públicas de EF



Fonte: Autores(as) (2026).

Figura 4: Distribuição de frequências dos tempos de caminhada até escolas públicas de EM



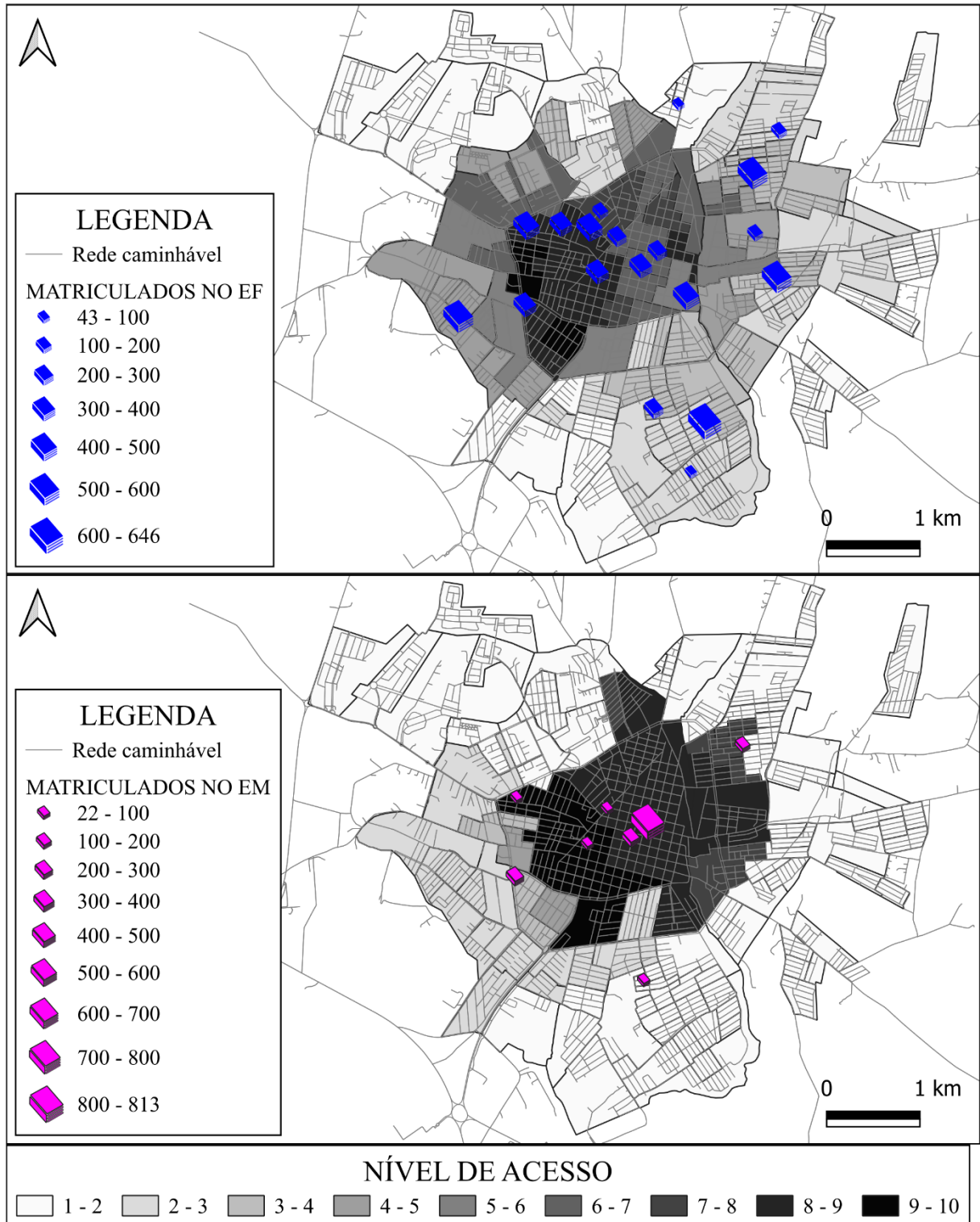
Fonte: Autores(as) (2026).

A Figura 5 apresenta os resultados da aplicação do método 2SFCA no estudo de caso,



ou seja, mapas representativos do nível normalizado de acesso (1 a 10) à rede pública de educação básica em Ibitinga-SP.

Figura 5: Nível normalizado de acesso à rede pública de educação básica em Ibitinga-SP



Fonte: Autores(as) (2026).

Com relação à facilidade de alcance ao EF, nota-se que os setores censitários caracterizados pelos maiores níveis de acesso estão concentrados na região central da cidade, especialmente na porção sudoeste situada no interior do anel viário. Essa facilidade de acesso decresce gradativamente à medida que ocorre o afastamento da região central, sendo os novos bairros e loteamentos nas porções extremas da cidade caracterizados por níveis de acesso críticos, sugerindo que a expansão urbana de Ibitinga-SP não foi acompanhada de adequada provisão de serviços de educação básica a essas regiões mais remotas. Em termos numéricos, estima-se que o nível médio de acesso entre os setores censitários a escolas de EF seja de 3,98, sendo que 79% da população entre 10 e 14 anos do município possui um nível de acesso inferior a 5,0.

Com relação à facilidade de alcance ao EM, observa-se que praticamente toda a região central de Ibitinga-SP é bem servida pela rede pública de educação básica, sendo a grande maioria dos setores censitários internos ao anel viário caracterizados por altos níveis de acesso às escolas estudadas. No entanto, uma disparidade visual ainda maior do que aquela observada para o EF pode ser constatada entre as facilidades de acesso da região central e dos setores periféricos. Com exceção de algumas unidades de análise localizadas a sudoeste da cidade, todos os demais setores censitários representativos de regiões de expansão urbana recente possuem níveis de acesso críticos, indicando uma distribuição espacial inadequada ou obsoleta das escolas de EM público no estudo de caso. Em termos numéricos, estima-se que o nível médio de acesso entre os setores censitários a escolas de EM seja de 3,72, sendo que 75% da população entre 15 e 19 anos do município possui um nível de acesso inferior a 5,0.

A análise da inequidade espacial do acesso à rede pública de educação básica em Ibitinga-SP, conduzida por meio da estimativa do Índice de Palma, sugere os seguintes resultados: para o EF, o Índice de Palma calculado foi de 1,52, indicando que os 10% dos setores censitários que concentram os(as) responsáveis por domicílios com maiores rendas médias mensais apresentam um nível de acesso ligeiramente superior aquele observado para os 40% dos setores censitários menos abastados. Já para o EM, o Índice de Palma calculado foi de 2,44, indicando que o acesso às escolas públicas é mais de duas vezes maior entre os grupos economicamente mais favorecidos em comparação aos menos favorecidos em Ibitinga-SP, sugerindo uma desigualdade de moderada a alta.

Os resultados analíticos da inequidade de acesso são condizentes com a análise visual possibilitada pelos mapas da Figura 5. Setores censitários periféricos, que concentram grande parte da população economicamente mais vulnerável de Ibitinga-SP, são justamente aqueles

que possuem os menores níveis de acesso à rede pública de educação básica no município, sobretudo com relação ao EM, cuja localização das escolas é majoritariamente concentrada na região central. Além disso, ainda em relação ao EM, observa-se uma desproporção significativamente maior na distribuição de alunos(as) matriculados(as) entre as escolas – capacidade dos provedores adotada para aplicação do método 2SFCA – quando comparada à verificada para o EF. Esse resultado pode ser interpretado como uma assimetria na relação entre demanda e oferta nas áreas de abrangência dessas instituições de ensino.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivos estimar e mapear os níveis de acesso da população jovem de Ibitinga-SP às escolas de EF e EM da cidade, e analisar a inequidade de acesso à rede pública de educação básica entre as populações de diferentes faixas de renda. O estudo de caso foi conduzido utilizando-se um *software* livre e dados exclusivamente abertos, indicando a possibilidade de reprodução dos procedimentos metodológicos a outras cidades e para outras análises espaciais.

Os resultados da pesquisa permitem concluir que, atualmente, em Ibitinga-SP, a provisão dos serviços públicos de educação básica não é alinhada com o conceito de “bairros, vizinhanças ou cidades de 20 minutos”. As condições topográficas do relevo, embora teoricamente desfavoráveis, não impactam tão negativamente na facilidade de acesso às escolas de Ibitinga-SP quanto o próprio distanciamento entre a oferta e a demanda e a desproporção de alunos(as) matriculados(as) em algumas escolas, sobretudo de EM. Por conseguinte, o Índice de Palma sugere uma maior desigualdade de acesso entre as populações mais e menos abastadas justamente para o EM, que carece da alocação de novas instituições de ensino em regiões externas ao anel viário e de recente urbanização.

Finalmente, destaca-se que o método 2SFCA clássico foi escolhido para a estimativa da acessibilidade geográfica devido à sua simplicidade e fácil operacionalização em SIG. No entanto, é imprescindível destacar que, embora os resultados da aplicação do método tenham fornecido mapas bastante intuitivos sobre os níveis normalizados de acesso aos serviços públicos de educação em Ibitinga-SP – permitindo análises visuais poderosas e descomplicadas –, muito se discute na literatura técnica sobre as limitações do método 2SFCA, tendo sido, portanto, propostas diversas variantes da formulação clássica que, por exemplo, contabilizam a competição entre os provedores de um serviço (Wan; Zuo; Sternberg, 2012), consideram

diferentes funções de decaimento da acessibilidade para “ajustar” o método ao tamanho de uma região de estudo (Bauer; Groneberg, 2016), entre outros. Trabalhos futuros são encorajados a aplicar também esses métodos na cidade de Ibitinga-SP para confrontar os resultados com os deste estudo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi desenvolvido por integrantes do Grupo de Pesquisa em Planejamento Urbano Sustentável (GPLUS) e do Grupo de Pesquisadores(as) do Laboratório de Estudos em Transportes e Trânsito da UFSCar (GPLETT/UFSCar), ambos abrigados nos laboratórios do Edifício de Pesquisa Integrada em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (EPIEC – DECiv/UFSCar). Os(as) autores(as) agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da UFSCar pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AGHABAYK, Kayvan; PARISHAD, Nasser; SHIWAKOTI, Nirajan. Investigation on the impact of walkways slope and pedestrians’ physical characteristics on pedestrians normal walking and jogging speeds. **Safety Science**, v. 133, p. 105012, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105012>.

BARROS, Paula *et al.* Prospects for research, policymaking, and urban design practice on active travel to/from school. **Journal of Transport & Health**, v. 38, p. 101882, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2024.101882>.

BAUER, Jan; GRONEBERG, David A. Measuring spatial accessibility of health care providers: introduction of a variable distance decay function within the floating catchment area (FCA) method. **PLoS One**, v. 11, p. 1–17, 2016. DOI: [10.1371/journal.pone.0159148](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159148).

BIANCHI, Federica *et al.* Designing urban spaces to enhance active and sustainable mobility: An analysis of physical and symbolic affordances in school squares in the metropolitan area of Milan, Italy. **Sustainability**, v. 15, n. 14, p. 11328, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151411328>.

BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 2015-2030**. Brasília, DF: ONU Brasil, 2015. Disponível em: <https://www.undp.org/brasil/ODS>. Acesso em: 29 mar. 2026.

BRASIL. **Censo Escolar 2023**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo->

escolar/resultados. Acesso em: 30 dez. 2024.

CADIMA, Catarina; SCHÖNFELD, Kim von; FERREIRA, António. Beyond Car-Centred Adulthood? Exploring Parental Influences on Children's Mobility. **Urban planning**, v. 9, 2024. DOI: <https://doi.org/10.17645/up.8643>.

COBHAM, Alex; SUMNER, Andy. Is it all about the tails? The Palma measure of income inequality. **Center for Global Development working paper**, n. 343, 2013. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2366974. Acesso em: 27 mar. 2026.

DIJKSTRA, Edsger Wybe. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. **Numerische Mathematik**, v. 1, p. 269-271, 1959.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Reunião Técnica de Levantamento de Solos nº 10**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 83 p.

GUIDA, Chiara; CARPENTIERI, Giulia; MASOUMI, Hamid. Measuring spatial accessibility to urban services for older adults: an application to healthcare facilities in Milan. **European Transport Research Review**, v. 14, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00544-3>.

HOWDEN-CHAPMAN, Philippa Lynne et al. Urban interventions: understanding health co-benefits. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning**, v. 168, n. 4, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1680/udap.14.00049>.

HUMBERTO, Mateus *et al.* Investigating the Mobility Capabilities and Functionings in Accessing Schools Through Walking: A Quantitative Assessment of Public and Private Schools in São Paulo (Brazil). **Journal of Human Development and Capabilities**, v. 21, n. 2, p. 183–204, 2 abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/19452829.2020.1745163>.

HUMBERTO, Mateus; MOURA, Filipe; GIANNOTTI, Mariana. Can outdoor activities and inquiry sessions change the travel behavior of children and their caregivers? Empirical research in public preschools in São Paulo (Brazil). **Journal of Transport Geography**, v. 90, p. 102922, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102922>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 27 mar. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Ibitinga**. Cidades e Estados. 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/ibitinga.html>. Acesso em: 27 mar. 2026.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **TOPODATA**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 30 dez. 2024.

ITDP BRASIL. **Primeiros passos: mobilidade urbana na primeira infância**. Recife: ITDP

Brasil, 2024. Disponível em: <https://bernardvanleer.org/pt-br/>. Acesso em: 29 mar. 2026.

JABBARI, Jason *et al.* How did school meal access change during the COVID-19 pandemic? A two-step floating catchment area analysis of a large metropolitan area. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, v. 18, n. 21, p. 11350, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182111350>.

JIANG, Jiulin *et al.* Spatial distribution and accessibility analysis of primary school facilities in mega cities: A case study of Chengdu. **Sustainability**, v. 16, n. 2, p. 723, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16020723>.

KÉZAI, Petra Kinga. Sustainable urban mobility programs that serve as active travel to school programs in Hungary: 7The case of Pedibus and Bicibus. **Europa XXI**, v. 46, 2024.

LARSSON, Kristina; ANUND, Anna; PETTIGREW, Simone. Autonomous shuttles contribution to independent mobility for children—a qualitative pilot study. **Journal of Urban Mobility**, v. 4, p. 100058, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100058>.

LEUNG, Kevin YK; LOO, Becky PY. Determinants of children’s active travel to school: A case study in Hong Kong. **Travel Behaviour And Society**, v. 21, p. 79-89, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.05.009>.

LUO, Wei; WANG, Fang. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 30, n. 6, p. 865–884, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1068/b29120>.

MCNEIL, Neil. Bikeability and the 20-min Neighborhood: How Infrastructure and Destinations Influence Bicycle Accessibility. **Transportation Research Record**, v. 2247, p. 53-63, 2011. DOI: 10.3141/2247-07.

MONARI, Marcelo *et al.* Planning cycling infrastructure based on the 15-minute City concept: An iFCA approach. In: 39º Congresso Anual da ANPET, 2025, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia-GO: Aptor Software, 2025.

MORENO, Carlos; ALLAM, Zaha; CHABAUD, Dominique; GALL, Catherine; PRATLONG, Fabrice. Introducing the “15-Minute City”: sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. **Smart Cities**, v. 4, n. 1, p. 93–111, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>.

NEUTENS, Tijs. Accessibility, equity and health care: review and research directions for transport geographers. **Journal of Transport Geography**, v. 43, p. 14–27, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.12.006>.

OSM – OPENSTREETMAP. **Dados geoespaciais de Ibitinga-SP** (extraídos via QGIS). Disponível em: <https://www.openstreetmap.org>. Acesso em: 30 dez. 2024.

POKU-BOANSI, Michael; AMOAKO, Clifford; ATUAH, Daniel Obeng. Urban travel patterns and safety among school children around Accra, Ghana. **Journal of Transport & Health**, v. 15, p. 100660, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100660>.

QUEIROZ, Mariza Motta et al. Understanding the expectations of parents regarding their children's school commuting by public transport using latent Dirichlet Allocation.

Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 181, p. 103986, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.103986>.

REKHA, R. Shanmathi; RADHAKRISHNAN, Nisha; MATHEW, Samson. Spatial accessibility analysis of schools using geospatial techniques. **Spatial Information Research**, v. 28, n. 6, p. 699-708, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41324-020-00326-w>.

SALVO, Giuseppe; SANFILIPPO, Luigi; BRIGNONE, Alberto. Investigating Access to Schools through Walking: A Study of Built School Road Networks. **Sustainability**, v. 16, n. 17, p. 7452, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16177452>.

SINGLETON, Alex D. *et al.* Estimating secondary school catchment areas and the spatial equity of access. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 3, p. 241-249, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.09.006>.

TAKYI, Samuel *et al.* Measuring spatial accessibility of public libraries using floating catchment area methods: A comparative case study in Calhoun County, Florida. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, v. 22, p. 100944, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100944>.

TORRES, Juan *et al.* 'They installed a speed bump': children's perceptions of traffic-calming measures around elementary schools. **Children's geographies**, v. 18, n. 4, p. 477-489, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/14733285.2019.1685075>.

TUPPER, Emily *et al.* Children's experiences of care on walking and cycling journeys between home and school in Healthy New Towns: Reframing active school travel. **Health & Place**, v. 85, p. 103147, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2023.103147>.

WAN, Neng; ZOU, Bin; STERNBERG, Troy. A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 26, n. 6, p. 1073-1089, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.624987>.

YANG, Yong *et al.* Is the decline of active travel to school unavoidable by-products of economic growth and urbanization in developing countries? **Sustainable Cities And Society**, v. 47, p. 101446, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101446>.