

Acessibilidade a Escolas na Região do Grande ABC: Desigualdades Socioespaciais

Roberta P. de Magalhães¹, Flávia da F. Feitosa¹, Diego B. Tomasiello^{1,2}

¹Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS) e Laboratório de Estudos e Projetos Urbanos e Regionais (LEPUR) – Universidade Federal do ABC (UFABC)

²Centro de Estudos da Metrópole (CEM) e Laboratório de Geoprocessamento – Universidade de São Paulo (USP)

robertaperez.magalhaes@gmail.com, flavia.feitosa@ufabc.edu.br,
diegobt86@gmail.com

Abstract. *This study explores the spatial inequalities of access to schools through walking. Two accessibility metrics – Cumulative and Balanced Floating Catchment Area (BFCA) – were applied in the Greater ABC Region, São Paulo, to understand their potential and limitations. It was observed that although the cumulative metric does not consider the competition between opportunities, while the BFCA considers it, the spatial results of the two metrics were complementary in the studied region. Furthermore, the two metrics showed that the correlation between accessibility and income is negative for lower-income groups and positive for higher-income groups. Thus, it was found that spatial analysis from the use of such measures can be an important tool to support the formulation of public policies territorially oriented.*

Resumo. *Este estudo explora as desigualdades espaciais de acesso às escolas através da caminhada. Duas métricas de acessibilidade – Cumulativa e Balanced Floating Catchment Area (BFCA) - foram aplicadas na Região do Grande ABC, São Paulo, a fim de compreender suas potencialidades e limitações. Observou-se que apesar de a métrica cumulativa não levar em conta a competição entre oportunidades, ao passo que a BFCA a considera, os resultados espaciais dos dois índices foram complementares na região estudada. Ademais, as duas métricas apontaram que a correlação entre acessibilidade e renda é negativa para grupos de menor renda e positiva para grupos de maior renda. Assim, constatou-se que a análise espacial a partir do uso de tais medidas pode ser uma importante ferramenta para subsidiar a formulação de políticas públicas territorialmente orientadas.*

1. Introdução

A partir do século XX, o processo brasileiro de urbanização experimentou uma rápida aceleração. Esse crescimento urbano, entretanto, não ocorreu de forma homogênea territorialmente, o que acabou por gerar desigualdades espaciais em diversos âmbitos: sociais, econômicos, urbanos, ambientais etc. Nessa conjuntura, a partir da década de 1980, as periferias passaram a crescer em ritmo maior que os próprios núcleos urbanos metropolitanos, caracterizando-se como o destino da população pobre que não conseguia estabelecer-se nas áreas centrais da cidade devido aos altos custos. Configurou-se, assim, uma característica intrínseca às metrópoles brasileiras: a segregação socioespacial (Maricato, 2003).

Dessa forma, a acessibilidade representa uma variável imprescindível nos estudos das cidades. Definida como a facilidade com que um indivíduo pode acessar atividades dispostas ao longo do espaço através de um ou alguns modais de transporte, a acessibilidade é capaz de relacionar o modelo de uso e ocupação da terra e o sistema de transportes da área de estudo. A acessibilidade pode também ser compreendida como um indicador social, já que suas métricas são capazes de apontar as desigualdades de acesso a oportunidades específicas entre grupos populacionais definidos a partir do objetivo da análise. Assim, os índices de acessibilidade são potenciais elementos de subsídio para formulação de políticas públicas (Hansen, 1959; Geurs e Van Wee, 2004).

Nesse contexto, este trabalho buscou utilizar duas métricas distintas de acessibilidade a fim de explorar as desigualdades de acesso através de caminhadas com duração de no máximo 15 minutos até escolas de nível fundamental e médio na Região do Grande ABC (RGABC), localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e, por fim, analisar suas correlações com a distribuição espacial de grupos de renda. A primeira métrica computada é a que recebe o nome de “Cumulativa”, já que é resultado da acumulação quantitativa de oportunidades que a população residente nas unidades espaciais analisadas pode acessar dentro de certo limite de tempo. A segunda, por sua vez, é chamada “Balanced Floating Catchment Areas” (BFCA), responsável por captar a demanda para algum tipo de oportunidade e relacioná-la com o nível de serviço (oferta) que cada uma das potenciais oportunidades alcançadas dentro do limite de tempo estabelecido são capazes de oferecer. Em síntese, foi possível atestar que apesar de a métrica cumulativa de acessibilidade possuir uma interpretação mais simples, ela não considera a competição existente entre as oportunidades, que nem sempre comportam a demanda existente. Em contraposição, a métrica BFCA considera tal competição. Ademais, observou-se, a partir do coeficiente de correlação de Spearman, que grupos sociais de menor renda tendem a residir em áreas onde a acessibilidade a escolas – diante das duas métricas aplicadas – é menor, enquanto grupos de maior renda vivem em áreas de maior acessibilidade.

As métricas de acessibilidade vêm sendo explorada nas últimas décadas em diversas áreas, sobretudo no planejamento urbano e de transportes. Enquanto a acessibilidade cumulativa tem sido utilizada há algum tempo (Handy e Niemeier, 1997; Lopez, 2019), a BFCA é mais recente (Paéz, Higgins e Vivona, 2019; Desjardins, Higgins e Paéz, 2022). Revela-se importante também as análises de desigualdades espaciais de acessibilidade no território (Ferrari, Feitosa e Tomasiello, 2021; Giannotti et al, 2021).

2. Dados e Métricas

2.1. Acessibilidade Cumulativa

Segundo Handy e Niemeier (1997), a acessibilidade cumulativa é considerada a classe mais simples de métricas de acessibilidade, uma vez que representa quantas oportunidades podem ser alcançadas dentro de um certo limite de tempo de viagem. A acessibilidade cumulativa retrata um leque de escolhas possíveis para os residentes acessarem, neste caso, as escolas localizadas em um raio de até 15 minutos de caminhada.

A equação da métrica cumulativa de acessibilidade aplicada neste estudo é a seguinte (Equação 1 baseada em Paéz; Scott; Morency, 2012):

$$A_{ik}^m = \sum_j Q_{jk} I(t_{ij}^m \leq L_i) \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que: A_{ik}^m é a acessibilidade cumulativa através do modo de transporte m (caminhada) às oportunidades do tipo k (escola) no local i ; Q_{jk} é a quantidade total de oportunidades do

tipo k no local j ; t_{ij}^m é o tempo de viagem entre o local i e o local j através do modo de transporte m ; L_i é o limite de tempo de viagem (15 minutos); I é um valor booleano, pois será igual a 1 se o tempo de viagem entre o local i e o local j através do modo de transporte m for menor ou igual ao limite de tempo de 15 minutos e será igual a 0 caso contrário.

Para o cômputo da métrica, são necessários pontos georreferenciados de origem das viagens, bem como os pontos de destino, além de uma rede de logradouros através da qual serão realizadas as viagens. Uma vez que a unidade espacial de análise foi a célula da grade estatística do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), os centroides de tais células foram considerados como os pontos de origem das viagens até as escolas. As células inseridas no perímetro urbano dos municípios possuem dimensões de 200 metros de altura e 200 metros de largura, enquanto no perímetro rural suas dimensões são 1 quilômetro de altura por 1 quilômetro de largura. Como pontos de destino das viagens foi utilizada a Base Cartográfica Digital Georreferenciada das Escolas da RMSP, disponibilizada pelo Centro de Estudos da Metrópole (CEM, 2016). A rede de logradouros foi, então, criada em um Sistema de Informações Geográficas, a partir da Base Cartográfica Digital Georreferenciada de Logradouros da RMSP (CEM, 2020).

A vantagem da métrica cumulativa de acessibilidade em relação às demais é a facilidade de interpretação de seus dados por especialistas de outras áreas do conhecimento. Entretanto, esta medida pondera todos os destinos potenciais que atendem ao limite de tempo de viagem de maneira igual, sem considerar o fator competição entre as oportunidades, diferente da métrica BFCA apresentada a seguir.

2. 2. Acessibilidade BFCA

A acessibilidade BFCA (Balanced Floating Catchment Areas) foi apresentada por Páez, Higgings e Vivona (2019), com o intuito de considerar a competição no acesso a oportunidades, porém sem provocar vieses de inflação de oferta e de demanda entre as oportunidades.

Neste estudo, a alocação de estudantes em relação aos professores em escolas dentro de um raio de caminhada do estudante de até 15 minutos foi analisada a partir desta métrica. Ou seja, foi possível compreender quantos potenciais alunos há para cada professor diante do limite de tempo de viagem estabelecido. Para tanto, o cômputo da acessibilidade BFCA foi realizado em três etapas, descritas a seguir.

A primeira etapa compreende a distribuição dos alunos em relação às escolas localizadas em, no máximo, 15 minutos de caminhada de distância da célula da grade estatística do IBGE onde o aluno reside (Equação 2).

$$P_k = \sum_{i=1}^n P_i w_{ik} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que: P_k é a população alocada para a oportunidade k (escola); P_i é a população residente na célula i ; w_{ik} é a impedância que a população residente na célula i encontra para acessar a oportunidade k dentro do limite de viagem de 15 minutos de caminhada.

A segunda etapa consiste no cálculo do nível de serviço que cada escola comporta diante da quantidade de profissionais que possui e da quantidade de alunos que conseguem acessá-la dentro do limite de tempo estabelecido (Equação 3).

$$S_k = \frac{T_k}{P_k} \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que: S_k é o nível de serviço da oportunidade k (escola); T_k é o total de professores na oportunidade k ; P_k é a população alocada para a oportunidade k (primeira etapa).

Por fim, é possível computar a acessibilidade BFCA (A_i) na célula i , a partir de uma soma ponderada do nível de serviço das escolas acessadas pelos residentes da célula i dentro do limite de tempo de viagem determinado, considerando os pesos espaciais (Equação 4).

$$A_i = \sum_{k=1}^K S_k w_{ik} \quad \text{(Equação 4)}$$

Diante das duas métricas de acessibilidade aplicadas a este estudo, percebe-se que apesar de a BFCA, se comparada à acessibilidade cumulativa, requerer uma diversidade maior de dados, há um conjunto de dados comum entre elas. Assim, para além dos dados apresentados na seção 2.1., a BFCA requer o número de professores que trabalham em cada um dos equipamentos educacionais localizados na área de estudo e de quantos estudantes residem em cada célula da grade estatística. Tais informações foram obtidas a partir de dados do Censo Escolar de 2015, realizado pelo INEP, e Censo Demográfico de 2010, realizado pelo IBGE, e inseridos na escala da grade estatística do IBGE. Esta última informação foi calculada a partir de um filtro de idade aplicado à população de cada célula (considerou-se que crianças entre 6 e 17 anos frequentam escolas de ensino fundamental e médio). Os dados populacionais referentes ao número de professores e estudantes em cada célula representam certa limitação deste estudo, visto que há uma incompatibilidade espacial e um atraso temporal, já que o Censo Demográfico é do ano 2010 e o Escolar de 2015. Estes dados do Censo Escolar e Demográfico são dispostos em setores censitários, mas para fins do cômputo da BFCA foram agrupados em centroides e atribuídos por localização às células da grade estatística.

2.3. Coeficiente de Correlação de Spearman

Para análise da relação entre os níveis de acessibilidade a escolas na RGABC e os grupos de renda, aplicou-se o coeficiente de correlação de Spearman, uma vez que é um índice não paramétrico ao não requerer que as variáveis envolvidas possuam distribuição normal bivariada (Sandoval, 2008). O coeficiente de Spearman varia entre -1 e 1, correspondendo a uma correlação negativa quanto mais próximo de -1 e a uma correlação positiva quando próximo de 1. Os grupos populacionais foram definidos de acordo com os dados de rendimento nominal mensal dos responsáveis por seu domicílio do Censo Demográfico de 2010 (IBGE).

3. Resultados e Discussão

A Figura 1 demonstra o resultado das métricas de acessibilidade Cumulativa e BFCA das células da grade estatística do IBGE às escolas, na RGABC. Nota-se, na Figura 1a, que as áreas em azul representam células com maior acessibilidade, uma vez que um estudante que caminha por até 15 minutos a partir dali pode acessar entre 4 e 9 escolas. Por outro lado, as áreas em vermelho coincidem com células onde um estudante ali residente não acessa escola alguma dentro deste limite de tempo de caminhada. Na Figura 1b, com relação à BFCA, por sua vez, percebe-se que as áreas em azul são espaços com bons índices de acessibilidade, em que cada professor de escola é responsável por até 12 crianças que caminham dentro do limite de viagem estabelecido, diferentemente das áreas em laranja, onde cada professor atende mais de 34 crianças. As áreas em vermelho da métrica BFCA, em contraste, demonstram áreas onde não há professor algum de escola em um raio de 15 minutos de caminhada para as crianças que residem nessas células.

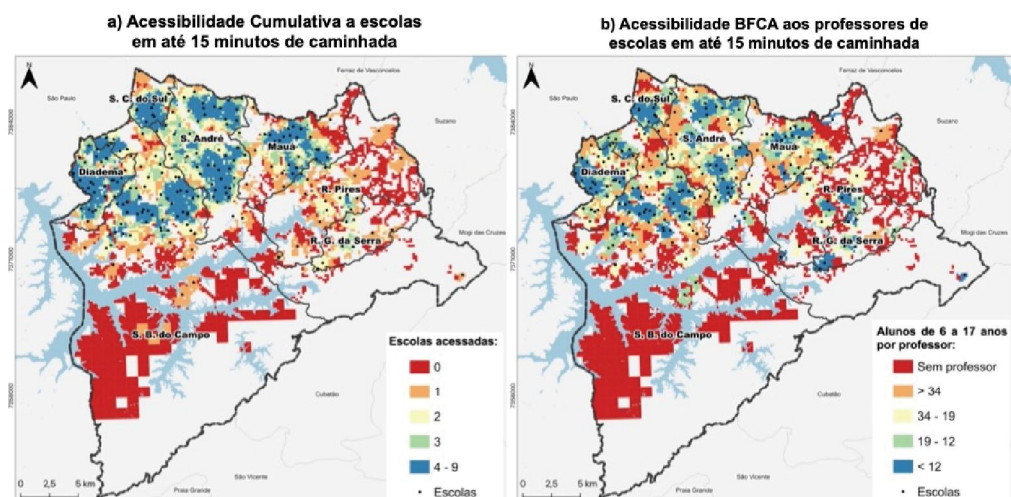


Figura 1. Métricas de acessibilidade a escolas de nível fundamental e médio em até 15 minutos de caminhada, na Região do Grande ABC, SP.

Ao comparar a distribuição espacial das duas métricas de acessibilidade a escolas de ensino fundamental e médio na RGABC, é possível observar que uma ressalta o padrão da outra, com sutis diferenças. No geral, destaca-se que as regiões centrais dos sete municípios apresentam acessibilidades a escolas melhores que suas demais áreas, guardadas as diferenças, entretanto, entre os sete centros. Nessa conjuntura, percebe-se que o município de São Caetano do Sul possui boa acessibilidade a escolas. Os municípios de Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra revelaram-se como piores em relação às acessibilidades analisadas dentro da região de estudo.

Tabela 1. Correlação entre variáveis de acessibilidade a escolas e grupos de renda

Acessibilidade Cumulativa			BFCA		
Pessoas Responsáveis com Rendimento Nominal Mensal:	Coefficiente de Correlação de Spearman (rho)	p-valor	Pessoas Responsáveis com Rendimento Nominal Mensal:	Coefficiente de Correlação de Spearman (rho)	p-valor
Até 1 S.M.	-0,31094	<2,2E-16	Até 1 S.M.	-0,2954989	<2,2E-16
Entre 1 e 2 S.M.	-0,1416127	<2,2E-16	Entre 1 e 2 S.M.	-0,1546873	<2,2E-16
Entre 2 e 3 S.M.	0,1419232	<2,2E-16	Entre 2 e 3 S.M.	0,127457	3,95E-16
Entre 3 e 5 S.M.	0,3351969	<2,2E-16	Entre 3 e 5 S.M.	0,2988459	<2,2E-16
Mais de 5 S.M.	0,2432631	<2,2E-16	Mais de 5 S.M.	0,2406646	<2,2E-16
Sem rendimento nominal mensal	-0,1747518	<2,2E-16	Sem rendimento nominal mensal	-0,1503007	<2,2E-16

Diante do rendimento mensal das pessoas responsáveis por seu domicílio na RGABC, foi possível analisar a distribuição espacial de seis grupos de renda, tendo como referência o salário mínimo (SM). Para cada um desses grupos (até 1 SM, entre 1 e 2 SM, entre 2 e 3 SM, entre 3 e 5 SM, mais de 5 SM e sem rendimento) foi computada sua correlação com os índices de acessibilidade cumulativa e BFCA, a partir do coeficiente de correlação de Spearman (tabela 1). Atestou-se que os valores das correlações são significativamente diferentes de zero, uma vez que o p-valor de cada uma das correlações foi inferior a 0,05.

O teste de correlação entre os grupos de renda e as métricas de acessibilidade revelou, portanto, que os grupos de menor renda (até 1 SM e entre 2 e 3 SM) estão negativamente correlacionados às duas métricas, bem como o grupo sem rendimento mensal. Por outro lado, os grupos de maior renda (entre 2 e 3 SM, entre 3 e 5 SM e mais de 5 SM) estão positivamente correlacionados aos índices de acessibilidade. Isso ignifica que os grupos de menor renda ou sem renda tendem a residir em áreas onde a acessibilidade a escolas e a seus professores é menor, enquanto grupos de maior renda em áreas com escolas e professores mais acessíveis.

4. Considerações Finais

Diante deste estudo, contata-se que a acessibilidade é uma medida útil para a formulação de políticas públicas ao auxiliar na identificação de áreas e grupos populacionais com dificuldade de acesso a alguma oportunidade. Esse fator foi potencializado diante da adoção da grade estatística como unidade espacial frente à sua possibilidade de agregação de dados independentes de divisões político-administrativas, à estabilidade espacial ao longo do tempo (localização fixa ao longo do tempo) e ao seu alto grau de detalhamento espacial.

Especificamente em relação ao acesso às escolas, as métricas de acessibilidade calculadas no estudo auxiliam na decisão da administração pública sobre a distribuição espacial de equipamentos educacionais, bem como da concentração de professores neles.

Enquanto a acessibilidade cumulativa calculada ajuda na compreensão da demanda por escolas em cada área, a acessibilidade BFCA auxilia na compreensão da demanda por professores nessas áreas, bem como os recursos necessários. Ao passo que a métrica cumulativa possui uma interpretação mais simples, a BFCA é mais refinada ao considerar a demanda e competição entre oportunidades. Portanto, não é plausível considerar, no geral, uma medida melhor que a outra, uma vez que são complementares.

Referências Bibliográficas

- Centro de Estudos da Metrópole – CEM (2016). “Base Cartográfica Digital Georreferenciada das Escolas da RMSP”. São Paulo: CEM.
- Centro de Estudos da Metrópole – CEM (2020). “Base Cartográfica Digital Georreferenciada de Logradouros da Região Metropolitana de São Paulo”. São Paulo: CEM.
- Desjardins, E.; Higgins, C.; Paéz, A. (2022) “Examining equity in accessibility to bike share: A balanced floating catchment area approach”. Elsevier, v. 102
- Ferrari, T.; Feitosa, F.; Tomasiello, D. (2021) “Household structure and urban opportunities: Evaluating differences in the accessibility to jobs, education and leisure in São Paulo” *The Journal of Transport and Land Use*, v.14, n.1, p. 841-862
- Geurs, K.; Van Wee, B. (2004) “Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions”. *Journal of Transport Geography*, v. 12, n. 2, p. 127-140.
- Giannotti, M. et al (2021) “Inequalities in transit accessibility: Contributions from a comparative study between Global South and North metropolitan regions”. Elsevier, v. 109
- Handy, S.; Niemeier, D. (1997) “Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives”. *Environment and Planning*, v. 29, p. 1175-1194.
- Hansen, W. (1959) “How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*”. v. 25, n. 2, p. 73-76.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2016) “Grade Estatística”. Rio de Janeiro: IBGE.
- Lopez, N.; Biona, J. (2019) “Assessing transport equity through a cumulative accessibility measure and Google Maps: a case study for healthcare in Metro Manila”. *A Companion to Transport, Space and Equity*, chapter 10, p. 136-146.
- Maricato, E. (2003) “Metrópole, legislação e desigualdade”. *Estudos Avançados*, v. 17, n. 4, p. 151-166.
- Páez, A.; Higgins, C.; Vivona, S. (2019) “Demand and level of service inflation in Floating Catchment Area (FCA) methods”. *Plos One*, v. 14, n. 6.
- Páez, A.; Scott, D.; Morency, C. (2012) “Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators”. *Journal of Transport Geography*, v. 25, p. 141–153
- Sandoval, J. (2008) “Asociación entre variables: correlación no paramétrica”. *AMC*, v. 50, p. 144-146