

EXCLUSÃO SOCIAL RELACIONADA AOS TRANSPORTES: A ACESSIBILIDADE É UM FATOR RELEVANTE PARA A INCLUSÃO SOCIAL?

Gregório Costa Luz de Souza Lima¹

Matheus Henrique Cunha Barboza²

Licínio da Silva Portugal¹

Mariana Giannotti^{2,3}

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro - Programa de Engenharia de Transportes, COPPE

²Universidade de São Paulo - Depto. de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da USP, POLI

³Centro de Estudos da Metrópole, CEM

RESUMO

Grande parte dos estudos sobre exclusão social relacionada aos transportes (ESRT) partem do princípio de que maiores níveis de acessibilidade estão relacionados com maior participação em atividades e, portanto, maior inclusão social. No entanto, as evidências desta relação ainda são escassas e inconclusivas em especial em países em desenvolvimento, levantando dúvidas se a avaliação de políticas em termos de acessibilidade pode estar superestimando os possíveis impactos na inclusão social. Neste sentido, este artigo busca fornecer uma evidência empírica da relação entre os níveis de acessibilidade e de participação em atividades para o caso da cidade de São Paulo. Os resultados mostram a correlação altamente significativa entre acessibilidade e quantidade de viagens realizadas, reforçando a indicação da métrica de oportunidades acumuladas como instrumento passível de ser aplicado em políticas de transporte que visam aumentar a inclusão social. Foram verificados outros fatores relevantes para identificar a ESRT como gênero, renda e idade.

ABSTRACT

Most studies on transport-related social exclusion (ESRT) assume that higher levels of accessibility are related to greater participation in activities and greater social inclusion. However, evidence of this relationship is still scarce, inconclusive, especially in developing countries. It raises doubts about whether the evaluation of policies in terms of accessibility may be overestimating possible impacts on social inclusion. This paper aims to provide empirical evidence of the relationship between levels of accessibility and participation in activities for the case of the city of São Paulo. The results show that the correlation between accessibility and trips made is highly significant. It suggests that the cumulative opportunities metric is a relevant tool to be applied in transport policies that aim to increase social inclusion. Other relevant factors were found to identify ESRT, such as gender, income, and age.

1. INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas, o número de estudos que abordam a relação entre transportes e exclusão social cresceu, sendo o trabalho da Social Exclusion Unit (2003) o responsável por colocar definitivamente o tema nas agendas políticas de transporte (Lucas, 2012). O conceito de exclusão social relacionada aos transportes (ESRT) pode ser entendido como a falta de participação nas atividades da sociedade em que o indivíduo está inserido, por conta da insuficiência de acessibilidade a tais atividades. Portanto, políticas de transporte com objetivo de promover a inclusão social devem se preocupar em aumentar a acessibilidade daqueles em situação de pobreza de acessibilidade.

Trabalhos que estudaram a relação entre acessibilidade e questões sociais datam dos anos de 1970 (Black e Conroy, 1977; Wachs e Kumagai, 1973). No entanto, foi na última década que o interesse na avaliação de políticas e investimentos em transportes sob a perspectiva da acessibilidade cresceu (Martens, 2016). A acessibilidade é frequentemente medida pelos pesquisadores para avaliar os benefícios e efeitos distributivos dos sistemas de transporte urbano (Allen e Farber, 2020). Esta é tratada pelas pesquisas de ESRT como um indicador chave para o número de oportunidades disponíveis aos indivíduos, onde se assume que níveis mais altos de acessibilidade levam a níveis mais altos de participação e, assim, maior inclusão social. Apesar da coerência teórica desta afirmação, na prática a realidade de computo das métricas de

acessibilidade geralmente utilizadas para avaliar o risco de ESRT foca em apenas alguns de seus componentes (Kamruzzaman *et al.*, 2016; Martens, 2016; Pyrialakou *et al.*, 2016). Com isso, não refletem adequadamente as possibilidades disponíveis às pessoas (Martens, 2016).

A relação entre acessibilidade e participação em atividades ainda é pouco estudada (Allen e Farber, 2020). Os escassos estudos que testaram tal relação encontraram resultados variados; alguns apontando para uma relação positiva, enquanto outros para uma relação fraca ou não significativa estatisticamente. Ademais, os trabalhos sobre o assunto se concentram majoritariamente em países do Norte Global, e nenhum estudo foi encontrado em países em desenvolvimento. A falta de consenso quanto a consistência dessa relação sugere que a avaliação de intervenções políticas em termos de acessibilidade pode levar a uma superestimação dos impactos na inclusão social (Allen e Farber, 2020; Martens, 2016).

Neste sentido, este artigo tem como objetivo avaliar a relação entre os níveis de acessibilidade e de participação em atividades, a partir de um estudo empírico em um contexto urbano de elevadas desigualdades socioespaciais. Um estudo de caso na cidade de São Paulo foi conduzido, onde a relação entre os níveis de acessibilidade ao emprego, medidos pelo indicador de oportunidades acumuladas, e o número de viagens realizadas (incluindo as não motorizadas) por indivíduos foi testada utilizando modelos de regressão para dados de contagem. Foram consideradas três variações do indicador de oportunidades acumuladas e a relação testada foi controlada por diferentes variáveis socioeconômicas. Os resultados obtidos nos ajudam a entender se a acessibilidade é uma ferramenta adequada para avaliar questões relativas à ESRT. Mais especificamente, os achados fornecem indicações sobre em que medida o indicador de oportunidades acumuladas reflete as possibilidades de participação disponíveis às pessoas.

O artigo é organizado em quatro seções além desta introdução. A seção seguinte contempla a revisão da literatura sobre ESRT e estudos que se dedicaram a investigar a relação entre acessibilidade e participação em atividades. Na seção de número três é apresentada a área em que o estudo de caso é conduzido, além dos métodos e materiais utilizados no artigo. Na quarta seção são apresentados os resultados encontrados e a última seção é dedicada à discussão dos resultados obtidos e conclusões do trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Exclusão social relacionada aos transportes (ESRT)

De forma geral, um indivíduo pode ser considerado excluído socialmente se: (a) ele reside geograficamente em uma sociedade e (b) não participa das atividades habituais dos cidadãos dessa sociedade (Burchardt *et al.*, 1999). Uma forma útil de se abordar a exclusão social é fazendo um paralelo com a teoria da titularidade (*theory of entitlement*) de Amartya Sen, em que ele sugere que a fome não é causada pela falta de comida e sim pela falta de acesso a comida (Sen, 1981). De forma similar, a exclusão social não se deve a falta de oportunidades sociais, mas a falta de acesso a essas oportunidades (Preston e Rajé, 2007).

A exclusão social relacionada aos transportes (ESRT) é definida como o “processo pelo qual o indivíduo é impedido de participar na vida econômica, política e social da comunidade em decorrência da reduzida acessibilidade às oportunidades, serviços e redes sociais, devido, no todo ou em parte, à mobilidade insuficiente em uma sociedade e ambiente construído em torno da suposição de alta mobilidade” (Kenyon *et al.*, 2002, p. 210–211). Isto é, a incapacidade das

peças de atravessarem o espaço – entendida como insuficiência de mobilidade potencial (Martens, 2015) – limita os indivíduos de alcançarem diferentes oportunidades, indicando a falta de acessibilidade – ou pobreza de acessibilidade, como sugerido por Jeekel e Martens (2017) –, que, por sua vez, pode se manifestar em exclusão social. Apesar da criticidade da insuficiência de mobilidade potencial, a raiz do problema da ESRT está na pobreza de acessibilidade às atividades daquela sociedade. Neste sentido, políticas de transporte que visam promover a inclusão social devem se preocupar em aumentar a acessibilidade daqueles em situação de pobreza de acessibilidade.

Apesar do conceito de acessibilidade ter sido introduzido há mais de 60 anos, a sua articulação com a ideia de inclusão social ganhou força com o icônico documento “*Making the Connections: Transport and Social Exclusion*”, produzido pela Social Exclusion Unit (Social Exclusion Unit, 2003) no Reino Unido. A narrativa trazida pela Social Exclusion Unit mudou o discurso de acessibilidade como o “potencial de oportunidades de interação” (Hansen, 1959), para a capacidade das pessoas de alcançarem e se engajarem nas atividades habituais daquela sociedade (Farrington e Farrington, 2005; Farrington, 2007). Segundo Farrington e Farrington (2005), neste novo discurso, em que atenção é direcionada às pessoas, as oportunidades se tornaram mais do que meros locais no mapa, mas locais potenciais para atender as necessidades, anseios, aspirações e desejos de um indivíduo.

Porém, é importante observar que os estudos que procuram identificar indivíduos e grupos em risco de ESRT raramente adotam a definição de acessibilidade apresentada (Bantis e Haworth, 2020). Várias medidas de acessibilidade foram desenvolvidas e cada uma resulta em um ou mais indicadores de acessibilidade (Geurs e van Wee, 2004; Handy e Niemeier, 1997; Kwan, 1998; Neutens *et al.*, 2010). A solidez teórica de um indicador de acessibilidade depende da extensão com que ele capta o fenômeno da acessibilidade de maneira adequada, respondendo pelos vários componentes (uso do solo, transportes, temporal e individual) que moldam a acessibilidade (Geurs e van Wee, 2004). Contudo, na prática, dependendo da perspectiva adotada, as medidas de acessibilidade utilizadas para avaliar o risco de ESRT focam em apenas alguns desses componentes (Geurs e van Wee, 2004; Kamruzzaman *et al.*, 2016; Martens, 2016; Pyrialakou *et al.*, 2016). Talvez este seja um dos fatores que fazem com que a definição de um nível mínimo de acessibilidade permaneça um desafio metodológico na literatura de ESRT (Farrington e Farrington, 2005; Farrington, 2007; Lucas, 2012; Lucas *et al.*, 2016; Pereira *et al.*, 2017; van Wee e Geurs, 2011).

2.2. Acessibilidade e participação em atividades

Como apontado anteriormente, a medição da acessibilidade em todas as suas dimensões é extremamente complexa e, portanto, não é certo que um indicador de acessibilidade capture adequadamente todas as possibilidades de participação em atividades (Martens, 2016). Indicadores de acessibilidade distintos fornecem *insights* diferentes sobre a distribuição das oportunidades disponíveis à população (Neutens *et al.*, 2010).

Alguns estudos se propuseram a examinar se os níveis de acessibilidade, na forma como são medidos, estão correlacionados com os níveis de participação em atividades; e se o indicador de acessibilidade escolhido, independente do seu tipo, reflete as possibilidades de participação abertas ao indivíduo (Allen e Farber, 2020; Fransen *et al.*, 2018). Trabalhos fora da literatura sobre ESRT estudaram a relação entre acessibilidade e geração de viagens (Cordera *et al.*, 2017; Dalvi e Martin, 1976; Ewing *et al.*, 1996; Hanson e Schwab, 1987; Kitamura *et al.*, 2001;

Koenig, 1980; Thill e Kim, 2005; Vickerman, 1974). Considerando que o transporte é uma demanda derivada, é plausível que o número de viagens realizadas seja tratado como um *proxy* da participação em atividades. Assim, as evidências fornecidas por este grupo de trabalhos também nos ajudam a entender a relação entre acessibilidade e participação em atividades.

Os resultados encontrados na literatura que relacionam medidas de acessibilidade com participação em atividades (ou geração de viagens) foram variados. Alguns artigos mostraram que medidas de acessibilidade estão associadas com maior realização de viagens e participação em atividades (eg. Allen e Farber, 2020; Fransen *et al.*, 2018; Koenig, 1980; Thill e Kim, 2005; Vickerman, 1974), enquanto outros estudos encontraram que essa relação era fraca ou não significativa estatisticamente (eg. Dalvi e Martin, 1976; Ewing *et al.*, 1996; Hanson e Schwab, 1987; Kitamura *et al.*, 2001). Cordera *et al.*, 2017 encontraram, ainda, que o resultado varia conforme o modo de transporte. Ao mesmo tempo que a maior acessibilidade está relacionada com a redução do número de viagens a trabalho (*home based work trips* - HBW) por veículos particulares (VP), também está ligada ao aumento das viagens por transporte público (TP). Para chegar a tal resultado, Cordera *et al.* (2017) estimaram diversos modelos de regressão linear (*multiple linear regression* - MLR), modelos autorregressivos espaciais (*spatial auto regressive* - SAR), modelos espaciais autorregressivos no termo de erro (*structural equation modelling* - SEM) e modelos de regressão de Poisson filtrados espacialmente (*spatially filtered Poisson regression models* - SPO), e consideraram viagens a trabalho (*home based work* - HBW), estudo (*home based study* - HBS) e demais atividades (*home based others* - HBO).

Utilizando regressão linear multivariada, Vickerman (1974), em estudo realizado em Oxford (Reino Unido), encontrou que os níveis de acessibilidade medidos pelo indicador gravitacional, estavam correlacionados com viagens a compra e a lazer. Koenig (1980) testou a relação entre acessibilidade, calculada pelos indicadores gravitacional, oportunidades acumuladas e baseado em utilidade, e viagens a pé e por carro, em cinco cidades francesas. Os resultados encontrados apontam que os indicadores de acessibilidade são determinantes na produção de viagens, e que as relações entre as duas variáveis foram bastante similares entre as cidades. Thill e Kim (2005), em trabalho em Mineápolis (EUA), utilizaram modelos de regressão Poisson para avaliar a relação entre acessibilidade e geração de viagens por automóveis. As viagens foram categorizadas por motivo trabalho (HBW) e compras (*home based shopping* - HBSP) e considerou-se 72 indicadores de acessibilidade combinando diferentes formulações, funções de impedância, *proxies* de custo de viagem e parametrizações. Os modelos de produção e atração de viagens foram significativamente afetados pela acessibilidade, embora o sinal da variável seja positivo ou negativo, dependendo do modelo.

Fransen *et al.* (2018), utilizando um modelo binomial negativo inflacionado de zeros (*zero-inflated negative binomial* - ZINB), avaliaram a relação entre a acessibilidade, modelada individualmente por indicador espaço-temporal, e participação em atividades a partir dos deslocamentos por automóveis. Os resultados encontrados pelo estudo conduzido em Utah (EUA) foram altamente significativos estatisticamente e apresentaram uma correlação moderada entre variáveis. Allen e Farber (2020) avaliaram a relação entre acessibilidade a empregos utilizando transporte público (medida com modelo gravitacional) e a capacidade de participar em atividades na Região Metropolitana de Toronto (Canadá). Para tal, utilizaram um modelo de regressão binomial negativo (BN). Os resultados mostraram que a acessibilidade por transporte público tem um pequeno, porém significativo, efeito positivo na participação em atividades. Posse de automóvel e renda também estão relacionados ao aumento na participação.

Hanson e Schwab (1987) encontraram resultados contraditórios aos anteriores. Em estudo em Uppsala (Suécia), os autores testaram a relação entre medidas gravitacionais de acessibilidade baseadas no domicílio e no emprego com a geração de viagens, controlando por variáveis socioeconômicas, bem como variáveis de viagem (modo utilizado, frequência de viagem ou complexidade da viagem). Os achados apontam que níveis mais altos de acessibilidade eram apenas marginalmente significativos para a maioria dos grupos e não significativos para as mulheres. Kitamura *et al.* (2001), utilizando modelos espaciais autorregressivos no termo de erro (SEM), examinaram a relação entre a acessibilidade medida por indicador espaço temporal e viagens realizadas por automóveis. O estudo feito na região metropolitana de Kyoto-Osaka-Kobe (Japão) encontrou que, em áreas com alta acessibilidade para carros, indivíduos tendem a usar menos os veículos devido às oportunidades estarem disponíveis a curtas distâncias.

Dalvi e Martin (1976) analisaram a relação entre acessibilidade por transporte privado, calculada por quatro medidas gravitacionais, e geração de viagens em Londres (Reino Unido). Foram testadas quatro diferentes formas de atração de viagens (número de empregos totais, empregos no comércio, domicílios e população) e os resultados apontaram uma relação fraca. Ewing *et al.* (1996) utilizaram a análise de variâncias para testar a relação entre componentes do uso do solo (densidade, uso misto e acessibilidade) e geração de viagens na Flórida (EUA), controlando por variáveis socioeconômicas (população, número de veículos e tipo de moradia). Foram consideradas viagens segmentadas por propósito e por motorização, e a acessibilidade foi calculada pelo modelo gravitacional. A densidade residencial, o uso misto e a acessibilidade apresentaram efeitos desprezíveis nas taxas de geração de viagens domiciliares.

A Tabela 1 sumariza os métodos e variáveis consideradas pelos estudos mais recentes que testaram a relação entre acessibilidade e participação em atividades ou geração de viagens. Na tabela são exibidas apenas as variáveis disponíveis na pesquisa OD domiciliar de São Paulo e, portanto, mais relevantes para o estudo de caso a ser realizado.

Tabela 1: Resumo dos métodos e variáveis adotados pelas principais referências

| Trabalho | Cordera et al. (2017) | Thill e Kim (2005) | Allen e Farber (2020) | Fransen et al. (2018) |
|--------------------------|---|--|---|--|
| Modelo | Diversos MLR, SAR, SEM e SPO, com agregação por domicílio | Poisson, com agregação por domicílio | BN, com teste de forma sigmóide para acessibilidade | ZINB |
| Variável acessada | Emprego, com VP / Educação, com VP / Emprego, com TP / Educação, com TP | Emprego | Empregos, com TP | Lojas e serviços, com VP |
| Indicador | Tempo até centro e gravitacional | Gravitacional e Oportunidades Acumuladas | Gravitacional | Prisma espaço-temporal, com teste do gravitacional |

| Trabalho | Cordera et al. (2017) | Thill e Kim (2005) | Allen e Farber (2020) | Fransen et al. (2018) | |
|---|---|---|---|--|--------------|
| Atividades | Total de viagens, HBW, HBS e HBO, separadas em viagens de VP ou não | Viagens de VP e base domiciliar, com modelos isolados para HBW e HBSP | Destinos que não o domicílio | Destinos que não o domicílio | |
| Variáveis de caracterização - Familiar | Renda familiar | 4 categorias | contínua | 5 categorias | 5 categorias |
| | Nº de assalariados | contínua | contínua | - | - |
| | Nº de mulheres | contínua | - | - | - |
| | Veículos | - | contínua, dividido por nº de habilitações | 5 categorias, dividido por nº de pessoas | - |
| | Pessoas / domicílio | contínua | contínua, e separada em 2 variáveis, > ou <= 5 anos | contínua | 4 categorias |
| | Idade | contínua, crianças <6 anos/ idade média/ idade média ² | - | contínua, % domicílio < 18 anos | - |
| Variáveis de caracterização - Individual | Gênero | - | - | 2 categorias | 2 categorias |
| | Idade | - | - | 4 categorias | 3 categorias |
| | Situação emprego | - | - | 4 categorias | - |
| | Situação estudo | - | - | 3 categorias | - |

A acessibilidade é tratada por grande parte das pesquisas relacionadas a ESRT como um indicador chave para o número de oportunidades disponíveis aos indivíduos, assumindo-se que níveis mais altos de acessibilidade levam a níveis mais altos de participação. Sob o ponto de vista teórico, tal afirmação faz sentido (conforme discutido na subseção 2.1), no entanto, na prática, os trabalhos que se dedicaram a testar tal relação apontam que a acessibilidade tem um impacto limitado na participação em atividades, quando de fato este existe (Fransen *et al.*, 2018; Martens, 2016). Isso, por sua vez, parece sugerir que o vínculo entre acessibilidade e participação nas atividades é menos direto do que se pode esperar, e que a avaliação das intervenções políticas em termos de acessibilidade pode levar a uma superestimação substancial dos possíveis impactos na participação nas atividades (Martens, 2016).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A cidade de São Paulo é a mais importante economicamente do Brasil, representando aproximadamente 10% do PIB do país. Nela moram 12,2 milhões de pessoas distribuídas de forma desigual por 1521 quilômetros quadrados, sendo a segunda capital com maior densidade

populacional, cerca de 8054,66 habitantes por quilômetro quadrado. Apesar da cidade de São Paulo apresentar o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) classificado como alto (0,805), apresenta desigualdades significativas entre bairros, com o IDH variando entre 0,961 e 0,701. Na cidade de São Paulo cerca de 1,3 milhões de pessoas, aproximadamente 10,65% dos habitantes, estão abaixo da linha de pobreza.

3.2. Dados utilizados

Para avaliar a relação entre acessibilidade e participação em atividades, utilizou-se os dados de viagens realizadas da última Pesquisa Origem-Destino da Região Metropolitana de São Paulo (Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô, 2019). Além de informações das viagens – como local de origem e destino, horário de origem e destino, motivo e modos utilizados – a pesquisa Origem-Destino agrega informações socioeconômicas individuais, com uma amostra de 57496 pessoas no município de São Paulo.

Como fonte de informação dos dados de acessibilidade, foram utilizados os valores disponibilizados pelo Projeto Acesso a Oportunidades (Pereira *et al.*, 2019), que apresenta valores de acessibilidade por transporte público desagregados espacialmente em hexágonos de 357 metros de diagonal. Os dados de acessibilidade são calculados utilizando o indicador de oportunidades acumuladas, em que são contabilizados os números de emprego alcançados dentro de um dado tempo de viagem. Neste artigo utilizou-se três variações do indicador, com tempos de viagem de corte em 30, 60 e 90 minutos. Conforme pontuado por Allen e Farber (2020), as distribuições de emprego são adotadas como *proxy* para muitos outros tipos de destinos em potencial, sendo consideradas boas aproximações do nível de acessibilidade às atividades em geral.

O indicador de oportunidades acumuladas foi escolhido por ser um dos mais utilizados na prática por planejadores (Boisjoly e El-Geneidy, 2017), além de ser facilmente operacionalizado e interpretado (Geurs e van Wee, 2004). Tais elementos são especialmente importantes em um contexto de país em desenvolvimento, onde a carência de dados e insuficiência de quadros técnicos capacitados nos órgãos planejadores de transporte é recorrente.

3.3 Métodos

A partir da investigação dos trabalhos mais recentes, optou-se por fazer a avaliação entre viagens realizadas e acessibilidade potencial a nível individual, sendo atribuído a cada pessoa o valor de acessibilidade potencial na unidade espacial em que se localizava. A escolha do indivíduo como unidade de análise busca explicitar as diferenças das condições socioeconômicas e evitar que agregações mascarem (falácia ecológica) o risco de ESRT de certos indivíduos (Hine e Grieco, 2003). Vale destacar que a acessibilidade atribuída ao indivíduo foi calculada utilizando um indicador potencial baseado no local e não consiste em uma medida de acessibilidade individual. Além disso, o indicador adotado (oportunidades acumuladas), não consideram aspectos do ambiente construído, frequentemente citados na literatura como elementos que influenciam a geração de viagem por transporte público e ativo.

Dois modelos foram utilizados para testar a relação entre viagens realizadas e nível de acessibilidade. No primeiro, a variável dependente é o número de viagens por motivo trabalho com base domiciliar (HBW), no segundo, é o número total de viagens. Para os dois casos, as variáveis independentes avaliadas são:

- acessibilidade: dada pelo número de empregos acessados por Transporte Público a partir do domicílio, no período pico, em até 30, 60 ou 90 min;

- renda: variável contínua, avaliadas tanto como renda familiar como também renda familiar *per capita*;
- veículos por pessoa: variável contínua, dada pela soma do número de automóveis com o número de motos, dividida pelo número de pessoas no domicílio;
- pessoas por domicílio: variável contínua;
- gênero: 2 categorias;
- idade: 3 categorias, 0-18, 19-65, >65;
- situação trabalho: 2 categorias, empregado ou não;
- situação estudo: 2 categorias, estudante ou não.

Dado que a variável dependente para os dois modelos avaliados é inteira e não-negativa, como mostram os gráficos da Figura 1, tem-se um problema de contagem (Fávero e Belfiore, 2017). Portanto, avaliou-se dentre os modelos de Poisson e Binomial Negativo qual mais se adequava ao fenômeno estudado.

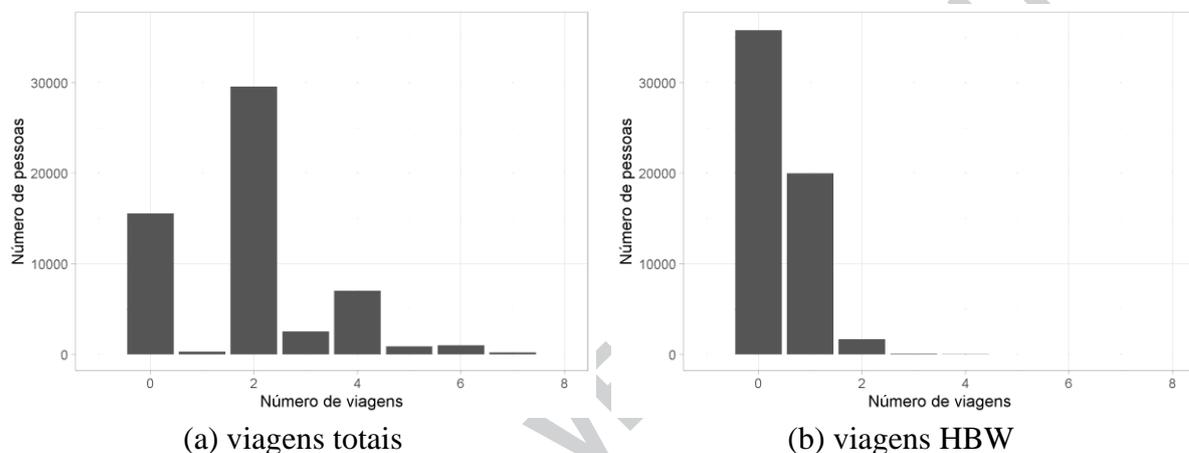


Figura 1: Distribuição da população em função do número de viagens realizadas

Os modelos de regressão para dados de contagem são definidos da forma apresentada na equação 1. Por isso, são considerados modelos lineares generalizados, já que as variáveis independentes são combinadas de forma linear.

$$\ln(y) = \alpha + \sum \beta_i x_i \quad (1)$$

Para elaboração dos modelos de regressão Poisson, foi utilizada a função `glm` do pacote `stats`, e para os modelos de regressão Binomial Negativo a função `glm.nb` do pacote `MASS`, ambos com a versão 3.5.2 do R (R Core Team, 2018).

4. RESULTADOS

Antes da elaboração de qualquer modelo de regressão para os dados de contagem, faz-se uma avaliação inicial da superdispersão dos dados comparando os valores da média e da variância da variável dependente. Valores próximos indicariam a melhor adequação do modelo de Poisson, enquanto valores distantes indicariam o modelo Binomial Negativo. Como a média e a variância são de 0,409 e 0,308, para o caso as viagens HBW, e de 1,921 e 2,44, para as viagens totais, não está claro, *a priori*, o modelo mais adequado em que se encaixam os dados.

Os modelos finais adotados são mostrados na Tabela 2, com indicação das variáveis e respectivos coeficientes e p-valores. Para o modelo das viagens HBW, o desvio residual foi de 17.431, inferior aos 55.965 graus de liberdade, logo o modelo Poisson foi mais adequado que o

Binomial Negativo. Para o modelo das viagens totais, o desvio residual foi de 72.289, superior aos 55.961 graus de liberdade, logo o modelo Binomial Negativo se mostrou mais apropriado. Todas as variáveis apresentam p-valor < 5%, indicando que há confiança na explicação que elas trazem para o comportamento de viagens que cada pessoa realiza. A exceção é a variável renda *per capita* para viagens HBW, que foi mantida por possuir p-valor < 10%.

As variáveis renda per capita e renda total familiar foram testadas como proxy de renda. Além disso, foi testada a inclusão ou não da variável moradores no domicílio. Dentre as alternativas analisadas a variável renda *per capita* foi mais capaz de explicar o comportamento das viagens e a variável número de moradores no domicílio foi mantida. Para o modelo de viagens HBW, o sinal da renda é negativo, talvez explicado pela maior precariedade dos empregos das pessoas de renda mais baixa, o que exige um maior número de viagens deste tipo. A variável gênero = feminino é uma variável categórica que representa o gênero do indivíduo. Nos modelos, a variável é uma *dummy* em que masculino é o valor de referência, logo o valor negativo do coeficiente aponta que, mantidas as demais condições constantes, mulheres realizam menos viagens do que homens, tanto para viagens HBW, quanto para viagens no geral.

Tabela 2: Dados dos modelos finais

| Variável | Viagens Totais | | Viagens HBW | |
|-------------------------|----------------|---------|--------------|----------|
| | Coefficiente | p-valor | Coefficiente | p-valor |
| intercepto | 5.89E-01 | <2e-16 | -3.13E-01 | < 2e-16 |
| renda <i>per capita</i> | 2.22E-05 | <2e-16 | -5.89E-06 | 0.08566 |
| veículos por pessoa | 1.07E-01 | <2e-16 | 4.59E-02 | 0.02813 |
| moradores no domicílio | 2.17E-02 | <2e-16 | - | - |
| gênero = feminino | -1.30E-02 | 0.0398 | -8.79E-02 | 4.54E-11 |
| idade em (18,65] | -2.91E-02 | 0.0192 | 1.13E-01 | 4.14E-05 |
| idade em (65,200] | -1.76E-01 | <2e-16 | - | - |
| desempregado | -6.81E-01 | <2e-16 | -4.02E+00 | < 2e-16 |
| estudante | 4.82E-01 | <2e-16 | -1.06E-01 | 2.44E-05 |
| CMATT30.tp | - | - | 1.59E+00 | 0.00937 |
| CMATT60.tp | - | - | -3.91E-01 | 0.02227 |
| CMATT90.tp | 2.55E-01 | <2e-16 | 1.75E-01 | 0.0274 |

Quanto ao status de emprego, o coeficiente da variável *dummy* desempregado indica o esperado, ou seja, menor número de viagens a trabalho dos que não possuem emprego, refletindo também em um menor número total de viagens. Tal achado pode reforçar a questão de a renda ser uma variável importante na participação em atividades. Já no quesito estudo, a variável *dummy* estudante indica maior mobilidade das pessoas que precisam frequentar estabelecimentos de ensino e que por isso realizam mais viagens.

A idade do indivíduo é representada em três categorias: entre 0 e 18 - categoria base da variável *dummy* -, entre 19 e 65 ou com mais de 65. Para viagens HBW, um primeiro teste foi feito com as três categorias, porém a não significância da separação da categoria dos mais velhos levou à adoção de apenas dois grupos. Os resultados mostram que, como esperado, pessoas em idade ativa realizam mais viagens por motivo trabalho, com p-valor da variável bastante reduzido. Já para viagens totais, os três grupos entraram no modelo. Maiores de 18 anos realizam menos viagens, mantidas as demais condições constantes, quando comparados com os demais indivíduos. Vale notar que os status de emprego e de educação fazem parte do modelo, ou seja, ainda que possuam uma média de viagens inferior, menores de 18 anos fazem mais viagens quando possuem esses status iguais, o que pode ser explicado pelo fato de possuírem mais tempo livre,

dado que maiores de 18 anos possuem grande parte do dia ocupada pelo emprego. Ademais, adultos que estudam tendem a ocupar mais o tempo que teriam para realizar viagens. No caso deles, viagens por motivos de estudo são mais frequentes a partir de bases não domiciliares, reduzindo o total de viagens feitas, já que não há ida e volta a partir do domicílio.

Por fim, as variáveis de acessibilidade por transporte público adotadas se mostram significantes. $CMATT30.tp$, $CMATT60.tp$ e $CMATT90.tp$ representam os empregos acessíveis em 30, 60 e 90 minutos, respectivamente, a partir do domicílio do indivíduo. No modelo de viagens HBW, os sinais opostos das variáveis podem causar estranheza, mas apontam um decréscimo da importância dos empregos mais distantes. Para dar maior clareza a esse ponto, temos que a acessibilidade em 30 ($CMATT30.tp$) é a soma dos empregos entre 0 e 30min ($emp0_30$) (equação 2), assim como $CMATT60.tp$ é a soma dos empregos entre 0 e 30 min e dos empregos entre 30 e 60 (equação 3), valendo o mesmo para $CMATT90.tp$ (equação 4). Ou seja:

$$CMATT30tp = emp0_30 \quad (2)$$

$$CMATT60tp = emp0_30 + emp30_60 \quad (3)$$

$$CMATT90tp = emp0_30 + emp30_60 + emp60_90 \quad (4)$$

A soma das acessibilidades multiplicadas por seus coeficientes (c_1 , c_2 e c_3) na regressão – como mostra a equação 4 – equivale a ponderar os empregos ($emp0_30$, $emp30_60$, $emp60_90$) – como mostra a equação 5 –, podendo esses valores de emprego serem isolados – equação 6 –, tendo assim cada um deles uma soma dos coeficientes como coeficiente próprio. Assim, $emp0_30$ aparece nas 3 acessibilidades e tem um fator resultante dado pela soma dos 3 fatores, $emp30_60$ tem um fator dado pela soma de c_2 e c_3 , e $emp60_90$ tem o fator c_3 , conforme detalhado na figura 2 e na equação 7. Na figura 2b, por exemplo, os empregos entre 30 e 60 minutos são ponderados apenas pelos coeficientes de $CMATT60.tp$ e $CMATT90.tp$, uma vez que esses empregos são acessíveis em 60 e em 90 minutos, mas não em 30.

$$y = \sum \alpha_i x_i + c_1 \cdot CMATT30tp + c_2 \cdot CMATT60tp + c_3 \cdot CMATT90tp \quad (5)$$

$$y = \sum \alpha_i x_i + c_1 \cdot emp0_30 + c_2 \cdot (emp0_30 + emp30_60) + c_3 \cdot (emp0_30 + emp30_60 + emp60_90) \quad (6)$$

$$y = \sum \alpha_i x_i + emp0_30 \cdot (c_1 + c_2 + c_3) + emp30_60 \cdot (c_2 + c_3) + emp60_90 \cdot (c_3) \quad (7)$$

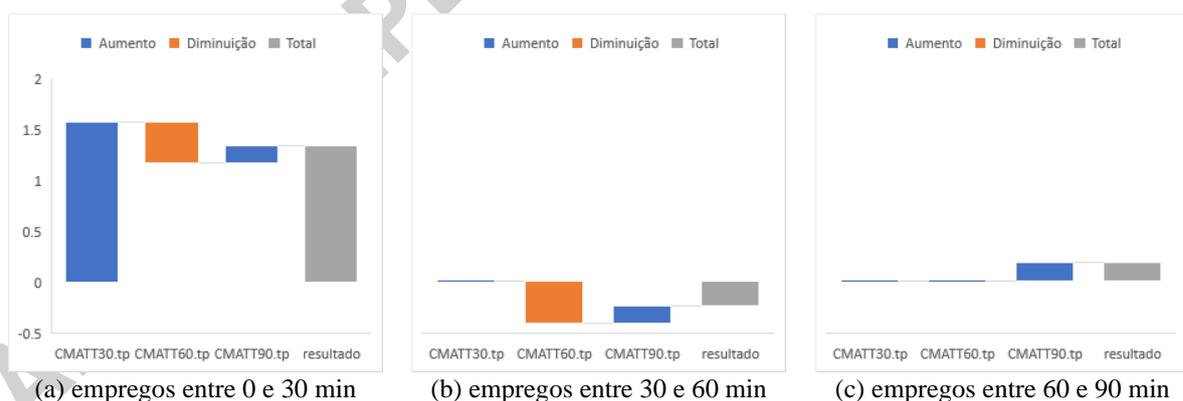


Figura 2: Coeficientes resultantes para empregos a diferentes tempos de viagem

Agora que as variáveis são os empregos em função da distância, os coeficientes desses empregos podem ser lidos como uma acessibilidade gravitacional, gerando uma função de decaimento que tem 4 patamares (sendo o último patamar = 0, para empregos a mais de 90min).

No modelo de viagens totais, as três variáveis de acessibilidade são altamente significativas quando presentes isoladamente no modelo. Porém, a alta correlação entre elas indica que apenas uma deva entrar no modelo, sendo CMATT90.tp a variável que gerou os melhores resultados, ainda que muito próximos aos de CMATT60.tp. A variável CMATT30.tp também apresenta boa significância quando sozinha no modelo, porém um pouco menos do que as demais.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou a relação entre o nível de acessibilidade, medido utilizando o indicador de oportunidades acumuladas, e o número de viagens totais e por motivo trabalho, como *proxies* do nível de participação em atividades. Em ambos os modelos desenvolvidos, a correlação entre a acessibilidade e a quantidade de viagens feitas se mostrou altamente significativa. Isso reforça a indicação dessa métrica como instrumento de tomada de decisão em políticas de transporte que visam aumentar a inclusão social na cidade de São Paulo. Destaca-se que o indicador de oportunidades acumuladas apresentou resultados melhores para explicar a relação entre acessibilidade e participação em atividades quando adotado o tempo limite de 60 ou 90 minutos, um indicativo de que esses limiares são mais apropriados para a avaliação da ESRT em cidades com a estrutura urbana similar a São Paulo. Vale destacar, que sob uma perspectiva mais ampla de sustentabilidade, é importante avaliar não apenas a geração de viagens, mas os aspectos qualitativos destas viagens, isto é, as condições em que elas ocorrem.

Os achados estão em linha com a literatura de ESRT, que aponta que grupos de baixa renda, especialmente em países em desenvolvimento, mulheres e não pessoas sem posse de automóveis enfrentam mais dificuldades em realizar viagens e, conseqüentemente, participar em atividades. Os jovens, frequentemente citados como em risco de ESRT, parecem não ser um grupo crítico no estudo de caso (mantidas todas as condições constantes), apesar de possuírem média de viagens inferior aos adultos em idade ativa.

O indicador de oportunidades acumuladas, apesar de estar correlacionado com o número de oportunidades disponíveis às pessoas, retrata apenas os componentes de uso do solo e de transportes da acessibilidade. A partir dos resultados encontrados neste estudo, é possível presumir que os componentes individuais e temporais da acessibilidade também exerçam grande influência nos níveis de participação. Foi identificado que o gênero é um fator importante nesta relação, o que nos leva a concluir que homens e mulheres convertem diferentemente os recursos de transporte e uso do solo em participação efetiva. O reconhecimento da renda como componente influenciador na geração de viagens nos permite presumir que indivíduos de renda mais baixa podem enfrentar problemas financeiros no acesso aos transportes e atividades – mesmo quando estes estão disponíveis –, limitando, assim, a sua participação na sociedade.

Além disso, o achado que jovens menores de 18 anos de idade realizam mais viagens, mantidas constantes as demais condições, pode indicar que a disponibilidade temporal dos indivíduos é um elemento que pode impactar no seu nível de acesso às atividades. Assim, ao se utilizar indicadores de acessibilidade mais simples na formulação de políticas, como os baseados no local, é necessário ter cuidado e estar ciente das limitações teóricas impostas por eles. Elementos relativos às características individuais, importantes para a inclusão social, podem estar sendo negligenciados nestas aplicações. Ademais, indicadores de acessibilidade aplicados em uma escala macro, sejam eles baseados em pessoas ou locais, geralmente não consideram características do ambiente construído, frequentemente citados como elementos que influenciam a realização de viagens, especialmente as não motorizadas e por transporte público.

Apesar de termos fornecido mais uma evidência (a primeira do nosso conhecimento em países em desenvolvimento) da relação entre acessibilidade e geração de viagens como um *proxy* para participação em atividades, não é possível dizer que estes resultados podem ser generalizados para todas as localidades. Este é ainda um impasse na literatura e precisa ser mais estudado. Sugerem-se mais estudos que testem tal relação em diferentes localidades e com diferentes indicadores de acessibilidade, especialmente gravitacionais, igualmente simples e facilmente computáveis como o de oportunidades acumuladas, de forma a identificar o mais adequado para representar as opções de participação abertas às pessoas. Recomendam-se, também, estudos que considerem variáveis do ambiente construído a nível local a fim de evidenciar a influência dessas na realização de viagens e, conseqüente participação. Ademais, é possível que o tempo de corte mais apropriado para o indicador de oportunidades acumuladas varie conforme a estrutura urbana, exigindo estudos em contextos e cidades de portes diferentes.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Terceiro e quarto autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq [Processos: 310908/2017-5 e 306391/2018-0, respectivamente]. A quarta autora gostaria também de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo [FAPESP: 13/07616-7]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J., e Farber, S. (2020) Planning transport for social inclusion: An accessibility-activity participation approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78. doi:10.1016/j.trd.2019.102212
- Bantis, T., e Haworth, J. (2020) Assessing transport related social exclusion using a capabilities approach to accessibility framework: A dynamic Bayesian network approach. *Journal of Transport Geography*, 84(January), 102673. doi:10.1016/j.jtrangeo.2020.102673
- Black, J., e Conroy, M. (1977) Accessibility Measures and the Social Evaluation of Urban Structure. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 9(9), 1013–1031. doi:10.1068/a091013
- Boisjoly, G., e El-Geneidy, A. M. (2017) The insider: A planners' perspective on accessibility. *Journal of Transport Geography*, 64, 33–43. doi:10.1016/j.jtrangeo.2017.08.006
- Burchardt, T., Le Grand, J., e Piachaud, D. (1999) Social exclusion in Britain 1991-1995. *Social Policy and Administration*, 33(3), 227–244. doi:10.1111/1467-9515.00148
- Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô. (2019) *Pesquisa Origem Destino 2017: A Mobilidade Urbana da Região Metropolitana de São Paulo em Detalhes*. São Paulo.
- Cordera, R., Coppola, P., dell'Olio, L., e Ibeas, Á. (2017) Is accessibility relevant in trip generation? Modelling the interaction between trip generation and accessibility taking into account spatial effects. *Transportation*, 44(6), 1577–1603. doi:10.1007/s11116-016-9715-5
- Dalvi, M. Q., e Martin, K. M. (1976) The measurement of accessibility: Some preliminary results. *Transportation*, 5(1), 17–42. doi:10.1007/BF00165245
- Ewing, R., DeAnna, M. B., e Li, S. C. (1996) Land use impacts on trip generation rates. *Transportation Research Record*, (1518), 1–6. doi:10.3141/1518-01
- Farrington, J., e Farrington, C. (2005) Rural accessibility, social inclusion and social justice: Towards conceptualisation. *Journal of Transport Geography*, 13(1 SPEC. ISS.), 1–12. doi:10.1016/j.jtrangeo.2004.10.002
- Farrington, J. H. (2007) The new narrative of accessibility: its potential contribution to discourses in (transport) geography. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 319–330. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.11.007
- Fávero, L. P., e Belfiore, P. (2017) *Manual de Análise de Dados: Estatística e Modelagem Multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Elsevier Brasil, Rio de Janeiro.
- Fransen, K., Farber, S., Deruyter, G., e De Maeyer, P. (2018) A spatio-temporal accessibility measure for modelling activity participation in discretionary activities. *Travel Behaviour and Society*, 10, 10–20. doi:10.1016/j.tbs.2017.09.002
- Geurs, K. T., e van Wee, B. (2004) Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140. doi:10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005
- Handy, S. L., e Niemeier, D. A. (1997) Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives.

- Environment and Planning A: Economy and Space*, 29(7), 1175–1194. doi:10.1068/a291175
- Hansen, W. G. (1959) How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25(2), 73–76. doi:10.1080/01944365908978307
- Hanson, S., e Schwab, M. (1987) Accessibility and intraurban travel. *Environment & Planning A*, 19(6), 735–748. doi:10.1068/a190735
- Hine, J., e Grieco, M. (2003) Scatters and clusters in time and space: Implications for delivering integrated and inclusive transport. *Transport Policy*, 10(4), 299–306. doi:10.1016/S0967-070X(03)00055-6
- Jeekel, J. F., e Martens, C. J. C. M. (2017) Equity in transport: Learning from the policy domains of housing, health care and education. *European Transport Research Review*, 9(4), 53. doi:10.1007/s12544-017-0269-1
- Kamruzzaman, M., Yigitcanlar, T., Yang, J., e Mohamed, M. A. (2016) Measures of transport-related social exclusion: A critical review of the literature. *Sustainability (Switzerland)*, 8(7), 6–11. doi:10.3390/su8070696
- Kenyon, S., Lyons, G., e Rafferty, J. (2002) Transport and social exclusion: Investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. *Journal of Transport Geography*, 10(3), 207–219. doi:10.1016/S0966-6923(02)00012-1
- Kitamura, R., Akiyama, T., Yamamoto, T., e Golob, T. F. (2001) Accessibility in a metropolis: Toward a better understanding of land use and travel. *Transportation Research Record*, (1780), 64–75. doi:10.3141/1780-08
- Koenig, J. G. (1980) Indicators of urban accessibility: Theory and application. *Transportation*, 9(2), 145–172. doi:10.1007/BF00167128
- Kwan, M.-P. (1998) Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework. *Geographical Analysis*, 30(3), 191–216. doi:10.1111/j.1538-4632.1998.tb00396.x
- Lucas, K. (2012) Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105–113. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013
- Lucas, K., van Wee, B., e Maat, K. (2016) A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. *Transportation*, 43(3), 473–490. doi:10.1007/s11116-015-9585-2
- Martens, K. (2015) Accessibility and Potential Mobility as a Guide for Policy Action. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2499(October 2015), 18–24. doi:10.3141/2499-03
- Martens, K. (2016) Why Accessibility Measurement is Not Merely an Option, but an Absolute Necessity. *Designing Accessibility Instruments*, (July), 37–51. doi:10.4324/9781315463612-4
- Neutens, T., Schwanen, T., Witlox, F., e de Maeyer, P. (2010) Equity of urban service delivery: A comparison of different accessibility measures. *Environment and Planning A*, 42(7), 1613–1635. doi:10.1068/a4230
- Pereira, R. H. M., Braga, C. K. V., Serra, B., e Nadalin, V. G. (2019) Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras. *Texto para discussão IPEA*, 2535.
- Pereira, R. H. M., Schwanen, T., e Banister, D. (2017) Distributive justice and equity in transportation. *Transport Reviews*, 37(2), 170–191. doi:10.1080/01441647.2016.1257660
- Preston, J., e Rajé, F. (2007) Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography*, 15(3), 151–160. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.05.002
- Pyrialakou, V. D., Gkritza, K., e Fricker, J. D. (2016) Accessibility, mobility, and realized travel behavior: Assessing transport disadvantage from a policy perspective. *Journal of Transport Geography*, 51, 252–269. doi:10.1016/j.jtrangeo.2016.02.001
- R Core Team. (2018) R: A language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Sen, A. (1981) *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*. Clarendon Press, Oxford.
- Social Exclusion Unit. (2003) *Making the Connections: Final Report on Transport and Social Exclusion*. doi:10.1680/muen.156.2.81.37660
- Thill, J. C., e Kim, M. (2005) Trip making, induced travel demand, and accessibility. *Journal of Geographical Systems*, 7(2), 229–248. doi:10.1007/s10109-005-0158-3
- van Wee, B., e Geurs, K. (2011) Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 11(4), 350–367.
- Vickerman, R. W. (1974) Accessibility, Attraction, and Potential: A Review of Some Concepts and Their Use in Determining Mobility. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 6(6), 675–691. doi:10.1068/a060675
- Wachs, M., e Kumagai, T. G. (1973) Physical accessibility as a social indicator. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7(5), 437–456. doi:10.1016/0038-0121(73)90041-4