

**TEXTO PARA DISCUSSÃO**

**2904**

**ACESSIBILIDADE URBANA POR  
RIDE-HAILING E TRANSPORTE  
PÚBLICO CONSIDERANDO O  
TRADE-OFF ENTRE CUSTO  
MONETÁRIO E TEMPO  
DE VIAGEM**

**RAFAEL H. M. PEREIRA  
DANIEL HERSZENHUT  
MARCUS SARAIVA  
STEVEN FARBER**

**ipea**

Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

## **ACESSIBILIDADE URBANA POR *RIDE-HAILING* E TRANSPORTE PÚBLICO CONSIDERANDO O *TRADE-OFF* ENTRE CUSTO MONETÁRIO E TEMPO DE VIAGEM<sup>1</sup>**

**RAFAEL H. M. PEREIRA<sup>2</sup>**

**DANIEL HERSZENHUT<sup>3</sup>**

**MARCUS SARAIVA<sup>4</sup>**

**STEVEN FARBER<sup>5</sup>**

1. Este estudo foi realizado sob o Acordo de Cooperação Técnica nº 3/2021 (Processo SEI número 03001.000266/2021-73) assinado entre o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e a Uber Brasil para promover colaborações em pesquisa sobre mobilidade urbana. O acordo não envolve nenhuma transferência de recursos financeiros entre as organizações. Os autores do Ipea tiveram acesso aos dados da Uber comprometendo-se com um acordo de sigilo dos dados, mas que não limitou de forma alguma sua autonomia sobre o conteúdo deste trabalho. Os autores declaram que não possuem conflitos de interesse ou relações pessoais que possam ter parecido influenciar o trabalho relatado neste estudo.

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Coordenação-Geral de Ciência de Dados e Tecnologia da Informação (CGCDTI) do Ipea. *E-mail*: <rafael.pereira@ipea.gov.br>.

3. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea. *E-mail*: <daniel.santos@ipea.gov.br>.

4. Pesquisador do PNPD na Dirur/Ipea. *E-mail*: <marcus.saraiva@ipea.gov.br>.

5. Professor da Universidade de Toronto. *E-mail*: <steven.farber@utoronto.ca>.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

**Presidenta**

**LUCIANA MENDES SANTOS SERVO**

**Diretor de Desenvolvimento Institucional**

**FERNANDO GAIGER SILVEIRA**

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,  
das Instituições e da Democracia**

**LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO**

**Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**

**CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO**

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,  
Urbanas e Ambientais**

**ARISTIDES MONTEIRO NETO**

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,  
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

**FERNANDA DE NEGRI**

**Diretor de Estudos e Políticas Sociais**

**CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL**

**Diretor de Estudos Internacionais**

**FÁBIO VÉRAS SOARES**

**Chefe de Gabinete**

**ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA**

**Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social**

**ANTONIO LASSANCE**

**Ouvidoria:** <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

**URL:** <http://www.ipea.gov.br>

# Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2023

Acessibilidade urbana por ride-hailing e transporte público considerando o trade-off entre custo monetário e tempo de viagem / Rafael H. M. Pereira ... [et al.]. – Brasília, DF: IPEA, 2023. 45 p. : il. – (Texto para Discussão ; 2904).

Inclui Bibliografia.

1. Ride-hailing. 2. Mobilidade por Aplicativo. 3. Acessibilidade. 4. Equidade. 5. Custo Monetário. 6. Rio de Janeiro. 7. Fronteira de Pareto. I. Pereira, Rafael H. M. II. Herszenhut, Daniel. III. Saraiva, Marcus. IV. Farber, Steven. V. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 388.4

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

**Como citar:**

PEREIRA, Rafael H. M.; HERSZENHUT, Daniel; SARAIVA, Marcus; FARBER, Steven. **Acessibilidade urbana por ride-hailing e transporte público considerando o trade-off entre custo monetário e tempo de viagem**. Brasília, DF: Ipea, ago. 2023. 45 p. : il. (Texto para Discussão, n. 2904). DOI: [http:// dx.doi.org/10.38116/td2904-port](http://dx.doi.org/10.38116/td2904-port).

**JEL:** O18; R40; R41.

As publicações do Ipea estão disponíveis para download gratuito nos formatos PDF (todas) e ePUB (livros e periódicos).

Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

# SUMÁRIO

SINOPSE	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO .....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	9
3 ÁREA DE ESTUDO .....	12
4 DADOS .....	14
5 MÉTODOS .....	17
5.1 Matriz de custos monetários e de tempos de viagem por transporte público .....	18
5.2 Matriz de custos monetários e de tempos de viagem por <i>ride-hailing</i> .....	19
5.3 Matriz de custos monetários e de tempos de viagem usando <i>ride-hailing</i> como primeira-milha .....	20
5.4 Estimativas de acessibilidade .....	21
6 RESULTADOS .....	23
6.1 Distribuição espacial da acessibilidade .....	25
6.2 Níveis médios de acessibilidade por modo de transporte e nível de renda .....	27
6.3 Ganhos de acessibilidade com a integração entre transportes por aplicativo e público .....	31
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	36
REFERÊNCIAS .....	38

## SINOPSE

Serviços de *ride-hailing* (transporte sob demanda por aplicativo) têm o potencial de expandir o acesso às oportunidades, mas os custos monetários desse modo de transporte podem limitar seus benefícios para a população de baixa renda. Este estudo examina como os serviços de *ride-hailing* podem influenciar desigualdades sociais e espaciais de acesso a oportunidades, considerando o *trade-off* entre custos monetários e tempos de viagens. Utilizando um ano de dados agregados de viagens da Uber no Rio de Janeiro em 2019 e um novo modelo de roteamento multiobjetivo, analisamos como serviços de *ride-hailing* podem melhorar o acesso a empregos quando utilizados tanto como único modo de transporte quanto de maneira integrada ao transporte público, realizando a conexão de primeira milha. Aplicamos medidas cumulativas de acessibilidade considerando múltiplas combinações de limites de tempos de viagem e de custos monetários para comparar as fronteiras de Pareto de acesso a empregos calculadas para cada uma das alternativas de transporte. Os resultados indicam que, em comparação com o transporte público, o *ride-hailing* pode expandir significativamente a acessibilidade tanto quando utilizado isoladamente em viagens relativamente curtas (entre dez e quarenta minutos), quanto para viagens de mais de trinta minutos quando usado de maneira integrada fazendo conexão de primeira milha com o transporte público. Em ambos os casos, as vantagens de acessibilidade do *ride-hailing* são restringidas em larga medida por custos monetários mais altos. Quando consideramos o impacto do custo tarifário sobre a renda da população, os benefícios de acessibilidade dos serviços de *ride-hailing* limitam-se principalmente aos grupos de alta renda. Esses resultados sugerem que políticas públicas que busquem integrar serviços de transporte sob demanda com sistemas de transporte público dificilmente trarão benefícios às populações de baixa renda se não forem acompanhadas de alguma forma de desconto tarifário ou subsídio capaz de aliviar suas barreiras financeiras. Este estudo também mostra que levar em conta os *trade-offs* entre custos monetários e tempos de viagem pode influenciar de maneira significativa os resultados dos estudos de acessibilidade urbana e equidade, e que esses *trade-offs* deveriam ser considerados por pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** *ride-hailing*; mobilidade por aplicativo; acessibilidade; equidade; custo monetário; Rio de Janeiro; fronteira de Pareto.

## ABSTRACT

Ride-hailing services have the potential to expand access to opportunities, but out-of-pocket costs may limit the benefits of ride-hail for low-income individuals. This paper examines how ride-hailing services can shape spatial and socioeconomic differences in access to opportunities while accounting for the trade-off between travel time and monetary costs. Using one year of aggregated Uber trip data for Rio de Janeiro in 2019 and a new multi-objective optimization routing method, we analyze the potential for ride-hailing services to improve employment accessibility when used as a stand-alone transportation mode and in conjunction with transit as a first-mile feeder service.

We compare the accessibility Pareto frontiers of these transport mode alternatives with cumulative opportunity measures considering multiple combinations of travel time and monetary cost thresholds. We find that, compared to transit, ride-hailing can significantly expand accessibility as a standalone transport mode for relatively short trips (between 10 and 40 minutes), and as a first-mile feeder to transit in trips longer than 30 minutes. In both cases, the accessibility advantages of ride-hailing are mostly limited by relatively higher out-of-pocket costs. When we account for different affordability thresholds, the accessibility benefits of ride-hailing services accrue mostly to high-income groups. These findings suggest that policy efforts to integrate rideshare with transit are likely not going to benefit low-income communities without some form of subsidized fare discounts to alleviate affordability barriers. The paper also highlights how accounting for trade-offs between travel-time and monetary costs can importantly influence the results of transportation accessibility and equity studies, suggesting that this issue should be addressed in future research.

**Keywords:** ride-hailing; accessibility; equity; monetary cost; Rio de Janeiro; first-mile transit; affordability; Pareto frontier.



## 1 INTRODUÇÃO

O surgimento dos serviços de *ride-hailing* (transporte sob demanda por aplicativo) foi uma das inovações mais disruptivas no setor de transporte nas últimas décadas (Chan e Shaheen, 2012; Dudley, Banister e Schwanen, 2017; Tirachini, 2020). Empresas de mobilidade por aplicativo, como Uber e 99, podem ajudar as pessoas a superar as lacunas da rede de transporte público e melhorar suas condições de acessibilidade urbana sem terem de arcar com os custos de possuir um carro (Brown *et al.*, 2022; Jin *et al.*, 2018; Young e Farber, 2019). No entanto, embora serviços de *ride-hailing* sejam geralmente mais rápidos e convenientes do que as opções de transporte público, também são mais caros. Esse custo monetário, por sua vez, representa uma das maiores barreiras ao transporte por aplicativo para pessoas de baixa renda (Brown *et al.*, 2022). Isso explica, em parte, o crescente número de estudos que buscam entender as circunstâncias em que o transporte por aplicativo pode competir ou ser complementar ao transporte público (Cats *et al.*, 2022; Hall, Palsson e Price, 2018; Li, Shalaby e Habib, 2021; Yan, Levine e Zhao, 2019; Young, Allen e Farber, 2020).

Vários estudos têm mostrado como os serviços de transporte por aplicativo podem efetivamente expandir as opções de mobilidade da população (Alemi *et al.*, 2018; Ceccato e Diana, 2021; Onono *et al.*, 2019; Tirachini e Del Río, 2019). No entanto, poucas pesquisas examinaram até que ponto esses serviços melhoram o acesso a oportunidades, particularmente quando usados em conjunto com o transporte público, e como esses benefícios de acessibilidade podem variar entre grupos socioeconômicos. Além disso, nenhum estudo comparou a acessibilidade urbana promovida por serviços de *ride-hailing* e de transporte público considerando o *trade-off* entre custos monetários e tempos de viagem. Pesquisas anteriores sobre acessibilidade por transporte por aplicativo consideraram exclusivamente custos de tempo de viagem (Barkley, Garr Pacetti e Bailey, 2018; Haddad *et al.*, 2019) e custos monetários das viagens (Souza *et al.*, 2021). Duas exceções são os trabalhos de Abdelwahab *et al.* (2021) e de Cats *et al.* (2022). No entanto, estes estudos utilizam funções de custos generalizados que combinam tempo e desembolso financeiro num único valor de custo, ignorando o potencial *trade-off* entre o tempo de viagem e o custo monetário (ver seção 2). Considerar esse *trade-off* é particularmente importante quando se quer examinar o potencial de concorrência e complementaridade entre os transportes por aplicativo e o público devido à forma como esses modos de transporte propiciam níveis marcadamente diferentes de acessibilidade, embora a custos também muito distintos (Schwieterman, 2019).

Este estudo tem dois objetivos. Primeiro, ele examina como os serviços de transporte por aplicativo podem influenciar as diferenças sociais e espaciais no acesso a oportunidades, considerando o *trade-off* entre custos monetários e tempos de viagem.

Em segundo lugar, este trabalho investiga até que ponto a acessibilidade urbana pode ser expandida por esses serviços quando eles são usados como o único modo de transporte da viagem, bem como em conjunto com o transporte público como modo de acesso até corredores de média e alta capacidade, o que é conhecido pela expressão “conexão de primeira milha” (do inglês, *first-mile connection*).

Este trabalho se baseia na análise de um ano de dados agregados de viagens da Uber na cidade do Rio de Janeiro em 2019. Combinando esses dados com um modelo de roteamento de transporte multimodal, calculamos o acesso a empregos usando uma medida cumulativa que contabiliza simultaneamente restrições de custo monetário e tempo de viagem. Isso é feito a partir de um método recentemente desenvolvido por Conway e Stewart (2019) e implementado em R no pacote r5r (Pereira *et al.*, 2021), que disponibiliza um modelo de roteamento multiobjetivo. Este estudo também combina matrizes de viagens pela Uber e pelo transporte público para calcular os níveis de acessibilidade possibilitados pela integração entre esses modos, considerando-se os horários de chegada/partida da transferência entre um modo e outro.

Esta pesquisa contribui para a literatura sobre acessibilidade e equidade no transporte ao examinar o efeito do *trade-off* entre custos monetários e tempos de viagem sobre a acessibilidade urbana. Nosso estudo de caso também contribui para a literatura ao considerar como a acessibilidade de diferentes grupos sociais é afetada pela capacidade de pagamento de diferentes modos de transporte. Além disso, este estudo expande o trabalho de pesquisas anteriores ao analisar o potencial dos serviços de *ride-hailing* para melhorar a acessibilidade ao serem utilizados como modo de conexão de primeira milha a corredores de transporte público. Isso é particularmente relevante dado o crescente número de agências de transporte que tem feito parcerias com empresas de mobilidade por aplicativo para melhorar a acessibilidade de comunidades desfavorecidas em áreas de baixa densidade populacional (Brown, Manville e Weber, 2021; Curtis *et al.*, 2019; Zuniga-Garcia *et al.*, 2022). Por fim, este estudo contribui para a crescente literatura que trata de como os serviços de *ride-hailing* podem moldar a equidade de transporte e as condições de acessibilidade, fornecendo novas evidências no contexto do Sul Global.

O restante do estudo está organizado da seguinte forma. Na seção 2, apresenta-se uma revisão da literatura sobre serviços de *ride-hailing* e acessibilidade urbana. Na seção 3, apresenta-se a área de estudo analisada nesta pesquisa. Os dados e métodos utilizados para calcular os tempos de viagem e os custos monetários, bem como para estimar a acessibilidade ao emprego, são exibidos nas seções 4 e 5. Na seção 6, apresentam-se os resultados; e, na seção 7, apresenta-se a conclusão do estudo com reflexões para futuras pesquisas e recomendações de políticas públicas.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os serviços de transporte por aplicativo são uma inovação relativamente recente na mobilidade urbana e têm recebido muita atenção de pesquisadores e formuladores de políticas públicas (Shaheen e Cohen, 2019). Diversos estudos têm analisado como os serviços de *ride-hailing* podem ter implicações para os sistemas de mobilidade urbana afetando, por exemplo, a demanda de passageiros do transporte público (Diab *et al.*, 2020; Erhardt *et al.*, 2022; Lavieri e Bhat, 2019; Rayle *et al.*, 2016) e a geração de externalidades, como congestionamento (Diao, Kong e Zhao, 2021; Erhardt *et al.*, 2019; Tirachini e Gomez-Lobo, 2020), poluição ambiental (Barnes, Guo e Borgo, 2020; Sui *et al.*, 2019; Yu *et al.*, 2017) e acidentes de trânsito (Barreto, Silveira Neto e Carazza, 2021; Barrios, Hochberg e Yi, 2019; Kirk, Cavalli e Brazil, 2020).

Também existe uma crescente literatura sobre como empresas de mobilidade por aplicativo, como Uber, 99 e Cabify, poderiam ter um efeito ambíguo de tanto complementar quanto substituir viagens por transporte público (Hall, Palsson e Price, 2018; Yan, Levine e Zhao, 2019; Young, Allen e Farber, 2020). Embora os serviços *ride-hailing* possam competir com o sistema de transporte público por serem uma alternativa de transporte mais conveniente, apesar de mais cara, eles também podem contribuir para aumentar o alcance e a flexibilidade de sistemas de transporte público ao lhes complementar com conexões de primeira e última milha (Cats *et al.*, 2022; Shaheen e Chan, 2016; Wang, Martin e Shaheen, 2012). Alguns estudos nesta literatura tentam avaliar este potencial de complementaridade e competição analisando a sobreposição entre as origens e os destinos das viagens conduzidas por transporte público e aplicativos (Jin, Kong e Sui, 2019; Kong, Zhang e Zhao, 2020; Liao, 2021). Outros estudos que utilizam dados de pesquisas origem-destino mostram que serviços de *ride-hailing* têm sido cada vez mais utilizados como alternativas de primeira e última milha para integração com o transporte público (Bedoya-Maya *et al.*, 2022; Brown, Manville e Weber, 2021; Sunitiyoso *et al.*, 2022).

Nesse sentido, há também um crescente interesse sobre questões de equidade e transporte por aplicativo. Diversos estudos analisam se serviços de *ride-hailing* conseguem de fato melhorar as condições de mobilidade das comunidades de baixa renda e desfavorecidas (Brown *et al.*, 2022; Jiao e Wang, 2020; Jin, Kong e Sui, 2019) ou se esses serviços exacerbam as desigualdades nas condições de mobilidade e acessibilidade urbana de diferentes grupos socioeconômicos (Abdelwahab *et al.*, 2021; Barajas e Brown, 2021; Brown, Manville e Weber, 2021). Algumas pesquisas anteriores analisam os tempos de espera entre a requisição de uma viagem e a chegada do motorista de aplicativo como uma *proxy* para o acesso da população aos serviços de *ride-hailing* (Hughes e MacKenzie, 2016; Insardi e Lorenzo, 2019; Shokoohyar, Sobhani e Nargesi,

2020; Wang e Mu, 2018; Young e Farber, 2020). No entanto, estes estudos trabalham com uma noção limitada de acessibilidade, pois ignoram questões de tempo de viagem e de padrões de uso do solo. Ao fazer isso, se concentram no acesso ao serviço de mobilidade por aplicativo em si, e não na quantidade de oportunidades que poderiam ser acessadas usando esses serviços.

Poucos estudos examinam em que medida o transporte por aplicativo pode melhorar o acesso das pessoas a oportunidades. Um desses estudos é o trabalho realizado por Souza *et al.* (2021), que analisa quatro bairros do Rio de Janeiro, Brasil. Os autores comparam o número de empregos que podem ser acessados por transporte público e aplicativo, dados diferentes limites de custo monetário e de número de passageiros que poderiam compartilhar a viagem. Os autores constatam que, em geral, o uso de serviços de transporte por aplicativo leva a níveis de acessibilidade ao emprego substancialmente maiores do que os que resultam do uso de transporte público, mas que esses serviços só se tornam financeiramente competitivos quando os custos de viagem são compartilhados entre dois ou mais passageiros. Apesar das contribuições deste trabalho para análises de equidade e transporte por aplicativo, este estudo ignora como os tempos de viagem significativamente diferentes do transporte público e dos serviços de *ride-hailing* podem ter impactos igualmente significativos nas condições de acessibilidade da população.

O trabalho de Cats *et al.* (2022) analisa o duplo papel do *ride-hailing* como complemento e substituto do transporte público, comparando os níveis de acessibilidade por ambos os modos de transporte. Usando dados de viagens da Uber em seis cidades nos Estados Unidos e na Europa, os autores constatam que serviços de *ride-hailing* são utilizados tanto em circunstâncias concorrentes quanto complementares, embora o impacto do transporte por aplicativo na acessibilidade em geral varie muito em cada cidade e entre elas. Apesar de uma comparação detalhada entre a acessibilidade por transporte por aplicativo e por transporte público, Cats *et al.* (2022) não analisam como o primeiro poderia expandir a acessibilidade por transporte público quando usado como conexão de primeira milha. Essa análise, no entanto, é realizada por Abdelwahab *et al.* (2021), que usam dados de viagens da Uber em Toronto (Canadá) para examinar em que medida o transporte por aplicativo ajuda a promover a equidade no transporte em termos de acesso a empregos. Os autores observam que, em geral, serviços de *ride-hailing* promovem maiores níveis de acessibilidade do que o transporte público, e que a integração entre ambos os modos de transporte pouco contribui para melhorar o acesso a empregos, particularmente em bairros carentes.

Há uma importante característica metodológica comum nos trabalhos de Cats *et al.* (2022) e Abdelwahab *et al.* (2021). Ambos consideram apenas a rota de transporte

público mais rápida entre cada par origem-destino e, em seguida, estimam a acessibilidade usando uma função de custo generalizado que combina o tempo e o custo monetário dessa viagem em um único valor de custo. Esse tem sido o método padrão adotado por outros estudos que também utilizam funções de custo generalizado de tempo e dinheiro para calcular acessibilidade (Bocarejo e Oviedo, 2012; El-Geneidy *et al.*, 2016; Geurs *et al.*, 2010). Essa abordagem, no entanto, tende a ser problemática para estudos que consideram custos monetários ao analisar a acessibilidade, particularmente quando a análise tem como foco questões de equidade e exclusão social.

Em primeiro lugar, a abordagem de custos generalizados não leva em conta o *trade-off* entre custo monetário e tempo de viagem. Muitas vezes, rotas alternativas de transporte público percorrem trajetos distintos entre um determinado par origem-destino, e algumas alternativas podem envolver tempos de viagem mais longos a custos mais baratos, enquanto outras podem ser mais rápidas a um custo mais alto (por exemplo, com serviços expressos ou viagens que envolvem transferências entre modos). Não há uma resposta clara sobre qual dessas rotas deve ser considerada em uma análise de acessibilidade, dado que diferentes indivíduos podem optar por alternativas distintas, a depender de suas restrições monetárias e de tempo. Adicionalmente, considerar apenas uma dessas alternativas traz importantes implicações para análises de equidade em transportes. Por um lado, considerar apenas a rota mais rápida significa examinar uma viagem que pode apresentar custos proibitivos para indivíduos com mais restrições financeiras, pois essas rotas podem ser mais caras devido a transferências entre modos ou por envolverem modos mais rápidos e caros. Por outro lado, considerar a alternativa de rota mais barata pode enviesar as estimativas de acessibilidade, ignorando alternativas de viagem mais eficientes. Em ambos os casos, considerar apenas uma alternativa de viagem pode levar a estimativas de acessibilidade pouco precisas e superestimadas ou subestimadas para indivíduos com mais restrições financeiras ou de tempo em suas escolhas de viagem, o que geralmente inclui grupos mais pobres e mais ricos, respectivamente. Ignorar o *trade-off* entre tempo e custo monetário de viagens, portanto, pode ser particularmente problemático em estudos relacionados a questões de equidade.

Em segundo lugar, o cálculo da acessibilidade com base em uma função de custo generalizado traz consigo diversas complicações metodológicas. Um desafio é como atribuir um valor monetário ao tempo de viagem para converter dinheiro em tempo (ou vice-versa). Esse processo envolve várias decisões metodológicas arbitrárias que podem não ser apropriadas para estudos que se preocupam com a equidade nos transportes (Martens e Di Ciommo, 2017). Atribuir um valor ao tempo (VOT) que varia de acordo com os níveis de renda de cada indivíduo, por exemplo, implica que o tempo de pessoas mais ricas vale mais do que o de pessoas mais pobres, o que tende a perpetuar privilégios e desigualdades históricas (Börjesson e Eliasson, 2019; Goodwin, 1974).

Uma abordagem alternativa é atribuir um mesmo VOT para todas as pessoas, o que parcialmente resolve esse problema. No entanto, não é claro qual valor deve ser usado, o que leva a decisões *ad hoc* que comprometem a comparabilidade de diferentes estudos e podem introduzir outros vieses. Além disso, converter uma quantidade absoluta de dinheiro em tempo com um VOT fixo é relativamente simples, mas fazê-lo levando em consideração o peso do custo da viagem em relação ao orçamento de cada pessoa é muito mais complexo, reduzindo a comunicabilidade dos resultados de estudos preocupados com a capacidade de pagamento de serviços de transporte.

Atualmente, a maioria das pesquisas sobre acessibilidade por transporte público considera exclusivamente custos de tempo de viagem devido a limitações de programas de roteamento, como o OpenTripPlanner e o ArcGIS Network Analyst, que ignoram tarifas de transporte público. O recente desenvolvimento de um novo algoritmo de roteamento com um método de otimização multiobjetivo, no entanto, permite que restrições de tempo e de custo monetário sejam consideradas no roteamento por transporte público de maneira eficiente (Conway e Stewart, 2019). Esse método é utilizado neste estudo, o que nos permite considerar, para cada par origem-destino, um grande número de rotas alternativas que variam de itinerários rápidos, porém caros, a viagens mais lentas e baratas. O método é explicado mais detalhadamente na seção de métodos.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

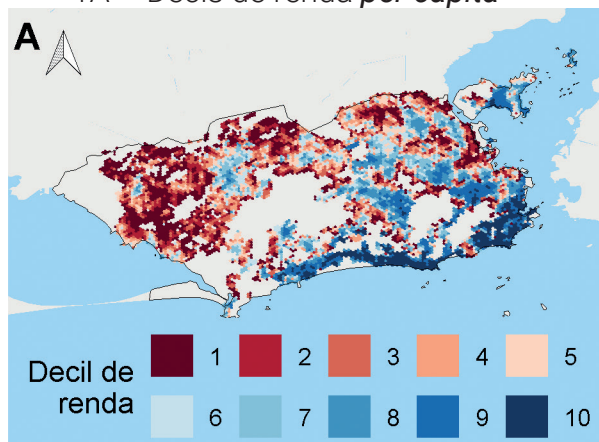
O município do Rio de Janeiro é a segunda maior cidade do Brasil e a quinta maior da América Latina, com aproximadamente 6,7 milhões de habitantes, o que a torna um dos maiores mercados de transporte por aplicativo do continente. No Rio, serviços de *ride-hailing* foram utilizados por aproximadamente 6% da população que usou algum modo de transporte motorizado em 2018, o dobro da média nacional – 3,1% (Warwar e Pereira, 2022). Os usuários de *ride-hailing* no Rio de Janeiro fazem em média oito viagens por mês, a um custo médio de aproximadamente R\$ 33 por viagem (Warwar e Pereira, 2022). O perfil dos usuários desse serviço na cidade é parecido com o perfil nacional, composto em grande parte por mulheres (mais de 60%), brancos (aproximadamente 48%), jovens (46% têm entre 15 e 35 anos) e indivíduos de mais alta renda. No Rio, em particular, 60% dos usuários desses serviços estão entre os 40% mais ricos da cidade, enquanto apenas 23% dos usuários estão entre os 40% mais pobres.

As distribuições espaciais da população, do nível de renda e dos empregos no Rio de Janeiro são apresentadas no mapa 1. A população de alta renda reside principalmente ao sul e sudeste da cidade (mapa 1A), onde se localizam os bairros da Barra da Tijuca e da Zona Sul. Esta última está entre as áreas mais densamente povoadas do município (mapa 1B). Os bairros de alta renda também tendem a ser relativamente

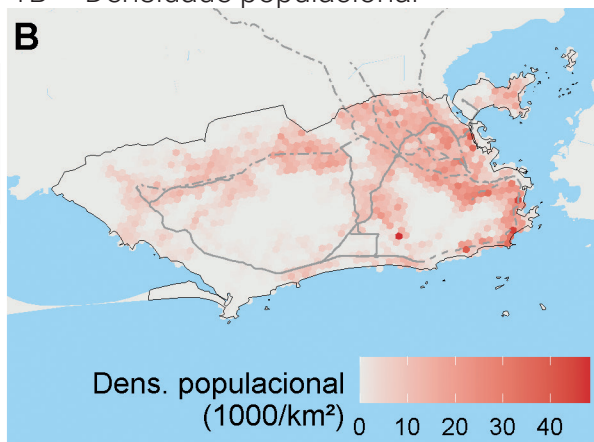
mais próximos do centro da cidade, onde a maioria dos empregos está concentrada (mapa 1C), o que facilita o acesso a diversas oportunidades e serviços com viagens curtas a partir desses bairros. Por sua vez, a população mais pobre está principalmente localizada em regiões periféricas no extremo norte e oeste do Rio, que tendem a ser menos densamente povoadas e muito distantes dos principais centros de emprego da cidade, tornando o transporte por aplicativo mais caro e menos acessível à população.

A rede de transporte público do Rio de Janeiro também apresenta uma distribuição espacial muito desigual (mapa 1D). O sistema metroviário, que costuma ser considerado o modo de transporte público de melhor qualidade da cidade, atende principalmente as áreas mais ricas e o centro da cidade, embora também se estenda a alguns bairros da Zona Norte. Os serviços de trens e ônibus de trânsito rápido (BRT), que em geral são mais lentos e mais susceptíveis a interrupções de serviço do que o metrô, cobrem viagens de distâncias longas para as áreas mais pobres localizadas nos extremos oeste e norte do município. A cidade também conta ainda com outros modos de transporte público com velocidades operacionais mais lentas. Isso inclui um sistema de veículo leve sobre trilhos (VLT) que cruza o centro da cidade, um sistema de barcas que liga o Rio a cidades adjacentes e um amplo sistema de ônibus que compartilha o espaço viário com automóveis. Os ônibus são um dos modos de transporte público mais utilizados por pessoas de baixa renda, especialmente por serem uma alternativa mais barata do que os modos de maior capacidade (ver seção 4). A configuração espacial da rede de transporte público, aliada à colocação de pessoas e empregos na cidade, leva a um cenário em que as pessoas que mais dependem do transporte público tendem a enfrentar os maiores tempos de viagem. De acordo com a última pesquisa Origem-Destino do Rio, 17% das viagens por transporte público na cidade duraram mais que noventa minutos, e o tempo médio de deslocamento casa-trabalho na cidade era de cinquenta e sete minutos (Central, 2016).

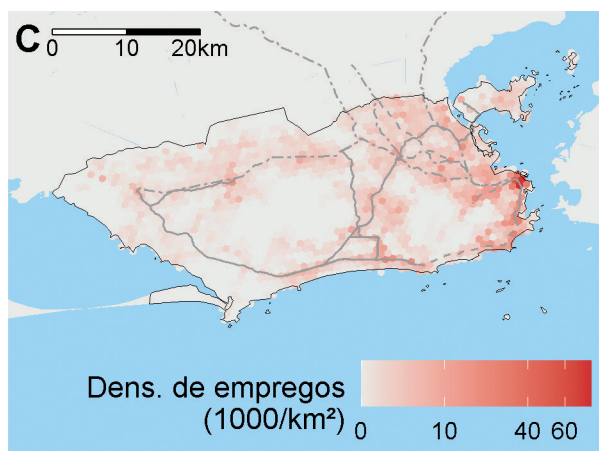


**MAPA 1****Distribuição espacial de decis de renda *per capita*, densidades populacional e de empregos e principais corredores de transporte público – Rio de Janeiro**1A – Decis de renda *per capita*

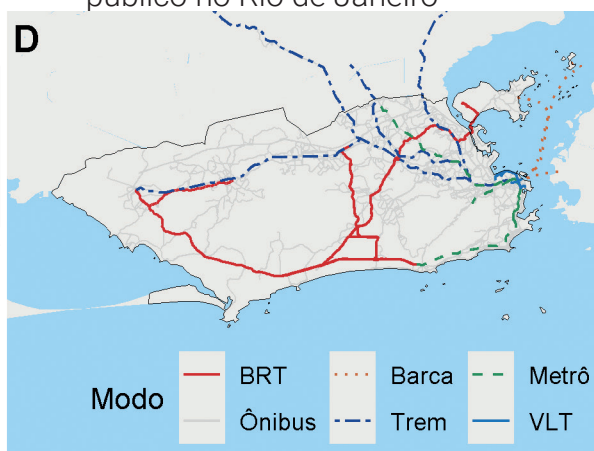
1B – Densidade populacional



1C – Densidade de empregos



1D – Principais corredores de transporte público no Rio de Janeiro



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Rede de transporte público de 2019. Dados de população e renda de 2010. Renda ajustada pela inflação entre 2010 e 2019.

2. Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**4 DADOS**

O estudo combina dados de diversas fontes. As informações socioeconômicas e populacionais são provenientes do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011), último censo disponível no Brasil. Os dados de localização de empregos são provenientes da Relação Anual de Informações Sociais (Rais) 2019, registro administrativo do Ministério



da Economia (ME) com informações sobre empresas e empregados formais do país.<sup>1</sup> Esses dados foram agregados espacialmente em uma grade hexagonal baseada no índice H3 da Uber (Brodsky, 2018) na resolução 8, na qual cada célula tem um raio de aproximadamente 461 metros e área de 0,74 km<sup>2</sup>. Os dados de renda foram ajustados pela inflação de 2010 a 2019, com base na série histórica do Índice Amplo de Preços ao Consumidor (IPCA).

Os dados da rede viária e de infraestrutura para pedestres foram extraídos do OpenStreetMap em agosto de 2019. Para levar em conta a inclinação das ruas ao calcular os tempos de viagem a pé, foram utilizados dados de topografia com resolução espacial de 30 metros, produzidos pela Shuttle Radar Topography Mission (Farr *et al.*, 2007). Os dados que descrevem o sistema de transporte público em outubro de 2019 foram fornecidos pela Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (Fetranspor) e pela SuperVia (operadora do sistema ferroviário) no formato General Transit Feed Specification (GTFS). Os ônibus intermunicipais foram retirados do GTFS porque não conseguimos encontrar informações confiáveis sobre os custos tarifários desses serviços. Como analisamos apenas a acessibilidade no município do Rio de Janeiro, e como os ônibus intermunicipais tendem a ser mais caros do que os demais modos de transporte disponíveis na cidade, a remoção desses serviços não afeta significativamente nossos resultados e conclusões.

As informações sobre as tarifas de transporte público foram coletadas no *site* da empresa responsável pela bilhetagem eletrônica no Rio.<sup>2</sup> Os preços das tarifas em vigor em 2019 estão resumidos na tabela 1. As tarifas de viagens usando um único modo de transporte não são dramaticamente diferentes entre si. Um bilhete de metrô é apenas 25% mais caro do que uma viagem de ônibus municipal, por exemplo. No entanto, a falta de integração tarifária entre alguns modos afeta significativamente a capacidade de parte da população de arcar com viagens multimodais. Em particular, a falta de integração entre os ônibus municipais e o metrô e o pequeno desconto concedido em transferências entre os ônibus e o trem tornam as opções de transporte público mais rápidas consideravelmente caras para os passageiros de baixa renda que vivem longe dos corredores de alta capacidade e precisam se conectar a eles por meio dos ônibus.

1. Embora não existam dados sobre a localização espacial de empregos informais, esses empregos tendem a ser acessados a partir de viagens mais curtas do que empregos formais (Motte-Baumvol *et al.*, 2016). Além disso, é possível observar na pesquisa Origem-Destino de 2003 do Rio de Janeiro uma alta correlação (0.78 Pearson, significativa com *p*-valor de 0.001) entre o número de empregos formais e informais nas zonas de análise de tráfego, o que sugere que a distribuição espacial de empregos formais e informais é muito semelhante na cidade.

2. Disponível em: <https://www.cartaoriocard.com.br/rcc/institucional/tarifas>.

**TABELA 1****Tarifas de transporte público vigentes – Rio de Janeiro (2019)**

(Em R\$)

1A – Viagem com único modo

Modo	Tarifa
VLT	3,80
Ônibus municipal	4,05
BRT	4,05
Trem	4,70
Metrô	5,00
Barcas	6,30

1B – Integração entre modos

Integração	Tarifa
VLT + VLT	3,80
Ônibus municipal + ônibus municipal	4,05
Ônibus municipal + VLT	4,05
Ônibus municipal + BRT	4,05
BRT + metrô	7,10
Trem + metrô	8,55
Ônibus + trem	8,55
Ônibus + metrô (sem desconto)	9,05

Elaboração dos autores.

Para estimar a acessibilidade por *ride-hailing*, usamos dois conjuntos de dados fornecidos pela Uber sob um acordo de confidencialidade. O primeiro é uma matriz de viagens que abrange 152 milhões de viagens realizadas pela Uber entre 8 de março e 20 de dezembro de 2019. Este conjunto de dados consiste em informações agregadas sobre o número total de viagens entre pares origem-destino, bem como suas distâncias, velocidades e tarifas médias. Os dados são agregados espacialmente em uma grade hexagonal baseada no índice H3 usando a resolução 8. Essas informações também são agregadas por dia da semana (dias úteis ou fins de semana) e por período do dia (pico da manhã 6h-9h, fora-pico de dia 9h-17h, pico noturno 17h-20h e fora-pico à noite 20h-6h). Para calcular a acessibilidade ao emprego considerando as condições de trânsito que a maioria dos usuários de transporte por aplicativo enfrentaria ao se deslocar para o trabalho, usamos dados de viagens coletados nos dias úteis durante o pico da manhã. Por questões de privacidade e confiabilidade dos dados, a matriz

de viagens fornecida pela Uber inclui apenas informações de pares de origem-destino entre os quais pelo menos dez viagens foram realizadas, considerando as agregações listadas anteriormente. Para preencher as lacunas de dados entre origens e destinos cuja contagem de viagens foi inferior a 10, utilizamos o Streetmap Premium, base de dados comercial licenciada pela Esri que traz informações históricas de velocidade de tráfego com base em dados de GPS coletados várias vezes ao dia entre os primeiros trimestres de 2018 e 2020.

O segundo conjunto de dados fornecido pela Uber apresenta informações sobre a distribuição espacial do número de pedidos de viagem e dos tempos que os passageiros esperaram pela chegada do motorista após a confirmação da viagem (tempo médio e percentis 25, 50 e 75). Por questões de privacidade e confiabilidade, esses dados são agregados espacialmente em células hexagonais de diferentes tamanhos (índice H3 nas resoluções 8 e 9) para garantir um mínimo de dez pedidos de viagem por célula. Esse conjunto também é agregado por dia da semana e período do dia.

## 5 MÉTODOS

Para investigar como o transporte por aplicativo impacta o acesso a empregos, tanto quando usado isoladamente quanto quando usado em conjunto com o transporte público, utilizamos um método composto por quatro etapas. A primeira envolveu o cálculo da matriz de custos monetários e de tempos de viagem por transporte público. O segundo passo foi calcular uma matriz semelhante, mas para os serviços de *ride-hailing*. Em seguida, combinamos as matrizes das etapas anteriores para gerar uma terceira matriz de viagem, na qual o transporte por aplicativo é usado como um alimentador de primeira milha para estações de transporte público de média e alta capacidade (BRT, trens ou metrô) e o restante da viagem é completado por transporte público. Por fim, na quarta etapa, calculamos os níveis de acessibilidade utilizando cada uma dessas matrizes e comparamos como as condições de acessibilidade de cada cenário estão distribuídas espacialmente e entre diferentes grupos socioeconômicos. Cada etapa metodológica é detalhada nas subseções a seguir. Em todas essas etapas, as unidades espaciais de análise são células hexagonais da grade espacial H3 em resolução 8 (Brodsky, 2018).

O processamento e a visualização dos dados foram realizados em *R*. O código usado neste estudo está disponível publicamente em um repositório do GitHub,<sup>3</sup> e pode ser usado como referência para replicar o método desta pesquisa em outros contextos.

3. Disponível em: [https://github.com/ipeaGIT/access\\_uber](https://github.com/ipeaGIT/access_uber).

### 5.1 Matriz de custos monetários e de tempos de viagem por transporte público

Calcular a matriz de viagens entre origens e destinos é um passo fundamental para estimar os níveis de acessibilidade em uma determinada área. No entanto, contabilizar simultaneamente o tempo de viagem e o custo monetário em redes de transporte multimodal envolve dois desafios: o primeiro está relacionado ao fato de que a viagem entre um determinado par origem-destino pode ser realizada por várias alternativas de viagem que não são necessariamente piores do que uma alternativa supostamente “ótima”. Por exemplo, a viagem entre um ponto e outro pode ser realizada com uma viagem de metrô que é rápida, mas cara (por exemplo, uma viagem de quinze minutos que custa 10 BRL), ou com uma viagem de ônibus mais longa, embora também mais barata (por exemplo, uma viagem de quarenta minutos que custa 5 BRL). O desafio em questão trata de qual alternativa de viagem deve ser considerada ao calcular estimativas de acessibilidade. Passageiros que procuram economizar tempo podem preferir a primeira alternativa, enquanto aqueles que procuram economizar dinheiro podem optar pela segunda. Se tivéssemos omitido a primeira alternativa da matriz de viagens, teríamos concluído erroneamente que o destino seria inacessível com viagens que custam menos de 10 BRL quando, na verdade, esse não é o caso. Da mesma forma, se a segunda alternativa tivesse sido omitida, teríamos assumido erroneamente que o destino seria inacessível com viagens de menos de quarenta minutos, o que também é falso. Para superar esse problema, é preciso calcular estimativas de acessibilidade considerando o conjunto completo de alternativas de viagem, o que, por sua vez, exige que o algoritmo de roteamento encontre todas essas alternativas – o que nos leva ao segundo desafio.

O segundo desafio é que o processo de roteamento de transporte público com otimização multiobjetivo é uma tarefa complexa e computacionalmente intensa (Delling, Pajor e Werneck, 2015), especialmente porque o custo de uma viagem por transporte público pode depender da rota utilizada; ou seja, o custo de uma perna de transporte público depende das pernas que a precederam no início da viagem, o que é estabelecido pelas regras tarifárias do sistema, por exemplo quando há integrações entre linhas ou modos distintos (Conway e Stewart, 2019; Lo, Yip e Wan, 2003). Em um trabalho recente, Conway e Stewart (2019) introduziram um novo método de roteamento com otimização multiobjetivo que permite considerar restrições monetárias em viagens por transporte público. O método é capaz de encontrar, para um determinado par origem-destino, as múltiplas alternativas de viagem que são ótimas em termos de combinação de tempo e custo monetário da viagem. Portanto, o método retorna um conjunto de rotas alternativas que formam uma fronteira eficiência ótima (chamada de fronteira de Pareto), além da qual nenhuma viagem é simultaneamente mais rápida e mais barata do que as alternativas incluídas

na fronteira. Em outras palavras, o modelo encontra a viagem mais rápida para cada combinação possível de custo tarifário do sistema. Este modelo é implementado no programa de roteamento *R5*, desenvolvido pela Conveyal.

Neste trabalho, utilizamos o modelo de roteamento de Conway e Stewart (2019), disponível em *R* por meio do pacote *r5r* (Pereira *et al.*, 2021), para gerar a fronteira de Pareto de transporte público para cada par origem-destino. Calculamos essas matrizes considerando múltiplas partidas a cada minuto entre 7h e 8h, e usamos o tempo médio de viagem nessa janela para calcular os níveis de acessibilidade. Essa estratégia ajuda a mitigar eventuais vieses causados pela variação da disponibilidade de serviços de transporte público ao longo do pico da manhã (Conway, Byrd e Eggermond, 2018). As matrizes foram calculadas considerando uma velocidade de caminhada de 3,6 km/h, um tempo máximo de caminhada de trinta minutos de acesso e egresso a paradas de transporte público, e um máximo de quatro pernas de transporte público por viagem. O tempo de viagem considera toda a duração da viagem porta a porta, incluindo o tempo que leva para caminhar da origem até a parada de partida, qualquer tempo de espera e transferência que ocorra nas paradas, o tempo de viagem dentro do veículo e o tempo que leva para caminhar da parada de chegada até o destino. O custo monetário de uma viagem é a soma das tarifas pagas em cada um de seus trechos, incluindo eventuais descontos de integração tarifária que resultem do uso do bilhete eletrônico Riocard Mais, conforme apresentado na tabela 1.

## 5.2 Matriz de custos monetários e de tempos de viagem por *ride-hailing*

Uma matriz de viagens por *ride-hailing* entre todos os possíveis pares origem-destino é essencial para calcular as condições de acessibilidade que resultam do uso desses serviços, tanto como um modo utilizado sozinho quanto como um alimentador de primeira milha para o transporte público. No entanto, os dados agregados da matriz de viagens fornecida pela Uber não abrangem todas as combinações possíveis de pares origem-destino. Para preencher as lacunas dessa matriz, usamos um processo composto por várias etapas.

Primeiro, calculamos os tempos de viagem e as distâncias por automóvel durante o pico da manhã para todos os possíveis pares origem-destino utilizando os dados do Streetmap Premium e o aplicativo Network Analyst no ArcGIS Pro. Considerando os pares para os quais tínhamos dados de viagem da Uber, utilizamos um modelo de regressão linear, buscando prever os tempos e as distâncias das viagens da Uber com base nos tempos e nas distâncias de viagem por automóvel calculados com o Network Analyst ( $R^2$  de 0,82 e 0,95, respectivamente). Os coeficientes derivados desses modelos foram então utilizados para estimar as prováveis distâncias e os tempos que as viagens

de *ride-hailing* levariam para percorrer o trajeto entre pares origem-destino ausentes do conjunto de dados original da Uber. Em seguida, usamos uma regressão semelhante para prever o custo monetário das viagens da Uber com base na sua duração e distância ( $R^2$  de 0,96), e usamos esses coeficientes para estimar o custo das viagens entre pares ausentes do conjunto de dados fornecido pela Uber. O valor de R\$ 5 foi imputado manualmente nos casos em que o custo previsto da viagem foi inferior a R\$ 5, sendo esta considerada a tarifa mínima da Uber no Rio de Janeiro em 2019.

Os tempos de viagem listados no conjunto de dados da Uber e estimados por meio da regressão linear incluem apenas o tempo dentro do veículo. Para calcular corretamente a duração de uma viagem porta a porta, temos também que adicionar o tempo de espera no início da viagem (desde a requisição da viagem até a chegada do veículo) ao tempo previamente disponibilizado ou calculado. Para isso, somamos o tempo médio de espera em cada origem, conforme informado nos dados fornecidos pela Uber, aos tempos de viagem entre cada par origem-destino. Esta é uma etapa crucial para estimar a acessibilidade por transporte por aplicativo, uma vez que as regiões da cidade com menor oferta de motoristas terão, em média, tempos de espera mais elevados – contribuindo para piores condições de acessibilidade. Por uma questão de simplicidade, o cálculo do tempo total de viagem pressupõe que não há caminhada antes do embarque e após a chegada. Hexágonos cujos dados de tempo de espera estavam ausentes do conjunto por razões de privacidade tiveram seu tempo de espera estimado como a média do tempo de espera de seus vizinhos.

Finalmente, juntamos nossa matriz de viagens por *ride-hailing* com uma matriz de viagens a pé, calculada com o r5r, para construir uma fronteira de Pareto entre todas as combinações de origens e destinos que considere tanto viagens exclusivamente a pé quanto exclusivamente por aplicativo. Isso é importante para garantir que consideremos como acessíveis aqueles destinos que poderiam ser alcançados a pé, mesmo quando estes não seriam alcançados por viagens de aplicativo ao considerarmos limites monetários que impedissem a realização da viagem.

### **5.3 Matriz de custos monetários e de tempos de viagem usando *ride-hailing* como primeira-milha**

Para o cálculo das matrizes de viagem combinando transporte por aplicativo e transporte público, consideramos que o primeiro trecho das viagens seria realizado por *ride-hailing* e o restante por transporte público. Consideramos apenas trechos de primeira milha com destino a estações de corredores de transporte público de média e alta capacidade, que incluem os sistemas de metrô, trem e BRT no Rio.



Para calcularmos essa matriz, seguimos um método de quatro etapas. Primeiro, calculamos o tempo e o custo monetário de viagens por *ride-hailing* a partir de cada origem com destino a todos os hexágonos contendo estações de transporte público de média e alta capacidade. Em seguida, unimos esse conjunto de dados à fronteira de Pareto composta por viagens de transporte público partindo de todas as estações de corredores de média e alta capacidade para todos os destinos da cidade. Aqui, tivemos que utilizar vários horários de partida por transporte público para levar em consideração o horário de chegada da perna de primeira milha à estação de transporte público. Por exemplo, se uma viagem por aplicativo chegasse a uma estação de metrô às 7h15, precisamos considerar apenas as viagens de metrô que partem da mesma estação a partir das 7h15.

Em seguida, calculamos o tempo total e o custo monetário de cada viagem, somando os tempos de viagem e os custos monetários da primeira milha por *ride-hailing* e do trecho por transporte público. Nos casos em que existiam várias alternativas de viagem entre um par origem-destino (por exemplo, para ir do ponto A ao B, podia-se passar pelas estações de transporte público X ou Y), mantivemos apenas as alternativas ótimas em termos da combinação de tempo de viagem e custo monetário. Em outras palavras, calculamos uma fronteira de Pareto composta de viagens cuja primeira milha era realizada por *ride-hailing* e o resto por transporte público. Finalmente, combinamos essa fronteira da integração entre *ride-hailing* e transporte público com a fronteira de Pareto apenas por transporte público. Como resultado, a fronteira de Pareto por *ride-hailing* e transporte público utilizada no trabalho também inclui viagens de transporte público cujo acesso às paradas foi realizado a pé caso estas não sejam dominadas por viagens que incluem *ride-hailing* como modo de primeira milha – seja por causa de custos monetários menores (geralmente o caso), ou devido a tempos de viagem mais rápidos.

#### 5.4 Estimativas de acessibilidade

Para calcular os níveis de acessibilidade, utilizamos medidas de oportunidade cumulativas que simultaneamente consideram limites de tempo de viagem e de custos monetários. Os níveis de acessibilidade foram calculados de duas maneiras distintas. Primeiramente, foram considerados os custos monetários absolutos, conforme descrito nas equações (1), (1.1) e (1.2).

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_j \times \max_{k \in K} (f(t_{ijk}) \times g(c_{ijk})), \quad (1)$$

$$f(t_{ijk}) = 1, \text{ if } t_{ijk} \leq T; 0, \text{ if } t_{ijk} > T, \quad (1.1)$$

$$g(c_{ijk}) = 1, \text{ if } c_{ijk} \leq C; 0, \text{ if } c_{ijk} > C, \quad (1.2)$$

em que  $A_i$  é a acessibilidade aos empregos na origem  $i$ ,  $O_j$  é o número de empregos no destino  $j$ ,  $K$  é o conjunto total de rotas entre a origem  $i$  e o destino  $j$ ,  $t_{ijk}$  é o tempo de viagem da rota  $k$  entre a origem  $i$  e o destino  $j$ ,  $T$  é o limite de tempo de viagem,  $f(t_{ijk})$  é uma função binária que retorna valores 0 ou 1 com base no tempo de viagem,  $c_{ijk}$  é o custo monetário absoluto da rota  $k$  entre a origem  $i$  e o destino  $j$ ,  $C$  é o limite de custo monetário absoluto,  $g(c_{ijk})$  é uma função binária que retorna valores 0 ou 1 com base no custo monetário absoluto, e  $c_{ijk}$  é o custo absoluto da rota  $k$  entre a mesma origem  $i$  e o destino  $j$ .

Como o peso do custo monetário sobre o orçamento de uma pessoa varia entre indivíduos de baixa e alta renda, também calculamos a acessibilidade considerando os custos monetários em relação à renda *per capita* na origem da viagem, conforme descrito nas equações (2), (2.1) e (2.2). Isso foi feito considerando o que seria o custo mensal de transporte de um indivíduo caso ele optasse por usar a mesma rota para realizar seus deslocamentos casa-trabalho em todos os dias úteis do mês em proporção à sua renda mensal, calculada como a renda *per capita* do hexágono de origem da viagem.<sup>4</sup> Assumindo 22 dias úteis em um mês, o custo mensal relativo de uma viagem é dado pela equação (2.2).

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_j \times \max_{k \in K} (f(t_{ijk}) \times h(b_{ijk})), \quad (2)$$

$$h(b_{ijk}) = 1, \text{ if } h(b_{ijk}) \leq B; 0, \text{ if } h(b_{ijk}) > B, \quad (2.1)$$

$$b_{ijk} = \frac{c_{ijk} \times 2 \times 22}{I_i} \quad (2.2),$$

em que  $h(b_{ijk})$  é uma função binária que retorna valores 0 ou 1 com base no custo mensal relativo,  $b_{ijk}$  é o custo mensal relativo de uma viagem com a rota  $k$  entre a origem  $i$  e o destino  $j$  em termos do orçamento mensal de uma pessoa,  $B$  é o limite de custo mensal relativo, e  $I_i$  é a renda mensal *per capita* na origem  $i$ .

As principais vantagens de uma medida de oportunidades cumulativas são sua facilidade de comunicação, operacionalização e interpretação (Geurs e van Wee, 2004). No entanto, essas medidas são frequentemente criticadas pela necessidade de estabelecer limites de custo arbitrários, por ignorar quaisquer atividades fora desses limites e pelo

4. O cálculo desses custos mensais como porcentagem da renda *per capita* em uma determinada região implica o pressuposto de que a renda domiciliar é compartilhada uniformemente por cada membro de uma família. Na prática, porém, a renda total de uma família não é compartilhada uniformemente por seus indivíduos, com alguns membros exigindo orçamentos maiores para realizar suas atividades, tais como viagens ao trabalho. A falta de dados nos impede de calcular custos mensais relativos considerando o tamanho e o número de membros economicamente ativos em cada domicílio, razão pela qual optamos por esta simplificação.

fato de que todas as atividades dentro dos limites são consideradas igualmente alcançáveis (Geurs e van Wee, 2004; Pereira, 2019). Para mitigar esse problema, utilizamos várias combinações de limites selecionados a partir de três distribuições distintas: os pontos de corte de tempo de viagem variam de um minuto a noventa minutos, a cada um minuto (1, 2, 3, ..., 88, 89, 90); os cortes de custos monetários absolutos variam de R\$ 0 a R\$ 24 a cada R\$ 0,05 (R\$ 0,0, R\$ 0,05, R\$ 0,10, ..., R\$ 23,90, R\$ 23,95, R\$ 24,0); os cortes dos custos monetários relativos variam de 0% a 40%, a cada 1% (0%, 1%, 2%, ..., 38%, 39%, 40%).

Por uma questão de brevidade, os resultados deste estudo destacam apenas alguns dos limites retirados dessas distribuições. Quando focamos em um único limite temporal, optamos por usar o limite de tempo de viagem de sessenta minutos, valor próximo ao tempo médio de viagem casa-trabalho por transporte público no Rio (cinquenta e sete minutos) e que captura os resultados para viagens moderadamente longas. Os limites de custos monetários absolutos escolhidos foram de R\$ 6, R\$ 12, R\$ 18 e R\$ 24, o que abrange potenciais viagens por transporte público e por aplicativo com durações e custos distintos, variando desde um pouco acima da tarifa mínima da Uber no Rio (R\$ 5) até viagens moderadamente caras (R\$ 24). Por fim, os limites de custos monetários relativos escolhidos foram de 10%, 20%, 30% e 40%, o que nos permite analisar o impacto de restrições orçamentárias distintas sobre a distribuição dos níveis de acessibilidade na cidade.

## 6 RESULTADOS

O cálculo da fronteira de Pareto de tempo de viagem e custo monetário para todos os pares origem-destino no Rio nos permite estimar o número médio de empregos acessíveis na cidade, considerando todas as combinações possíveis de limites temporais e monetários. O resultado dessa operação é uma superfície de Pareto que representa o número médio de empregos acessíveis calculados a partir do conjunto de viagens que otimizam as combinações de tempo e dinheiro entre cada par origem-destino (gráfico 1).

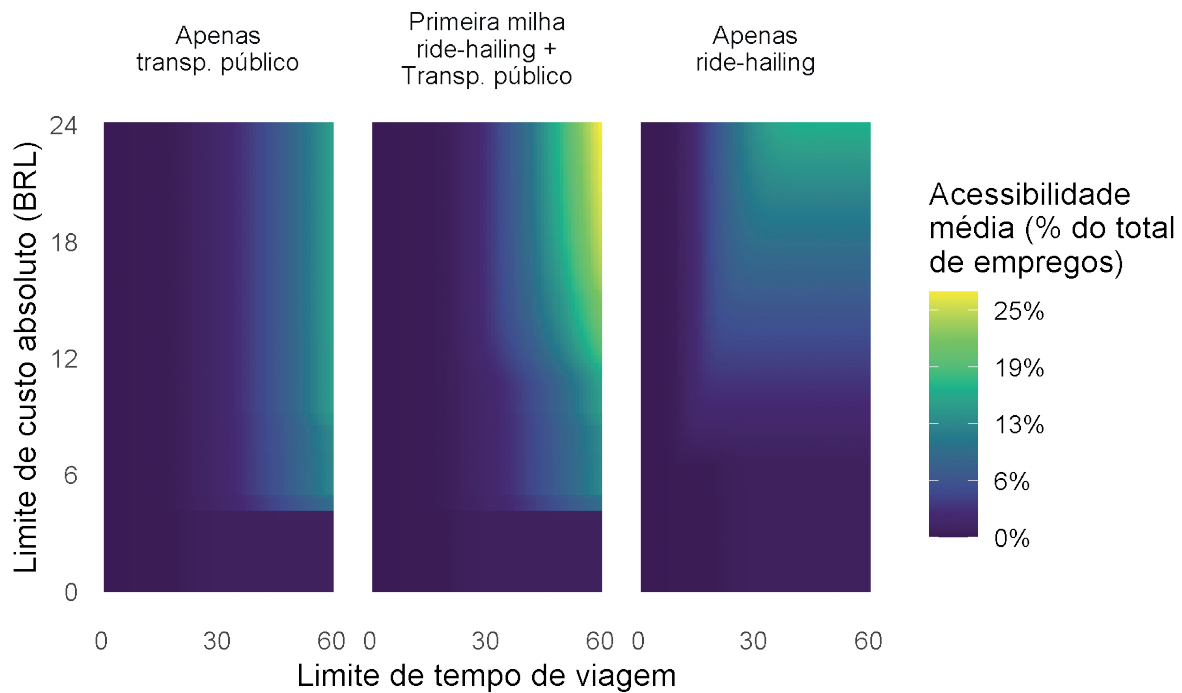
Os resultados mostram que, uma vez que o passageiro consegue pagar uma passagem de ônibus de cerca de R\$ 4, os níveis médios de acessibilidade considerando apenas o transporte público são fundamentalmente influenciados pelo tempo de viagem. Acima desse valor, os níveis médios de acessibilidade quase não são afetados por bilhetes de transporte público mais caros, mesmo que eles permitam utilizar modos mais rápidos, como o trem e o metrô. A exceção a isso se dá em torno de R\$ 8 e R\$ 9, valores com os quais os passageiros passam a conseguir fazer transferências entre modos, como os ônibus, metrô e trem. A dominância dos efeitos dos limites de tempo de viagem ante os de custo monetário sobre os níveis de acessibilidade ocorre em grande parte porque o Rio de Janeiro usa um sistema de tarifa “fixa”, no qual os preços permanecem constantes

independentemente da distância ou do tempo percorrido. Os resultados considerando apenas viagens de *ride-hailing*, por sua vez, mostram que o custo monetário exerce uma influência mais forte do que o tempo sobre os níveis de acessibilidade por esse modo de transporte: quanto mais cara a viagem de *ride-hailing*, mais longe se pode ir com ela. Esses resultados também mostram que os benefícios de acessibilidade das viagens apenas por transporte por aplicativo se tornam mais salientes a custos mais altos, acima de R\$ 15, enquanto os benefícios de acessibilidade somente por transporte público já alcançam patamares significativos mesmo quando consideradas viagens relativamente baratas de até R\$ 5. Finalmente, o gráfico 1 também mostra como o uso de *ride-hailing* como uma conexão de primeira milha com o transporte público pode expandir significativamente a acessibilidade ao emprego para os usuários de transporte público. Os ganhos marginais de acessibilidade para cada R\$ 1 adicional tornam-se muito mais evidentes do que no cenário apenas por transporte público, e os níveis de acessibilidade com baixos limites monetários também permanecem muito mais altos do que quando consideradas viagens apenas por *ride-hailing*.

Embora a superfície de Pareto possa nos ajudar a visualizar os impactos marginais do tempo de viagem e do custo monetário sobre os níveis médios de acessibilidade, ela torna difícil analisar e comparar as condições de acessibilidade em recortes individuais de custo e tempo. Assim, para facilitar a interpretação e a comparação dos resultados, as análises subsequentes são apresentadas utilizando combinações específicas de limites temporais e monetários.

**GRÁFICO 1**

**Superfície de Pareto com o número médio de empregos acessíveis para cada combinação de tempo de viagem e custo monetário**



Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

### 6.1 Distribuição espacial da acessibilidade

A figura 1 apresenta a distribuição espacial do acesso a empregos em até sessenta minutos de viagem, considerando múltiplos limites de custo monetário para viagens apenas por transporte público, apenas por *ride-hailing* e com a integração entre *ride-hailing* e transporte público. Os mapas da figura 1 mostram uma nítida divisão leste-oeste, na qual os residentes do lado leste da cidade têm maiores níveis de acessibilidade. Este padrão pode ser explicado pela grande concentração de empregos e serviços de transporte público perto do centro da cidade (mapa 1).

Os mesmos mapas também mostram diferenças marcantes nos níveis de acessibilidade, provocadas pelas distintas alternativas de modos de transporte. O sistema de transporte público proporciona níveis de acessibilidade relativamente altos ao longo dos corredores de transporte de alta capacidade, mesmo a custos monetários baixos, se comparados aos do transporte por aplicativo. Um orçamento de R\$ 6 por viagem é suficiente para pagar uma viagem de ônibus (com potenciais transferências para

outros ônibus e BRTs), de trem ou de metrô, sem qualquer limite de tempo de viagem. Comparado ao uso do *ride-hailing* como único modo, a configuração da rede de transporte público resulta em maiores níveis de acessibilidade em áreas mais distantes do centro da cidade, mostrando que, no Rio, o transporte público de alta capacidade pode atender grupos populacionais que vivem na periferia da cidade a custos relativamente baixos. No entanto, gastos mais elevados com transporte público levam a baixos ganhos de acessibilidade, especialmente se comparados aos ganhos obtidos com as demais alternativas de transporte analisadas.

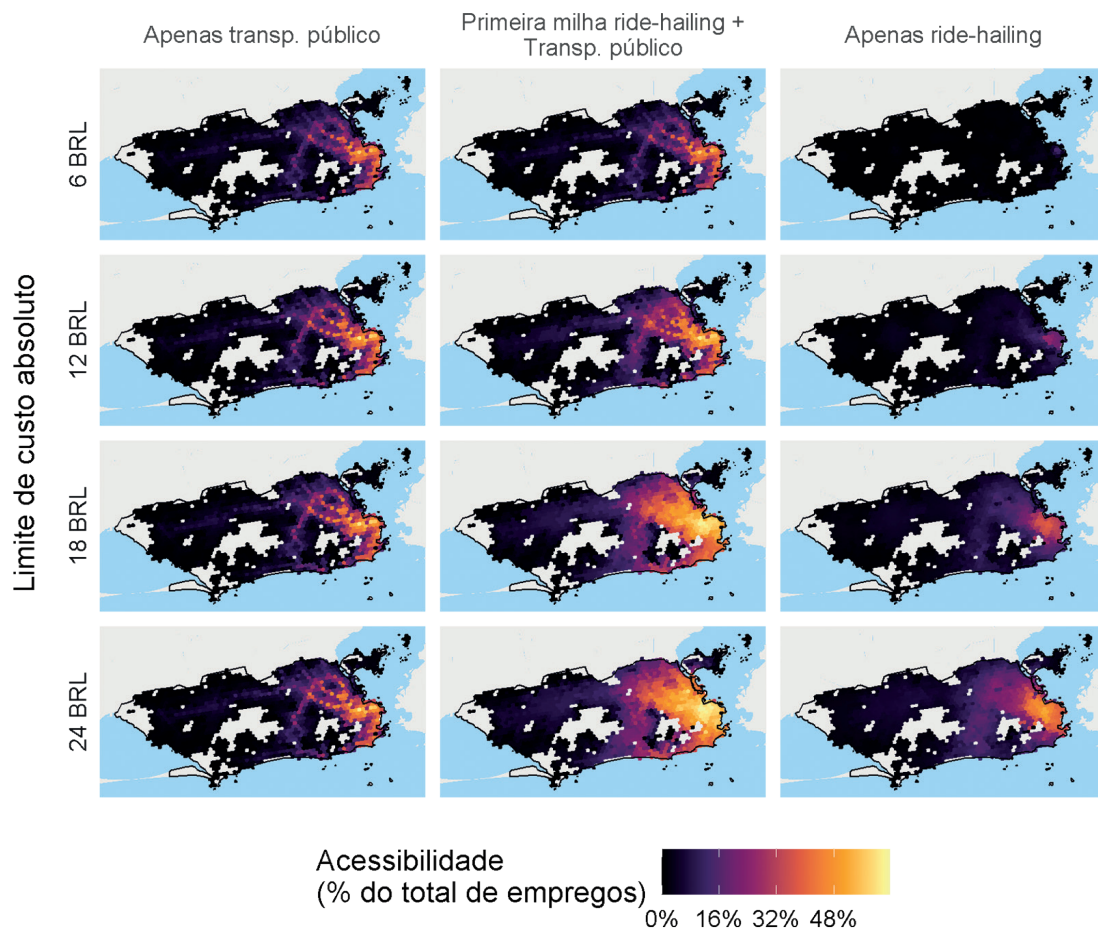
A acessibilidade promovida por serviços de *ride-hailing*, por sua vez, é fortemente impactada por restrições de custo monetário. Um orçamento de R\$ 6 por viagem permite que o passageiro acesse apenas os empregos nas proximidades imediatas do ponto de origem da viagem, resultando em níveis de acessibilidade muito baixos. O número de empregos acessíveis, no entanto, consistentemente aumenta com o relaxamento das restrições monetárias. O fato de altos níveis de acessibilidade não se estenderem para além do centro da cidade, mesmo a custos mais altos, indica que o transporte por aplicativo sozinho é muito limitado em promover acesso a oportunidades de emprego quando consideradas viagens de até R\$ 24.

A figura 1 também mostra os potenciais benefícios da combinação de transporte por aplicativo e transporte público. O primeiro pode expandir o alcance do segundo para muito além das imediações de suas estações quando usado como serviço de alimentação sob demanda. No entanto, os ganhos de acessibilidade que resultam dessa combinação estão condicionados a maiores gastos monetários. Considerando um orçamento relativamente baixo de R\$ 6, os níveis de acessibilidade promovidos pela integração do *ride-hailing* com o transporte público permanecem inalterados, se comparados com os níveis que resultam do uso do transporte público sozinho. No entanto, orçamentos mais altos permitem a realização de viagens que resultam em ganhos de acessibilidade em áreas ao redor dos principais corredores de transporte público. Nessas áreas, serviços de *ride-hailing* podem se conectar às redes de BRT, trens e metrô mais rapidamente do que lentas linhas alimentadoras de ônibus e longas caminhadas até as estações.



**FIGURA 1**

**Distribuição espacial do acesso ao emprego por diferentes alternativas de modos de transporte em até sessenta minutos de viagem, considerando múltiplos limites de custos monetários – Rio de Janeiro (2019)**



Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

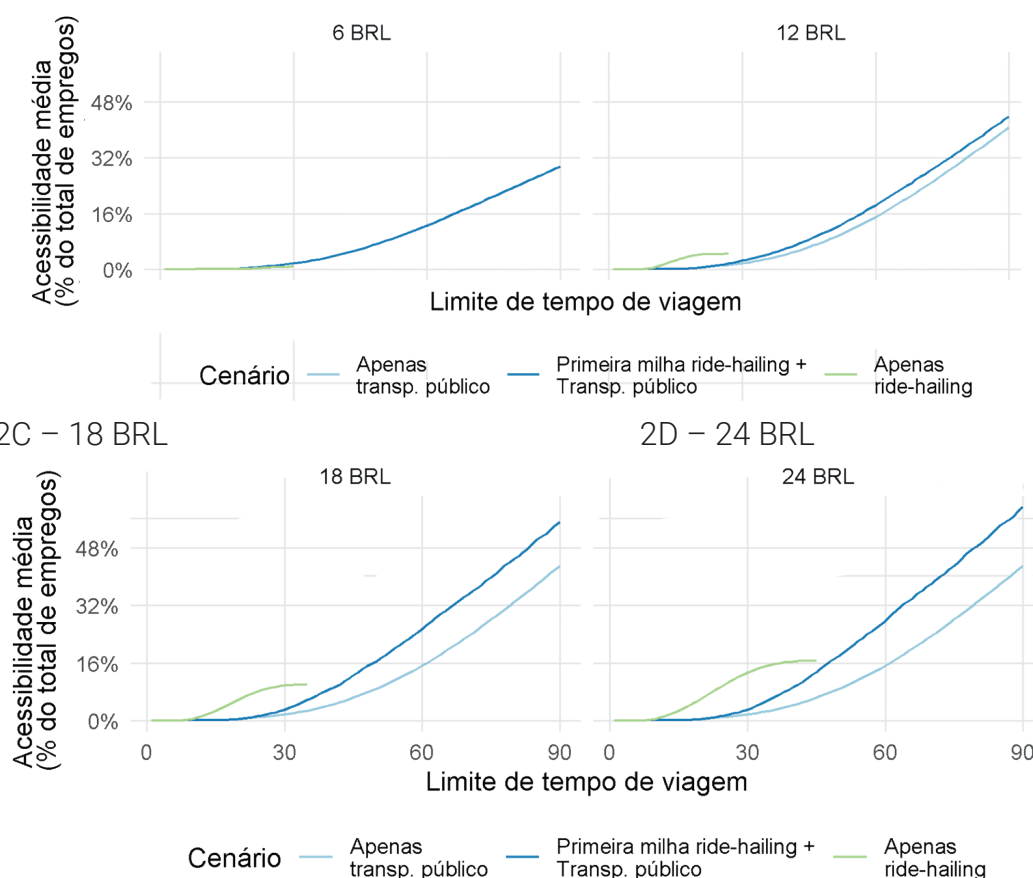
## 6.2 Níveis médios de acessibilidade por modo de transporte e nível de renda

Os mapas da figura 1 mostram um retrato da distribuição de acessibilidade para um único limite de tempo de viagem (sessenta minutos). A escolha arbitrária desse limite, no entanto, pode impactar os resultados e as conclusões das análises de acessibilidade (Pereira, 2019), problema que buscamos mitigar ao considerar vários pontos de corte de tempo de viagem em nossas análises. O gráfico 2 mostra como os níveis médios de acessibilidade variam de acordo com o modo de transporte e as diferentes combinações de limites de custo monetário absoluto e tempo de viagem.

**GRÁFICO 2****Acessibilidade ao emprego, média por modo de transporte para diferentes combinações de tempo de viagem e custo monetário absoluto – Rio de Janeiro (2019)**

2A – 6 BRL

2B – 12 BRL



Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Esses resultados reafirmam que um orçamento de R\$ 6 por viagem não é suficiente para que passageiros de *ride-hailing* obtenham benefícios de acessibilidade com o uso deste modo de forma isolada, devido às curtas distâncias que podem ser percorridas gastando esse valor. A vantagem do transporte por aplicativo fica mais clara com orçamentos mais altos (R\$ 12 em diante). Nesses casos, viagens curtas de *ride-hailing* são capazes de fornecer níveis de acessibilidade muito mais altos do que viagens de mesma duração realizadas por transporte público graças às suas velocidades mais altas e tempos de acesso mais baixos. Por exemplo, considerando um limite de tempo de viagem de trinta minutos e limites de custo monetário de R\$ 18 e R\$ 24, a acessibilidade média por *ride-hailing* é cinco e sete vezes maior do que por transporte

público, respectivamente. Restrições de custo, no entanto, limitam as vantagens a viagens curtas: o custo das viagens de *ride-hailing*, diferentemente do custo das viagens de transporte público no Rio, aumenta com sua distância, tornando as viagens longas mais caras do que os limites monetários considerados na análise. Consequentemente, a acessibilidade que resulta da utilização do transporte por aplicativo de forma isolada atinge um teto em limites temporais relativamente baixos, enquanto a acessibilidade por transporte público cresce continuamente com o aumento da duração da viagem.

As vantagens de combinar o transporte por aplicativo com o transporte público tornam-se mais evidentes à medida que o limite de custo aumenta. A partir da marca de trinta minutos em diante, aproximadamente, a curva de acessibilidade por serviço de *ride-hailing* combinado com transporte público se desprende e permanece consistentemente mais alta do que a curva de acessibilidade somente por transporte público. Os benefícios de acessibilidade de usar o transporte por aplicativo como um alimentador de primeira milha tornam-se mais proeminentes quando viagens mais caras são levadas em conta, como fica claro pela maior diferença entre a curva de serviço de *ride-hailing* combinado com o transporte público e a curva só de transporte público. Considerando um limite temporal de sessenta minutos, por exemplo, o uso do *ride-hailing* como alimentador de primeira milha amplia a acessibilidade média de emprego dos usuários de transporte público em aproximadamente 61% e 75% quando levadas em conta viagens de até R\$ 18 e R\$ 24, respectivamente.

Os resultados até aqui mostram como os custos monetários absolutos afetam os níveis de acessibilidade a empregos, mas não levam em conta o peso desses custos na renda das pessoas. O custo acumulado de viagens diárias, no entanto, pode impor significativas barreiras financeiras aos passageiros, especialmente em uma cidade com altos níveis de pobreza, como o Rio. O uso do transporte por aplicativo para ir e voltar do trabalho diariamente, seja como o único modo de transporte ou como alimentador de primeira milha para o transporte público, pode não ser viável para uma grande parte da população. Assim, é importante avaliar as condições de acessibilidade considerando as restrições monetárias não apenas em termos absolutos, mas também em termos relativos à renda das pessoas.

O gráfico 3 mostra como os níveis médios de acessibilidade no Rio de Janeiro variam conforme o modo de transporte e as diferentes combinações de limites de custo mensal relativo e tempo de viagem. Como as análises agregadas mascaram diferenças



Os níveis de acessibilidade dos mais ricos, mostrados em linhas sólidas, seguem um padrão semelhante aos níveis médios de acessibilidade de toda a população, mas em patamares muito mais elevados. Com viagens de até noventa minutos e que podem comprometer até 40% de sua renda, eles podem acessar aproximadamente 76% de todos os empregos na cidade. Como hipotetizado anteriormente, o uso de serviços de *ride-hailing*, tanto isoladamente quanto como modo de primeira milha, produz benefícios de acessibilidade muito maiores para os cidadãos mais ricos do que para a população como um todo. Os mais ricos conseguem fazer viagens de *ride-hailing* mais caras e mais longas do que o resto da população, aumentando significativamente sua capacidade de acessar empregos em um determinado limite de tempo.

As condições de acessibilidade dos mais pobres (linhas tracejadas do gráfico 3), por sua vez, são notavelmente diferentes. Gastos com transporte de até 20% de suas rendas mensais mal resultam em benefícios de acessibilidade, que só se tornam mais perceptíveis quando se consideram viagens que comprometem até 30% de suas rendas com deslocamentos casa-trabalho. Outra diferença importante é que a curva de serviço de *ride-hailing* combinado com o transporte público e a curva somente de transporte público nunca se separam uma da outra, o que significa que o uso de serviços de *ride-hailing* primeira milha para o transporte público não gera ganhos de acessibilidade ao emprego para pessoas de baixa renda. Na verdade, os moradores entre os 40% mais pobres do Rio mal podem pagar pelo transporte público em si, o que torna viagens de primeira milha de *ride-hailing* proibitivamente caras. O uso do transporte por aplicativo como único modo de viagem é igualmente impraticável, visto que a sua tarifa mínima é mais cara do que a maioria das tarifas de transporte público e que seus custos de viagem aumentam muito rapidamente com as distâncias.

### **6.3 Ganhos de acessibilidade com a integração entre transportes por aplicativo e público**

Agora analisamos os potenciais ganhos de acessibilidade do uso de *ride-hailing* como serviço de primeira milha para o transporte público de alta capacidade, bem como a distribuição desses benefícios tanto no espaço quanto entre a população. A figura 2 mostra, para diferentes áreas do Rio, quantos empregos a mais poderiam ser alcançados em até sessenta minutos de viagem combinando *ride-hailing* com transporte público em comparação com viagens apenas por transporte público.

Considerando custos monetários absolutos (figura 2A), significativos ganhos de acessibilidade podem ser observados em toda a cidade quando consideradas viagens que custam até R\$ 12. Esses ganhos são mais elevados no entorno dos corredores de trem e BRT, que se concentram no norte e em direção ao oeste do município, e muito

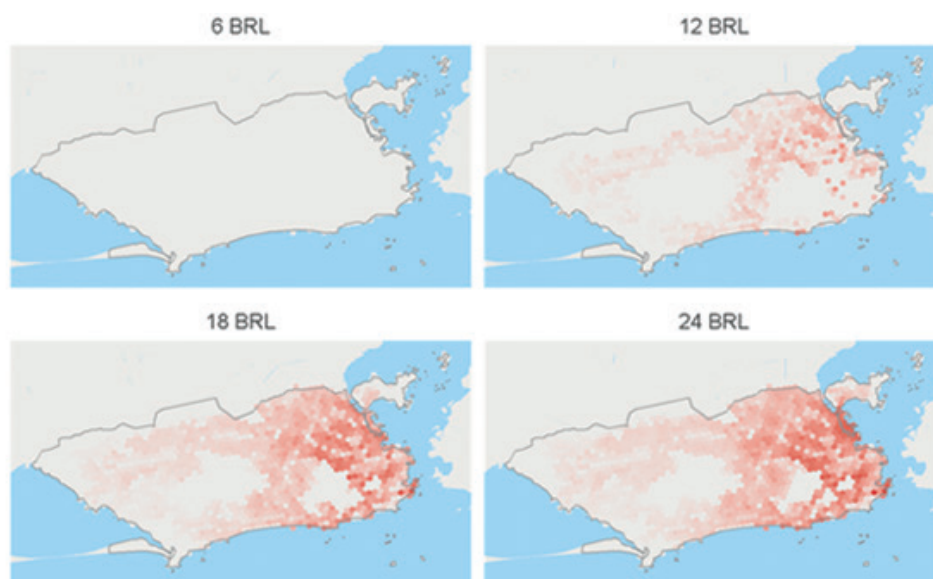
limitados nas regiões ao sul e a sudeste da cidade, onde alguns dos bairros mais ricos estão localizados. Nesses bairros de alta renda, os benefícios de acessibilidade que resultam da combinação de *ride-hailing* com transporte público só se tornam mais proeminentes quando se consideram viagens mais caras. Isso é explicado pelo fato de que estas áreas têm níveis de acessibilidade relativamente altos mesmo sem considerar os serviços de *ride-hailing*, pois são bem servidas de transporte público, especialmente o metrô. Quando o peso relativo do custo de transporte no orçamento pessoal dos passageiros é levado em conta, no entanto (figura 2B), a distribuição espacial dos potenciais ganhos de acessibilidade é significativamente alterada. Neste caso, os cidadãos de baixa renda localizados nas regiões norte e oeste da cidade mal se beneficiam do *ride-hailing* em trechos de primeira milha para o deslocamento casa-trabalho, pois não conseguem arcar com seus custos. Enquanto isso, os ganhos de acessibilidade se concentram principalmente em bairros de alta renda no sul e perto do centro da cidade.



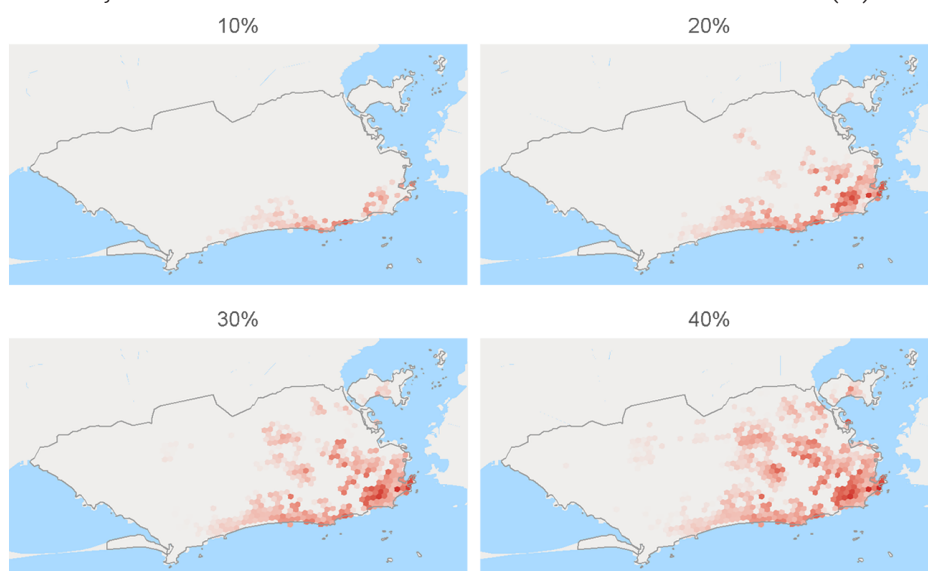
**FIGURA 2**

**Ganhos de acessibilidade que resultam da combinação do transporte por aplicativo com o transporte público em comparação com o uso somente do transporte público, considerando um limite de tempo de viagem de sessenta minutos e múltiplos limites – Rio de Janeiro (2019)**

2A – Diferença de acessibilidade: limite de custo em termos absolutos (R\$)



2B – Diferença de acessibilidade: limite de custo relativo à renda (%)



Diferença de acessibilidade (% do total de empregos)

0% 13% 25% 38% 51%

Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

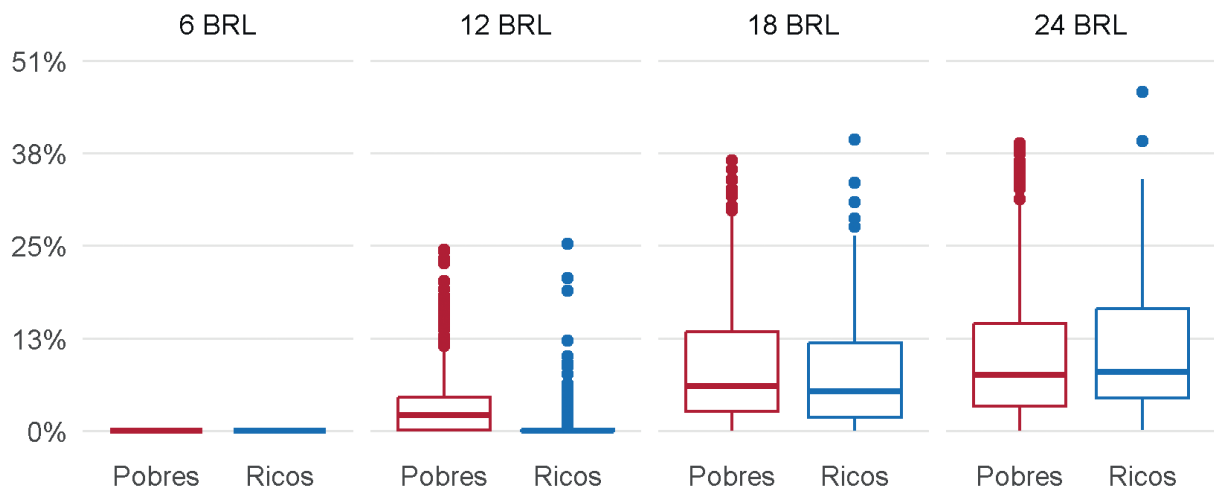
Para demonstrar como as diferenças de acessibilidade entre grupos de renda são afetadas por essas distribuições espaciais, o gráfico 4 apresenta a distribuição dos ganhos de acessibilidade entre indivíduos de alta e baixa renda (os 10% mais ricos e os 40% mais pobres, respectivamente). O gráfico 4A mostra que as comunidades de baixa renda poderiam potencialmente obter grandes benefícios de acessibilidade dos serviços de *ride-hailing*. No entanto, as grandes restrições orçamentárias dos indivíduos que compõem essas comunidades fazem com que esses ganhos sejam quase totalmente eliminados (gráfico 4B). Isso sugere que serviços de *ride-hailing* ou de transporte público sob demanda com roteamento dinâmico (*microtransit*) poderiam beneficiar bairros de baixa renda caso as barreiras financeiras fossem aliviadas.

**GRÁFICO 4**

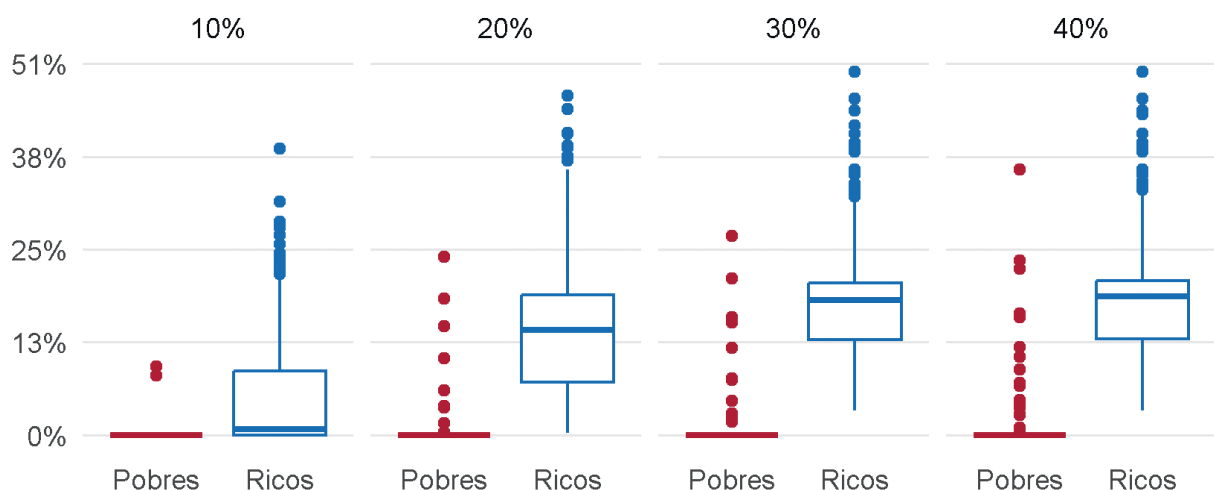
**Distribuição dos ganhos de acessibilidade ao emprego que resultam da combinação do transporte por aplicativo com o transporte público em comparação com o uso somente do transporte público para diferentes grupos de renda, considerando um limite de tempo de viagem de sessenta minutos e múltiplos limites – Rio de Janeiro (2019)**

(Em % total de empregos)

4A – Diferença de acessibilidade: limites de custo em termos absolutos



4B – Diferença de acessibilidade: limite de custo relativo à renda (%)



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. A população mais rica foi definida como aqueles entre os 10% da população com maior renda, enquanto os mais pobres foram definidos como aqueles entre os 40% com a menor renda.

2. Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Em resumo, nossos resultados ilustram como as diferenças de acessibilidade entre grupos populacionais no Rio de Janeiro são em grande parte moldadas pelas altas desigualdades socioeconômicas e espaciais observadas na cidade. Embora a integração dos serviços de transporte por aplicativo com o transporte público no Rio possa levar a significativos ganhos de acessibilidade a certos grupos populacionais, barreiras financeiras limitam quem consegue se beneficiar desses serviços em deslocamentos casa-trabalho. Como resultado, o transporte por aplicativo se mostra uma solução de mobilidade insuficiente para melhorar o transporte público e reduzir a exclusão social – particularmente no contexto do Sul Global, onde muitas cidades enfrentam altas taxas de pobreza.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo examina como o transporte por aplicativo influencia as diferenças espaciais e socioeconômicas na acessibilidade a empregos no Rio de Janeiro, levando em conta o *trade-off* entre o tempo de viagem e o custo monetário e considerando o transporte por aplicativo tanto como um modo isolado quanto como um modo integrado ao transporte público. Nossos resultados indicam que o uso do transporte por aplicativo de forma isolada é capaz de oferecer maiores níveis de acessibilidade ao emprego do que o uso do transporte público quando consideradas viagens de até quarenta minutos, e que o uso de *ride-hailing* como um alimentador de primeira milha para o transporte público pode levar a significativos ganhos de acessibilidade ao emprego quando consideradas viagens de pelo menos trinta minutos.

Em ambos os casos, no entanto, os ganhos de acessibilidade do transporte por aplicativo têm custos relativamente altos. Esses ganhos tornam-se perceptíveis quando olhamos para custos de viagem de R\$ 12 ou mais, valores considerados caros em comparação às tarifas de transporte público. Como resultado, quando analisamos o impacto desses custos no orçamento individual da população, considerando que cada pessoa poderia comprometer entre 10% e 40% de sua renda mensal em custos de deslocamento casa-trabalho, constatamos que os benefícios de acessibilidade dos serviços de transporte por aplicativo se limitam basicamente às pessoas de alta renda. Como os preços das tarifas de transporte público no Rio de Janeiro são fixos, independentemente das distâncias percorridas, o transporte público se torna substancialmente mais barato do que o transporte por aplicativo e, portanto, mais capaz de atender às necessidades das populações de baixa renda, a maioria das quais vive na periferia da cidade e faz viagens casa-trabalho mais longas.

Esses resultados mostram que os serviços de *ride-hailing* podem moldar de forma significativa o acesso às oportunidades nas cidades. Entretanto, nossas evidências

sugerem que estes serviços não oferecem uma alternativa equitativa aos sistemas de transporte público – nem isoladamente nem quando combinados com o transporte público. Embora as empresas de mobilidade por aplicativo possam ajudar a preencher as lacunas deixadas pela rede de transporte público, os potenciais benefícios de acessibilidade provenientes do uso do *ride-hailing* para as pessoas que de fato dependem do transporte público são bastante limitados, uma vez que elas são em grande maioria de baixa renda e encontram nos custos monetários uma crítica barreira para a adoção desse modo. Isto sugere que o crescimento da mobilidade por aplicativo potencialmente contribui para o aumento dos níveis de desigualdade de acessibilidade no Rio.

Este estudo também mostra como as estimativas de acessibilidade podem variar muito em função de diferentes combinações de limites de tempo de viagem e custo monetário. Os resultados chamam a atenção para uma questão metodológica mais ampla, sobre até que ponto as estimativas de acessibilidade e as análises de equidade podem ser sensíveis às maneiras como pesquisadores e analistas incorporam esses dois custos aos cálculos de acessibilidade. Estudos anteriores mostram que, ao ignorar custos monetários, pesquisadores tendem a superestimar a acessibilidade dos grupos de baixa renda, o que pode levar a níveis subestimados de pobreza e desigualdade de acessibilidade (Herszenhut *et al.*, 2022; Liu e Kwan, 2020). No entanto, até mesmo as estimativas que consideram custos monetários podem gerar resultados pouco precisos se pesquisadores seguirem as práticas comumente adotadas de utilizar funções generalizadas de custo de viagem, e de levar em conta apenas as viagens mais rápidas e caras entre pares origem-destino (Conway e Stewart, 2019).

Este estudo ilustra como a utilização de modelos de roteamento multiobjetivo para calcular as fronteiras de Pareto de tempo de viagem e custo monetário pode ser uma forma promissora de contabilizar os *trade-offs* entre tempo e custo em pesquisas de acessibilidade urbana. Do ponto de vista da equidade nos transportes, levar este *trade-off* em consideração é particularmente importante, especialmente em contextos com grandes desigualdades sociais e econômicas. Entretanto, o uso das fronteiras de Pareto para estimar a acessibilidade ainda é algo muito recente na literatura, e novas pesquisas são necessárias para investigar como outros tipos de medidas de acessibilidade, como medidas baseadas em modelos gravitacionais e baseadas em pessoas e utilidade, podem ser usadas para entender o *trade-off* entre tempo e custo monetário. Esperamos que a função de fronteira de Pareto implementada em R no pacote *r5r* possa auxiliar algumas dessas pesquisas.

De uma perspectiva de política pública, os resultados deste estudo indicam que grandes ganhos de acessibilidade poderiam ser alcançados por políticas que promovam a integração entre o transporte público e alguma forma de serviço de transporte

sob demanda de baixa capacidade com roteirização dinâmica. Diferentes agências de transporte público nos Estados Unidos vêm firmando parcerias com empresas de serviços de *ridesharing* e de *microtransit* com roteirização dinâmica para fornecer um meio eficiente para servir bairros com baixa densidade populacional com conexões de primeira e última milha ao transporte de média e alta capacidade, potencialmente melhorando as condições de acessibilidade e aumentando a demanda por transporte público (Curtis *et al.*, 2019; Schwieterman e Livingston, 2019). No entanto, os resultados do nosso estudo de caso no Rio de Janeiro vão ao encontro de trabalhos anteriores (Brown, Manville e Weber, 2021; Palm *et al.*, 2021) ao mostrar que políticas que tentam integrar *ride-hailing* ao transporte público dificilmente trarão algum benefício para as comunidades de baixa renda se não forem acompanhadas de alguma forma de subsídio tarifário. Isto poderia ser feito, por exemplo, com um sistema de pagamento integrado que ofereceria descontos tarifários para transferências entre viagens por aplicativo e por transporte público em algumas estações de transporte público.

Este estudo analisou a acessibilidade ao emprego considerando os custos diários de deslocamentos casa-trabalho de viagens com um único passageiro. Levando em conta que os custos da viagem de transporte por aplicativo poderiam ser compartilhados entre mais passageiros, uma análise de cenários em que duas ou mais pessoas compartilham a viagem provavelmente produziria resultados mais favoráveis para os serviços de *ride-hailing*. Além disso, estudos futuros que foquem no acesso a atividades menos frequentes (como serviços de saúde ou atividades de lazer) também poderiam chegar a resultados diferentes dos encontrados neste estudo. Pesquisas futuras poderiam também investigar como a acessibilidade por *ride-hailing* e por transporte público se comparam em cidades em que os custos das tarifas de transporte público dependem de regras baseadas em zonas espaciais ou nas distâncias percorridas. Finalmente, estudos futuros poderiam usar as fronteiras de Pareto para investigar como a divisão modal de viagens é afetada pelos níveis de acessibilidade quando considerado o *trade-off* entre tempo de viagem e custo monetário.

## REFERÊNCIAS

ABDELWAHAB, B. *et al.* Evaluating the equity implications of ridehailing through a multi-modal accessibility framework. **Journal of Transport Geography**, v. 95, July 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103147>.

ALEMI, F. *et al.* What influences travelers to use Uber? Exploring the factors affecting the adoption of on-demand ride services in California. **Travel Behaviour and Society**, v. 13, p. 88-104, Oct. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2018.06.002>.



BARAJAS, J. M.; BROWN, A. Not minding the gap: does ride-hailing serve transit deserts? **Journal of Transport Geography**, v. 90, Jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102918>.

BARKLEY, B.; GARR PACETTI, E.; BAILEY, L. **A long ride to work**: job access and the potential impact of ride-hailing in the Pittsburgh area. Cleveland: Federal Reserve Bank of Cleveland, Sept. 2018. (Community Development Reports). Disponível em: <https://www.clevelandfed.org/publications/cd-reports/2018/albtn-20180905-a-long-ride-to-work-job-access-and-the-potential-impact>.

BARNES, S. J.; GUO, Y.; BORGIO, R. Sharing the air: transient impacts of ride-hailing introduction on pollution in China. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 86, Sept. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102434>.

BARRETO, Y.; SILVEIRA NETO, R. da M.; CARAZZA, L. Uber and traffic safety: evidence from Brazilian cities. **Journal of Urban Economics**, v. 123, May 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2021.103347>.

BARRIOS, J. M.; HOCHBERG, Y. V.; YI, H. The cost of convenience: ridehailing and traffic fatalities. **SSRN**, Apr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3361227>.

BEDOYA-MAYA, F. *et al.* Interactions of transport network companies (TNCs) and public transit in Medellín. **Case Studies on Transport Policy**, v. 10, n. 4, p. 1965-1979, Dec. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.08.011>.

BOCAREJO, J. P.; OVIEDO, D. R. Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. **Journal of Transport Geography**, v. 24, p. 142-154, Sept. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.12.004>.

BÖRJESSON, M.; ELIASSON, J. Should values of time be differentiated? **Transport Reviews**, v. 39, n. 3, p. 357-375, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1480543>.

BRODSKY, I. H3: Uber's hexagonal hierarchical spatial index. **Uber Blog**, 27 June 2018. Disponível em: <https://eng.uber.com/h3/>.

BROWN, A. *et al.* Buying access one trip at a time. **Journal of the American Planning Association**, v. 88, n. 4, p. 495-507, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01944363.2022.2027262>.

BROWN, A.; MANVILLE, M.; WEBER, A. Can mobility on demand bridge the first-last mile transit gap? Equity implications of Los Angeles' pilot program. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, v. 10, June 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100396>.

CATS, O. *et al.* Beyond the dichotomy: how ride-hailing competes with and complements public transport. **Plos One**, v. 17, n. 1, Jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262496>.

CECCATO, R.; DIANA, M. Substitution and complementarity patterns between traditional transport means and car sharing: a person and trip level analysis. **Transportation**, v. 48, n. 4, p. 1523-1540, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11116-018-9901-8>.

CENTRAL – COMPANHIA ESTADUAL DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA. **Relatório 4 – planejamento e execução das pesquisas**. Parte 3: diagnóstico da situação atual. Rio de Janeiro: Central, maio 2016.

CHAN, N. D.; SHAHEEN, S. A. Ridesharing in North America: past, present, and future. **Transport Reviews**, v. 32, n. 1, p. 93-112, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01441647.2011.621557>.

CONWAY, M. W.; BYRD, A.; EGGERMOND, M. van. Accounting for uncertainty and variation in accessibility metrics for public transport sketch planning. **Journal of Transport and Land Use**, v. 11, n. 1, p. 541-558, July 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1074>.

CONWAY, M. W.; STEWART, A. F. Getting Charlie off the MTA: a multiobjective optimization method to account for cost constraints in public transit accessibility metrics. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 33, n. 9, p. 1759-1787, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1605075>.

CURTIS, T. *et al.* **Partnerships between transit agencies and Transportation Network Companies (TNCs)**. San Francisco: Transportation Research Board, 2019. (TCRP Research Report, n. 204). Disponível em: <https://doi.org/10.17226/25576>.

DELLING, D.; PAJOR, T.; WERNECK, R. F. Round-based public transit routing. **Transportation Science**, v. 49, n. 3, p. 591-604, Aug. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0534>.

DIAB, E. *et al.* The rise and fall of transit ridership across Canada: understanding the determinants. **Transport Policy**, v. 96, p. 101-112, Sept. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.07.002>.

DIAO, M.; KONG, H.; ZHAO, J. Impacts of transportation network companies on urban mobility. **Nature Sustainability**, v. 4, n. 6, p. 494-500, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00678-z>.

DUDLEY, G.; BANISTER, D.; SCHWANEN, T. The rise of Uber and regulating the disruptive innovator. **The Political Quarterly**, v. 88, n. 3, p. 492-499, July-Sept. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1467-923X.12373>.

EL-GENEIDY, A. *et al.* The cost of equity: assessing transit accessibility and social disparity using total travel cost. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 91, p. 302-316, Sept. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.07.003>.

ERHARDT, G. D. *et al.* Do transportation network companies decrease or increase congestion? **Science Advances**, v. 5, n. 5, May 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau2670>.

ERHARDT, G. D. *et al.* Why has public transit ridership declined in the United States? **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 161, p. 68-87, July 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.04.006>.

FARR, T. G. *et al.* The shuttle radar topography mission. **Reviews of Geophysics**, v. 45, n. 2, May 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>.

GEURS, K. *et al.* Accessibility appraisal of land-use/transport policy strategies: more than just adding up travel-time savings. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 15, n. 7, p. 382-393, Oct. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.04.006>.

GEURS, K.; van WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, n. 2, p. 127-140, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>.

GOODWIN, P. B. Generalised time and the problem of equity in transport studies. **Transportation**, v. 3, p. 1-23, Apr. 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02351839>.

GUZMAN, L. A.; OVIEDO, D. Accessibility, affordability and equity: assessing 'pro-poor' public transport subsidies in Bogotá. **Transport Policy**, v. 68, p. 37-51, Sept. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.04.012>.

HADDAD, E. A. *et al.* A socioeconomic analysis of ride-hailing emergence and expansion in São Paulo, Brazil. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, v. 1, June 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100016>.

HALL, J. D.; PALSSON, C.; PRICE, J. Is Uber a substitute or complement for public transit? **Journal of Urban Economics**, v. 108, p. 36-50, Nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2018.09.003>.

HERSZENHUT, D. *et al.* The impact of transit monetary costs on transport inequality. **Journal of Transport Geography**, v. 99, Feb. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103309>.

HUGHES, R.; MACKENZIE, D. Transportation network company wait times in Greater Seattle, and relationship to socioeconomic indicators. **Journal of Transport Geography**, v. 56, p. 36-44, Oct. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.08.014>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: [http://acesso.mte.gov.br/data/files/8A7C816A2E7311D1013003524D7B79E4/IBGE\\_CENSO2010\\_sinopse.pdf](http://acesso.mte.gov.br/data/files/8A7C816A2E7311D1013003524D7B79E4/IBGE_CENSO2010_sinopse.pdf).

INSARDI, A.; LORENZO, R. O. Measuring accessibility: a big data perspective on Uber service waiting times. **Revista de Administração de Empresas**, v. 59, n. 6, p. 402-414, nov.-dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0034-759020190606>.

JIAO, J.; WANG, F. Shared mobility and transit-dependent population: a new equity opportunity or issue? **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 15, n. 4, p. 294-305, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15568318.2020.1747578>.

JIN, S. T. et al. Ridesourcing, the sharing economy, and the future of cities. **Cities**, v. 76, p. 96-104, June 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.01.012>.

JIN, S. T.; KONG, H.; SUI, D. Z. Uber, public transit, and urban transportation equity: a case study in New York City. **The Professional Geographer**, v. 71, n. 2, p. 315-330, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00330124.2018.1531038>.

KIRK, D. S.; CAVALLI, N.; BRAZIL, N. The implications of ridehailing for risky driving and road accident injuries and fatalities. **Social Science & Medicine**, v. 250, Apr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.112793>.

KONG, H.; ZHANG, X.; ZHAO, J. How does ridesourcing substitute for public transit? A geospatial perspective in Chengdu, China. **Journal of Transport Geography**, v. 86, June 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102769>.

LAVIERI, P. S.; BHAT, C. R. Investigating objective and subjective factors influencing the adoption, frequency, and characteristics of ride-hailing trips. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 105, p. 100-125, Aug. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.05.037>.

LI, W.; SHALABY, A.; HABIB, K. N. Exploring the correlation between ride-hailing and multimodal transit ridership in Toronto. **Transportation**, v. 49, p. 765-789, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10193-5>.

LIAO, Y. Ride-sourcing compared to its public-transit alternative using big trip data. **Journal of Transport Geography**, v. 95, July 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103135>.

LIU, D.; KWAN, M.-P. Measuring job accessibility through integrating travel time, transit fare and income: a study of the Chicago metropolitan area. **Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie**, v. 111, n. 4, p. 671-685, Sept. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/tesg.12415>.

LO, H. K.; YIP, C. W.; WAN, K. H. Modeling transfer and non-linear fare structure in multi-modal network. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 37, n. 2, p. 149-170, Feb. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(02\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(02)00005-X).

MARTENS, K.; DI CIOMMO, F. Travel time savings, accessibility gains and equity effects in cost-benefit analysis. **Transport Reviews**, v. 37, n. 2, p. 152-169, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1276642>.

MOTTE, B. *et al.* Commuting patterns in the metropolitan region of Rio de Janeiro. What differences between formal and informal jobs? **Journal of Transport Geography**, v. 51, p. 59-69, Feb. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.019>.

ONONO, M. A. *et al.* Effects of an expanded Uber-like transport system on access to and use of maternal and newborn health services: findings of a prospective cohort study in Homa Bay, Kenya. **BMJ Global Health**, v. 4, n. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-001254>.

PALM, M. *et al.* Equity analysis and new mobility technologies: toward meaningful interventions. **Journal of Planning Literature**, v. 36, n. 1, p. 31-45, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0885412220955197>.

PEREIRA, R. H. M. Future accessibility impacts of transport policy scenarios: equity and sensitivity to travel time thresholds for Bus Rapid Transit expansion in Rio de Janeiro. **Journal of Transport Geography**, v. 74, p. 321-332, Jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.12.005>.

PEREIRA, R. H. M. *et al.* r5r: rapid realistic routing on multimodal transport networks with R<sup>5</sup> in R. **Transport Findings**, 5 Mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.32866/001c.21262>.

RAYLE, L. *et al.* Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ridesourcing services in San Francisco. **Transport Policy**, v. 45, p. 168-178, Jan. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.10.004>.

SCHWIETERMAN, J. P. Uber economics: evaluating the monetary and travel time trade-offs of transportation network companies and transit service in Chicago, Illinois. **Transportation Research Record**, v. 2673, n. 4, p. 295-304, Apr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0361198119839344>.



SCHWIETERMAN, J. P.; LIVINGSTON, M. A review of partnerships between transportation network companies and public agencies in the United States. *In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD ANNUAL MEETING*, 98., 2019, Washington. **Proceedings...** 2019. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/1572575>.

SHAHEEN, S.; CHAN, N. Mobility and the sharing economy: potential to facilitate the first-and last-mile public transit connections. **Built Environment**, v. 42, n. 4, p. 573-588, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2148/benv.42.4.573>.

SHAHEEN, S.; COHEN, A. Shared ride services in North America: definitions, impacts, and the future of pooling. **Transport Reviews**, v. 39, n. 4, p. 427-442, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1497728>.

SHOKOOHYAR, S.; SOBHANI, A.; NARGESI, S. R. R. On the determinants of Uber accessibility and its spatial distribution: evidence from Uber in Philadelphia. **WIRES Data Mining and Knowledge Discovery**, v. 10, n. 4, July-Aug. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/widm.1362>.

SOUZA, C. de O. *et al.* Analysis of job accessibility promoted by ride hailing services: a proposed method. **Journal of Transport Geography**, v. 93, May 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103048>.

SUI, Y. *et al.* GPS data in urban online ride-hailing: a comparative analysis on fuel consumption and emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 227, p. 495-505, Aug. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.159>.

SUNITIYOSO, Y. *et al.* Role of ride-hailing in multimodal commuting. **Case Studies on Transport Policy**, v. 10, n. 2, p. 1283-1298, June 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.04.013>.

TIRACHINI, A. Ride-hailing, travel behaviour and sustainable mobility: an international review. **Transportation**, v. 47, n. 4, p. 2011-2047, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11116-019-10070-2>.

TIRACHINI, A.; DEL RÍO, M. Ride-hailing in Santiago de Chile: users' characterisation and effects on travel behaviour. **Transport Policy**, v. 82, p. 46-57, Oct. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.07.008>.

TIRACHINI, A.; GOMEZ-LOBO, A. Does ride-hailing increase or decrease vehicle kilometers traveled (VKT)? A simulation approach for Santiago de Chile. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 14, n. 3, p. 187-204, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1539146>.



WANG, M.; MARTIN, E. W.; SHAHEEN, S. A. Carsharing in Shanghai, China: analysis of behavioral response to local survey and potential competition. **Transportation Research Record**, v. 2319, n. 1, p. 86-95, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3141/2319-10>.

WANG, M.; MU, L. Spatial disparities of Uber accessibility: an exploratory analysis in Atlanta, USA. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 67, p. 169-175, Jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.003>.

WARWAR, L.; PEREIRA, R. H. M. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil II**: características e padrões de consumo da mobilidade por aplicativo. Rio de Janeiro: Ipea, jul. 2022. (Texto para Discussão, n. 2781). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11240>.

YAN, X.; LEVINE, J.; ZHAO, X. Integrating ridesourcing services with public transit: an evaluation of traveler responses combining revealed and stated preference data. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 105, p. 683-696, Aug. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.07.029>.

YOUNG, M.; ALLEN, J.; FARBER, S. Measuring when Uber behaves as a substitute or supplement to transit: an examination of travel-time differences in Toronto. **Journal of Transport Geography**, v. 82, Jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102629>.

YOUNG, M.; FARBER, S. The who, why, and when of Uber and other ride-hailing trips: An examination of a large sample household travel survey. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 119, p. 383-392, Jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.11.018>.

YOUNG, M.; FARBER, S. Using wait-time thresholds to improve mobility: the case of UberWAV Services in Toronto. **Findings**, Aug. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.32866/001c.14547>.

YU, B. *et al.* Environmental benefits from ridesharing: a case of Beijing. **Applied Energy**, v. 191, p. 141-152, Apr. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.052>.

ZUNIGA-GARCIA, N. *et al.* Integrating shared mobility services with public transit in areas of low demand. **Journal of Public Transportation**, v. 24, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2022.100032>.

## **Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

### **EDITORIAL**

#### **Coordenação**

Aeromilson Trajano de Mesquita

#### **Assistentes da Coordenação**

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

#### **Supervisão**

Ana Clara Escórcio Xavier

Everson da Silva Moura

#### **Revisão**

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques Honorio

Barbara de Castro

Brena Rolim Peixoto da Silva

Cayo César Freire Feliciano

Cláudio Passos de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Reginaldo da Silva Domingos

#### **Editoração**

Anderson Silva Reis

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

Natália de Oliveira Ayres

#### **Capa**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

#### **Projeto Gráfico**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.*

#### **Ipea – Brasília**

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

**Missão do Ipea**  
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro  
por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria  
ao Estado nas suas decisões estratégicas.



**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO  
PLANEJAMENTO  
E ORÇAMENTO

