

MOBILIDADE URBANA E EDUCAÇÃO: UMA AVALIAÇÃO DE IMPACTO DAS OBRAS REALIZADAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NA ÚLTIMA DÉCADA

Kamila Soares Ferreira

Mestranda no Programa de Pós Graduação em Economia da Universidade Federal Fluminense¹

Danielle Carusi Machado

Professora Associada da Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense

André Albuquerque Sant'Anna

Economista do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e professor visitante na Universidade Federal Fluminense

Resumo: A cidade do Rio de Janeiro historicamente se desenvolveu a partir de uma concentração das atividades econômicas no centro enquanto a população mais pobre foi afastada para as periferias, um processo que criou desigualdades no acesso a oportunidades. Resolver esses problemas de mobilidade urbana foi uma das justificativas utilizadas para a cidade receber megaeventos esportivos, já que esses impulsionariam diversas melhorias com benefícios permanentes para os cariocas. Considerando esse contexto e a importância da educação em uma perspectiva individual e social, este trabalho avalia como essas obras de BRT, VLT e Metrô impactaram nos resultados escolares dos estudantes do Ensino Fundamental no município. A hipótese adotada é de que os investimentos melhoraram a mobilidade e, com isso, o desempenho dos estudantes, uma vez que esses passariam a ter menos empecilhos para se manterem na escola e se dedicarem aos estudos. Foram utilizados dados da Secretaria Municipal de Educação e dados georreferenciados das obras referidas para estimar um modelo de Diferença-em-Diferenças com múltiplos períodos de tempo, como desenvolvido por Callaway e Sant'Anna (2020). Os resultados encontrados para o impacto desses empreendimentos sobre as notas dos estudantes em Língua Portuguesa Leitura ou em Matemática foram positivos e significantes, indicando que há uma relação entre essas obras e a melhoria do desempenho escolar.

Palavras-chave: mobilidade urbana; educação; avaliação de impacto; diferenças em diferenças.

Abstract: Historically, Rio de Janeiro city was developed with concentration of economic activities in the center while the poorest population was removed to suburbs, which created inequalities in opportunities access. Solving this urban mobility problem was one of the excuses for the city to host 2014 FIFA World Cup and 2016 Summer Olympics, since these events would boost improvements with permanent benefits for the city residents. In this context, and considering the importance of education in a social and personal perspective, this paper evaluates how these BRT, light rail and subway constructions affected scholar results of middle school students. The hypothesis is that the investments had a positive impact on mobility and therefore on students results, since now they would have less obstacles to stay in school and to dedicate to their studies. The data of this paper are from Municipal Department of Education and georeferenced data of transport stations. They were used to estimate a difference-in-differences with multiple time periods model, as developed by Callaway and Sant'Anna (2020). The results found for the impact of these projects on students grades in Reading or in Mathematics were positive, indicating that there is a relation between these investments and the improvement of school performance.

Keywords: urban mobility; education; impact evaluation; difference-in-differences.

Área ANPEC: Área 10 – Economia Regional e Urbana.

JEL: R42; I28; H52.

¹ A autora agradece à FAPERJ pelo apoio financeiro.

1 INTRODUÇÃO

Considerando que Desenvolvimento pode ser encarado como um o aumento do bem-estar de uma sociedade por meio de condições sociais, políticas e econômicas apropriadas, com ampliação de acesso a serviços essenciais e fortalecimento das liberdades, como define Sen (2018), incluem-se entre seus resultados esperados uma melhoria quantitativa e qualitativa no capital humano e no capital físico. Um bom sistema de transporte tem externalidades positivas para o desenvolvimento, pois pode conectar mercados, ampliar as oportunidades de emprego, fomentar investimentos adicionais, além de trazer benefícios diretos para os indivíduos. No caso contrário, há grandes custos econômicos em termos de qualidade de vida, oportunidades e aumento de custos (RODRIGUE, 2020).

Mobilidade é um dos principais benefícios do desenvolvimento dos transportes. O grau de mobilidade, no entanto, está relacionado também com fatores socioeconômicos e individuais, já que varia conforme a renda (indivíduos com maior renda têm maior mobilidade), o gênero (mulheres se deslocam menos, especialmente quando se tornam mães), o local de moradia (moradores da periferia perdem mais horas no trânsito do que aqueles que moram em regiões mais centrais), a idade e deficiência física, que podem limitar o deslocamento (PERO e MIHESSEN, 2013).

O processo histórico de desenvolvimento urbano no Brasil criou um padrão de distribuição espacial das atividades nas grandes cidades do país: os empregos, os bens e os serviços essenciais se concentram em áreas centrais, enquanto a população, em especial as pessoas negras e pobres, moram nas periferias. Isso gera uma imensa desigualdade no acesso a oportunidades de postos de trabalho, de serviços de saúde e de educação. Em alguns aspectos, como no tempo de deslocamento, para acessar empregos e educação básica, a cidade do Rio de Janeiro até se situa um pouco melhor do que a média das grandes cidades brasileiras, por conta da proximidade de algumas favelas em relação ao Centro. Porém, ainda assim, a concentração existente é prejudicial para uma grande parte da população que não mora em regiões onde essas oportunidades são acessíveis em um tempo de deslocamento razoável. Além disso, a favelização em áreas centrais, como alternativa para a não dispersão para as periferias, gera inúmeros outros problemas para a qualidade de vida dos moradores (PEREIRA et al., 2020).

A existência desses problemas, e a promessa de solucioná-los, foi utilizada como justificativa para sediar megaeventos esportivos no Brasil, em especial no Rio de Janeiro, que recebeu além da Copa do Mundo FIFA de 2014, os Jogos Olímpicos de Verão de 2016. Entre as obras de transporte público que foram realizadas nessa época e que ficaram de legado para a população estão o VLT, no centro da cidade, as linhas 1A e 4 do metrô e os corredores de BRT Transcarioca, Transoeste e Transolímpica.

Essas obras já foram avaliadas anteriormente considerando seus impactos sobre diversos aspectos socioeconômicos (KASSENS-NOOR, 2018; PEREIRA, 2018; PEREIRA et al, 2020; CAMPOS, 2019; CAMPOS et al, 2021). Neste trabalho, a proposta é analisar essas obras considerando o enfoque da educação, dada a relevância desta para os indivíduos e para o desenvolvimento econômico (BARBOSA FILHO e PESSÔA, 2008; HANUSHEK e WOESSMANN, 2012). Considera-se que a locomoção de um estudante até a escola é um dos fatores que pode afetar seus resultados educacionais. Alunos que demoram mais nesse percurso têm menos tempo para se dedicar aos estudos ou até mesmo para descansar, além de terem um incentivo maior para o abandono escolar dado que seus os custos (monetários ou não) para permanecer estudando são maiores.

Sendo assim, é importante investigar os mecanismos pelos quais a mobilidade urbana pode afetar o aprendizado e identificar como as dificuldades existentes podem ser minimizadas. As políticas de transporte público e os dispêndios realizados nessa área podem ser muito significantes nesse sentido e é importante avaliar seus impactos. A hipótese adotada é de que esses investimentos melhoraram a mobilidade e, com isso, o desempenho dos estudantes.

Este trabalho está dividido em 5 seções além desta introdução. A seção dois é uma revisão da bibliografia sobre transporte e desenvolvimento econômico, com destaque para os efeitos da mobilidade sobre a educação; a terceira seção apresenta o transporte no Rio de Janeiro e as mudanças realizadas na cidade no contexto dos megaeventos esportivos que foram sediados na cidade na última década e seus

legados; na quarta seção estão os dados e a metodologia utilizados na pesquisa; a quinta contém os resultados obtidos e, por fim, na última estão as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na literatura de mobilidade muitas vezes se destaca o papel dos meios de transporte para o desenvolvimento, seja em variáveis estritamente econômicas como no crescimento e na produtividade, ou em outros aspectos que interferem na qualidade de vida das pessoas, como criminalidade e mercado imobiliário.

Alguns trabalhos empíricos qualificam a relação entre transporte e desenvolvimento: em Hornbeck e Rotemberg (2021) e Donaldson e Hornbeck (2016) há evidências de uma relação positiva entre ferrovias e crescimento econômico nos EUA no final do século XIX. Billings, Leland e Swindell (2011) estimaram que houve uma redução de crimes contra o patrimônio perto de estações de VLT recém inauguradas na cidade de Charlotte (Carolina do Norte – EUA) e Billings (2011) mostra como o VLT pode ser utilizado para revitalizar e induzir o desenvolvimento de vizinhanças específicas. Gonzalez-Navarro e Turner (2018) encontraram que o metrô não induz um aumento populacional, mas causa alguma descentralização das cidades, ainda que em menor grau quando comparado com vias expressas. Gibbons e Machin (2005), Mayer e Trevien (2017) e Baum-Snow e Kahn (2000) mostram evidências de como a expansão da rede ferroviária e metroviária gera valorização de imóveis nas regiões do entorno das estações inauguradas. A infraestrutura de metrô também pode ser benéfica para a qualidade do ar, como concluem Gendron-Carrier *et al* (2018), e podem causar um aumento no emprego (MAYER e TREVIEN, 2017).

Maparu e Mazumder (2017) avaliaram a relação entre infraestrutura de transporte e desenvolvimento econômico usando dados da Índia entre 1990 e 2011 e o PIB como medida. Encontraram uma relação causal de longo prazo, porém com indicações de que é o desenvolvimento que gera as melhorias, não o contrário, já que muitas vezes os dispêndios públicos nessa área ocorrem depois que já há crescimento econômico na região.

Além dos outros aspectos relacionados ao desenvolvimento econômico já citados, o transporte também pode estar relacionado com a educação. Essa relação é estabelecida de diversas formas:

- aumento de custos monetários para continuar os estudos, quando a escola não é perto o suficiente para o deslocamento a pé;
- existência de custos de tempo, especialmente quando as distâncias a serem percorridas são longas ou então quando é necessário enfrentar trânsito no trajeto entre a residência e o colégio;
- custos psicológicos do deslocamento diário que podem desestimular o empenho acadêmico.

Ahrberg *et al* (2012) e Perkinson-Gloor, Lemola e Grob (2013) apresentam evidências de como o sono e o cansaço afetam negativamente o rendimento acadêmico, o que poderia refletir um efeito indireto da mobilidade. Há também trabalhos empíricos que avaliaram os efeitos diretos do transporte sobre a educação.

Considerando trabalhos que avaliaram essa relação em países desenvolvidos, em Kobus, Van Ommeren e Rietveld (2015) e Sá, Floraz, Rietveld (2006), Países Baixos, Dickerson e McIntosh (2013), Reino Unido, e Falch, Lujala e Strøm (2013), Noruega, há evidências de que um maior tempo de deslocamento afeta negativamente o desempenho de estudantes no Ensino Superior, afeta a decisão de qual tipo de educação seguir após a conclusão do Ensino Médio e impacta de forma negativa na probabilidade de continuar os estudos.

Kiruru, Magoma e Mugiraneza (2020) e Mason e Rozelle (1998) avaliaram como as despesas com o deslocamento afetam a evasão escolar em um contexto de países subdesenvolvidos (Ruanda e Indonésia, respectivamente). O primeiro não encontrou uma relação estatisticamente significativa, porém com evidências de que esse resultado se dá porque as crianças se deslocam a pé, então os efeitos do deslocamento se dariam de forma indireta; no segundo trabalho, os resultados indicam que os custos do transporte de fato afetam negativamente a permanência na escola.

Herskovic (2020), Asahi et al. (2014) e Asahi e Pinto (2018) estudaram o impacto das obras de expansão do metrô de Santiago nos anos 2000 e concluíram que a maior acessibilidade das escolas, viabilizada pelas novas estações, fez com que os alunos passassem a estudar em escolas mais distantes, com uma possibilidade de maior priorização da qualidade na escolha da instituição. Resultou também em um efeito negativo sobre o desempenho médio dos estudantes, que se dissipa no longo prazo, por conta de um aumento do número de matrículas e de um maior comparecimento. Para o Brasil, Tigre, Sampaio e Menezes (2017) mostram que estudantes da cidade de Recife (PE) que têm um maior tempo de deslocamento têm desempenho médio pior.

3 RIO DE JANEIRO

Mais de 12 milhões de pessoas habitam a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo que a capital do estado, que é a segunda maior cidade do país, concentra mais de 50% desse contingente, o que é explicado pela relevância histórica que teve para o país e para o estado, tanto no aspecto político quanto no econômico (PEREIRA *et al.*, 2020).

Depois dos anos 1940, o município do Rio de Janeiro e alguns de seus vizinhos (Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Niterói e São Gonçalo) passaram por industrialização, o que gerou migração no sentido de ocupar essas áreas periféricas da metrópole. Nas cidades da Baixada Fluminense isso foi possível por conta do sistema ferroviário que permitia os deslocamentos; para os municípios do outro lado da Baía de Guanabara, a ocupação foi acompanhada da expansão do transporte rodoviário, exemplificada pela construção da ponte Rio-Niterói (COSTA *et al.*, 2015).

A economia da RMRJ hoje em dia está muito pautada no setor de comércio e serviços, porém não é desprezível a participação da indústria petroquímica, siderúrgica, naval e pesqueira. Rio de Janeiro e Niterói também se sobressaem como centros educacionais, com um grande número de instituições de Ensino Superior, de lazer, cultura e saúde. A cidade do Rio até hoje se destaca como uma grande receptora de fluxos pendulares, com 5,4 entradas para cada saída (COSTA *et al.*, 2015).

Vale destacar que a cidade do Rio de Janeiro é muito rica e ao mesmo tempo muito desigual. Diferente de outras metrópoles brasileiras, nas quais a população mais pobre está majoritariamente concentrada nas periferias, a capital fluminense se destaca pela presença de grandes favelas próximas da região central, por conta da geografia e de seus processos históricos de desenvolvimento. Ainda assim, a cidade é altamente desigual em termos de acesso a serviços de saúde, educação e empregos, tem problemas de mobilidade por conta do grande fluxo de deslocamentos com meios de transporte motorizados individuais, além de ter um sistema de transporte público relativamente caro (PEREIRA *et al.*, 2020).

3.1 O SISTEMA DE TRANSPORTE DO RIO DE JANEIRO NO SÉCULO XXI

A questão da mobilidade urbana é central para o Rio de Janeiro, uma vez que 3/4 da população do estado reside na RMRJ e, entre esses, mais da metade trabalha na capital. Essa concentração das atividades econômicas, combinado com a falta de acesso a moradias nas áreas centrais, gera inúmeros problemas: a população mais pobre precisa se deslocar por mais horas diariamente e gastar mais com transporte ou então precisa viver em residências impróprias, perto de áreas centrais, para evitar esse transtorno. Ou seja, esse aspecto por si só acentua as desigualdades (PEREIRA *et al.*, 2020).

Caracterizando o transporte na RMRJ: a maior parte do deslocamento de massas ainda é realizado por transporte público coletivo, o que inclui ônibus, trens, metrô, vans e barcas. Há integração entre diferentes meios, especialmente entre intermunicipais, por meio do Bilhete Único, além de haver gratuidade para idosos, pessoas com deficiência e estudantes (COSTA *et al.*, 2015).

Há pouca racionalização no sistema, evidenciada pelo predomínio do transporte público rodoviário em detrimento dos sistemas de alta capacidade, em especial o ferroviário, que só recebe 7% das viagens motorizadas, apesar de uma malha relativamente extensa (255km). Em 2012, transportava cerca de 500 mil passageiros por dia. Para a expansão do sistema metroviário há a companhia estadual RioTrilhos; a

atividade diária é gerida pela MetroRio. O metrô atende somente o município do Rio de Janeiro e em um trecho relativamente pequeno². A RMRJ também conta com transporte aquaviário na Baía de Guanabara, sob responsabilidade da CCR Barcas. Existem 5 estações (Praça XV, Arariboia, Cocotá, Paquetá e Charitas) que ligam partes da RMRJ ao centro da cidade do Rio de Janeiro (COSTA *et al.*, 2015).

Ainda segundo Costa *et al.* (2015), no sistema rodoviário da RMRJ se destaca o BRT (*Bus Rapid Transit*), que articula e segrega vias para que os ônibus consigam viajar com mais fluidez. Linhas alimentadoras levam os passageiros até estações e terminais. Há também o BRS (*Bus Rapid Service*) na cidade do Rio de Janeiro, que destina faixas preferenciais em vias expressas aos ônibus comuns e que também podem ser usadas pelos ônibus intermunicipais. O sistema de vans, inicialmente não fiscalizadas pelo poder público e concorrentes dos ônibus, também é muito presente na RMRJ e atende em geral localidades carentes de transporte público e passageiros que buscam uma alternativa mais rápida de deslocamento.

De acordo com Costa *et al.* (2015), entre as questões problemáticas que envolvem os transportes na RMRJ é possível citar a concentração de investimentos na capital (por exemplo, a obra do metrô da Barra em detrimento da Linha 3 que ligaria Niterói a São Gonçalo), ignorando as cidades periféricas e mais necessitadas, a falta de regulamentação estatal no transporte rodoviário, com empresas sem muita concorrência que operam apenas onde há mais lucro, e a subutilização dos transportes ferroviários e metroviários.

O transporte de massas (metrô e trem) se concentra na Zona Norte, Sul e Centro da cidade do Rio de Janeiro, onde há uma grande concentração de empregos. Contudo, a maior parte dos deslocamentos na Região Metropolitana são realizados em ônibus e vans, controlado por poucas empresas que detêm grande influência no planejamento urbano da cidade. A cidade sofre com uma enorme desigualdade de renda e segregação espacial, com um transporte público caro, com baixa qualidade e eficiência (PEREIRA, 2018).

Os moradores da RMRJ estão entre aqueles com maior tempo de deslocamento na relação casa-trabalho no país. Segundo dados do Censo de 2010, quase 30% dos moradores da Região demora mais de 1 hora para chegar ao trabalho. Entre esses, os mais afetados são aqueles que fazem viagens intermunicipais. Além disso, os fluminenses sofrem com altos custos das passagens, já que são os que mais gastam com transporte urbano quando se compara com moradores de outras regiões metropolitanas, e esse componente é particularmente alto no orçamento das famílias mais pobres (PERO e MIHENSSEN, 2013).

Além disso, segundo Kassens-Noor (2018), a mobilidade urbana no Rio de Janeiro, historicamente e seguindo o padrão nacional, priorizou os veículos particulares ao invés do transporte público. Os automóveis consomem a maior parte do espaço das vias e uma parcela desproporcional dos investimentos em mobilidade são realizados em benefício deles. Enquanto isso, o transporte público enfrenta crises recorrentes e não são priorizados pelos gestores, mesmo sendo a forma mais viável de garantir integração, redução das desigualdades e gerar um menor impacto ambiental (PERO e MIHENSSEN, 2013).

O trabalho de Pereira *et al.* (2021) detalha as tendências recentes da mobilidade urbana no Brasil, que ajudam a entender também a realidade do Rio de Janeiro. Utilizando dados da POF, os autores mostram como a maioria dos lares brasileiros têm despesas com transporte urbano e que esse permanece sendo um dos maiores componentes do orçamento das famílias que moram em zonas urbanas. A parcela da renda que é destinada a isso varia conforme raça e gênero. Além disso, observa-se uma diminuição da demanda pelo transporte público em contraste com o aumento da frota de veículos individuais motorizados, uma tendência presente desde os anos 1980 em toda a América Latina, e mais acentuada entre famílias de menor renda. Essa tendência pode ser explicada por alguns fatores: expansão de crédito e isenção fiscal para aquisição de veículos; aumento dos preços do transporte coletivo em nível superior ao aumento dos preços do transporte individual; baixa eficiência dos transportes públicos, que se acentua na comparação com o conforto e praticidade do uso dos particulares, e aumento no poder de compra das famílias, que permitiu a aquisição de veículos motorizados.

Sobre o tempo de deslocamento dos trabalhadores, com dados da PNAD, Pereira *et al.* (2021) mostram que houve um aumento do tempo médio de locomoção entre casa e trabalho, o que indica como a

² A Linha 3, ligando Niterói a São Gonçalo, está planejada desde 1968, porém sem previsão de execução (BARBOSA, 2015).

mobilidade piorou nos últimos anos, inclusive em áreas não metropolitanas e para todas os extratos de renda. Os trabalhadores mais pobres, no entanto, são os que passam mais tempo no trânsito no deslocamento diário e são os principais afetados da recente deterioração. A desigualdade de mobilidade também é observada entre raças e gêneros. Mulheres negras demoram mais no deslocamento que homens brancos, o que reflete a posse de automóveis, a inserção no mercado de trabalho, a segregação espacial e a divisão social do trabalho (SVAB, 2016; FARIA, 2019; PEREIRA *et al.*, 2021).

Mais recentemente, a pandemia de Covid-19 causou uma redução drástica nos deslocamentos no Brasil, primeiro por conta da redução da atividade econômica e segundo porque as medidas de isolamento adotadas para diminuir a propagação da doença alterou os padrões de mobilidade. Essa redução, no entanto, foi mais acentuada nos transportes públicos, que passaram por grandes cortes na oferta e uma queda drástica na demanda, que persistiu mesmo após a retomada da atividade. A crise econômica provocada pela Covid-19 também afetou as receitas dos governos locais, o que diminui a capacidade de subsidiar e investir no transporte público, o que também prejudica a competitividade e a sustentabilidade desses meios de locomoção (PEREIRA *et al.*, 2021).

3.2 MEGAEVENTOS ESPORTIVOS E SEUS LEGADOS NO RIO DE JANEIRO

No ano de 2007, foi definido que a Copa do Mundo de 2014 seria sediada no Brasil e o Rio de Janeiro estava entre as 12 cidades-sede escolhidas, sendo desde sempre a favorita para receber a final do Mundial (BRASIL, 2013). Em 2 de outubro de 2009, o Rio de Janeiro foi eleito para sediar outro grande evento esportivo, os Jogos Olímpicos de Verão de 2016, se aproveitando do bom momento econômico vivido pelo país (mesmo após a crise mundial de 2008), o sucesso como sede dos Jogos Pan-Americanos de 2007 e o ineditismo latino-americano, com a promessa de utilizar o evento como impulsionador para o desenvolvimento da cidade (MEMÓRIA GLOBO, 2021).

No planejamento dos Jogos Olímpicos e de outros eventos esportivos de grande porte, o transporte tem um papel central, por ser uma das áreas onde mais se investe recursos públicos e por se caracterizar como um investimento permanente. O sistema de mobilidade implementado para estes eventos precisa ter alta capacidade e ser inovador e inteligente na gestão de tráfego e transporte (KASSENS-NOOR, 2018).

Segundo a própria prefeitura carioca, Rio de Janeiro (2016), muitas das obras realizadas já eram planejadas há anos, mas não tinham viabilidade política ou econômica para se concretizarem. Entre os feitos de mobilidade do legado olímpico estão os corredores de BRTs Transoeste, Transcarioca e Transolímpica, o VLT no centro da cidade do Rio de Janeiro e a Linha 4 do metrô, além da construção de viadutos, túneis e da ampliação de avenidas.

Como está relatado em Kassens-Noor (2018), o transporte tinha sido um grande entrave na candidatura do Rio nos anos em que foi preterido como sede Olímpica (1997 e 2004). A escolha de BRT, ao invés do metrô, para a proposta de 2016, foi mais factível. Apesar desse tipo de transporte ter pontos positivos e apresentar baixo custo de implementação com rápida execução, há críticas devido a sua alta dependência dos combustíveis fósseis, sua saturação ser rápida e sua capacidade instalada não ser facilmente expandida. O BRT não substitui o trânsito motorizado, apenas expande as vias e o espaço dedicados para sua existência. Afeta o mercado imobiliário criando barreiras nas vizinhanças, além de não substituir os outros meios de transporte público, apenas complementando-os. Ademais, no caso específico do Rio de Janeiro, houve violações de direitos humanos nas desapropriações realizadas para as obras e destruição de áreas preservadas da Floresta da Tijuca, além de acusações de corrupção. No longo prazo, o BRT gera custos de oportunidade, já que sua capacidade é menor do que as linhas de metrô, sendo também mais intrusivo a malha urbana.

A promessa dos Jogos como catalisadores de desenvolvimento urbano e transporte sustentável foi atrapalhada pelo planejamento muito focado nas soluções de transporte para o evento em si, ao invés de atender as demandas mais urgentes da população, atendendo os fluxos de passageiros já existentes. Por exemplo, as áreas de residência dos trabalhadores foram ligadas à Barra da Tijuca, ao invés da conexão óbvia com o Centro, Zona Norte ou Zona Sul, onde há uma maior concentração de empregos. Ou seja, o

interesse público foi preterido. Não se pode esquecer, no entanto, que houve uma crise econômica após essas mudanças que impactou fortemente no número de passageiros no sistema público de transporte, o que resultou em cortes nos serviços (KASSENS-NOOR, 2018 e PEREIRA, 2018).

Alguns trabalhos empíricos avaliaram o impacto das obras de mobilidade realizadas na cidade do Rio de Janeiro em preparação para os megaeventos esportivos. Pereira (2018) concluiu que os novos sistemas não tiveram impacto sobre o acesso a saúde, pois os equipamentos já eram relativamente bem distribuídos pela cidade, mas melhoraram a mobilidade em relação a alguns equipamentos olímpicos. Em Pereira et al (2020) há resultados que indicam que essas obras estão associadas à uma redução do acesso a emprego e educação, por conta principalmente dos cortes nos serviços realizados em decorrência da crise econômica vivida à época. Esse trabalho, no entanto, indica que a finalização do corredor de BRT da Transbrasil traria ganhos de acessibilidade. Campos (2019) avaliou como esses investimentos afetaram a atividade econômica e concluiu que as regiões no entorno das estações foram beneficiadas por um maior número de firmas, empregos e ganhos salariais. Em Campos et al (2021) há também resultados demonstrando uma queda na poluição desses locais e uma diminuição dos acidentes de trânsito, o que resultou em menos internações por esse motivo. Pereira (2018) e Campos et al (2021), no entanto, demonstram que as melhorias relacionadas beneficiaram principalmente grupos já privilegiados, o que resultou em aumento de desigualdades.

4 DADOS E METODOLOGIA

4.1 DADOS

Atribuir causalidade a um determinado tratamento não é trivial nos problemas estudados pelas ciências sociais, já que muitos fatores podem interferir nos resultados simultaneamente. No caso deste trabalho, por exemplo, a intenção é verificar se as obras de mobilidade urbana que foram realizadas na última década na cidade do Rio de Janeiro, em especial aquelas diretamente ligadas ao transporte público, tiveram algum efeito sobre a educação básica, usando as notas dos estudantes do Ensino Fundamental II matriculados na rede municipal de educação do Rio de Janeiro como indicador para essa avaliação.

Para isso, é necessário isolar o efeito dessas obras das demais mudanças que podem ter ocorrido na mesma época e que também causaram alterações no desempenho dos estudantes. Como não é possível empiricamente comparar o grupo tratado com ele mesmo na ausência de tratamento para capturar o impacto e como também não é possível garantir que esse tipo de tratamento seja aleatoriamente distribuído, uma das alternativas para atribuir causalidade é utilizar o método de diferença-em-diferenças (DD).

A intuição do DD é de que para calcular o impacto de determinado tratamento, é necessário comparar a trajetória dos alunos que foram beneficiados pelas obras, antes e depois das inaugurações, com a trajetória de um grupo contrafactual que seja suficientemente parecido e cujos resultados do momento pré-tratamento sigam a mesma tendência do grupo tratado, ainda que não no mesmo nível. A hipótese por trás disso é de que a variação dos resultados do grupo de controle mostra como seria a variação dos resultados dos tratados na ausência de tratamento. O efeito causal do tratamento é dado então pela dupla diferença: resultados dos tratados pré e pós tratamento subtraídos dos resultados do grupo de controle antes e depois do tratamento (o método será melhor detalhado na subseção seguinte).

Diversas fontes secundárias serviram de base para a realização da operação explicada anteriormente. Para a variável de resultado (desempenho dos estudantes), foram utilizados microdados das notas obtidas nas Provas Bimestrais dos estudantes do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental da Rede Municipal de ensino do Rio de Janeiro entre 2012 e 2017, fornecidos pela Secretaria Municipal de Educação (SME/RJ). As Provas Bimestrais são elaboradas e corrigidas por uma empresa especializada externa e o conteúdo cobrado refere-se ao que deveria ser ensinado em cada bimestre, sendo igual para todos os alunos da rede de cada ano letivo. As notas obtidas nas quatro avaliações entram para o cálculo do desempenho e aprovação do aluno no fim do ano.

Essa base contém a nota, entre 0 e 10, que cada estudante da rede obteve em cada prova bimestral nesse período (a partir do 2º bimestre de 2012). Essa nota está associada a outras informações: código do aluno na SME/RJ, um número único para cada indivíduo; código identificador da escola; ano letivo (ano calendário); disciplina, que pode ser Língua Portuguesa Leitura (LPL), Língua Portuguesa Escrita (LPE), Matemática, Ciências e Inglês; bimestre, do 1 a 4 em cada ano calendário; faltosos, que indica se o aluno faltou no dia da aplicação da prova e o código da turma a qual cada aluno pertence.

São considerados apenas os alunos que não mudaram de escola durante o período analisado, para impedir que uma mesma observação seja inserida em diferentes grupos de tratamento em mais de um ponto no tempo. Ao fazer esse tratamento, cerca de 820 mil observações são removidas da base, o que representa aproximadamente 18,9% do total inicial. Essas informações das notas foram associadas com os dados georreferenciados de cada escola carioca, fornecidas pelo Instituto Pereira Passos no Data Rio³.

Também foi utilizada uma base de dados contendo informações georreferenciadas da infraestrutura de transporte da cidade do Rio de Janeiro. Essa base contém um número identificador de cada projeto de mobilidade, uma descrição do ramal (Barcas, Bonde, BRT, Metrô, Teleférico, Trem e VLT), a data (mês e ano) de inauguração da obra, além de um número de classificação do tratamento, que diferencia se foi inaugurada antes de 2009 ou se ainda não ficou pronta. Neste trabalho, destacaram-se as inaugurações de Metrô, BRT e VLT, que são as obras de transporte público mais relevantes realizadas nesse contexto.

Para os megaeventos esportivos que foram sediados na cidade do Rio de Janeiro na última década, o BRT Transoeste foi a primeira entrega realizada (2012). Ele conecta Santa Cruz e Campo Grande à Barra da Tijuca e deveria contar com frotas de ônibus articulados e com ar condicionado. Há também a integração com o metrô e a ligação do Terminal Alvorada à estação Jardim Oceânico. O BRT Transcarioca foi entregue em 2014 e cumpre a função de conectar a Barra da Tijuca ao Aeroporto Internacional Tom Jobim (Galeão), passando por 27 bairros.

O quadro 1 mostra as datas das inaugurações das estações que serão importantes para esse trabalho, o meio de transporte e a linha da qual fazem parte. Algumas obras estão agrupadas porque fazem parte do mesmo grupo de tratamento, como será explicado na parte de Metodologia. Outras inaugurações que foram realizadas não foram destacadas aqui pois não estão próximas de nenhuma das escolas da rede municipal, então não configuram como tratamento.

Quadro 1 – Meio de transporte, linha e data de inauguração das estações

Meio de transporte	Linha	Data de inauguração
BRT	Transoeste	Dezembro/12 e Fevereiro/13
BRT e Metrô	Transoeste Linha 1A (Uruguai)	Dezembro/13 e Março/14
BRT	Transcarioca	Junho/14
BRT	Transcarioca	Julho/14 e Setembro/14
BRT	Transcarioca	Outubro/14
VLT	Linha 1 (azul)	Junho/16
BRT e Metrô	Transoeste e Transolímpica Linha 4	Agosto/16 e Setembro/16
VLT	Linha 2 (verde)	Fevereiro/17
VLT	Linha 1 (azul)	Junho/17
VLT	Linha 2 (verde)	Outubro/17

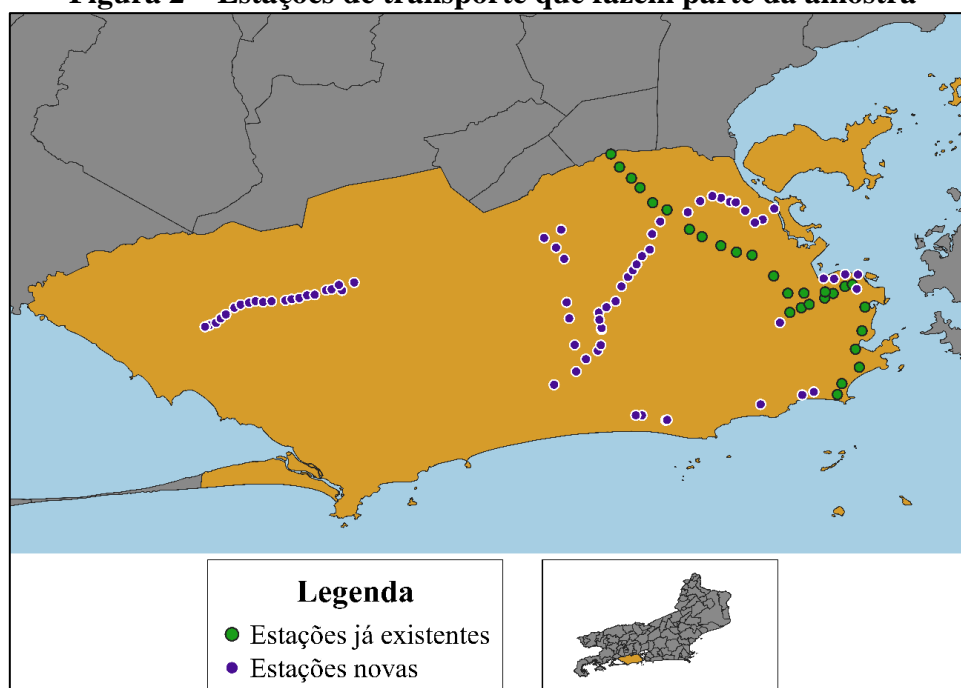
Fonte: BNDES.

As primeiras obras das estações do BRT Transoeste foram inauguradas em dezembro de 2012 e fevereiro de 2013, fixando o início do tratamento na base de dados. As últimas obras realizadas foram as estações de VLT da Linha 2 (verde), abertas em outubro de 2017 e que delimitam o fim do tratamento.

³ Link de acesso: data.rio. Data de acesso: 16 de maio de 2021.

A figura 2 mostra a localização das 99 estações de transporte público na cidade do Rio de Janeiro que fazem parte da amostra. Em verde, estão as estações já existentes antes das obras realizadas para os Jogos Olímpicos, 28 estações de metrô situadas no Centro e nas Zonas Norte e Sul. Em roxo, estão as 71 estações que fazem parte da nova infraestrutura que foi inaugurada entre 2012 e 2017, ou seja, aquelas que foram consideradas como “tratamento” para as escolas que estão próximas. Dessas, 62 são estações de BRT, localizadas principalmente na Zona Oeste, 4 são estações de metrô que ligam a Zona Sul à Barra da Tijuca mais a estação Uruguai na Tijuca, e 5 são de VLT, todas no Centro da cidade. Sendo assim, essas obras não constituem um tratamento distribuído de forma aleatória visto que foram planejadas para beneficiarem localizações específicas. As estações que não aparecem no mapa não fazem parte da amostra por não estarem perto de nenhuma das Escolas Municipais que ofertam turmas do 6º ao 9º ano.

Figura 2 – Estações de transporte que fazem parte da amostra



Fonte: BNDES. Elaboração própria.

A figura 3 mostra as 244 escolas municipais do Rio de Janeiro que ofertaram turmas do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental no período considerado e que fazem parte da amostra.

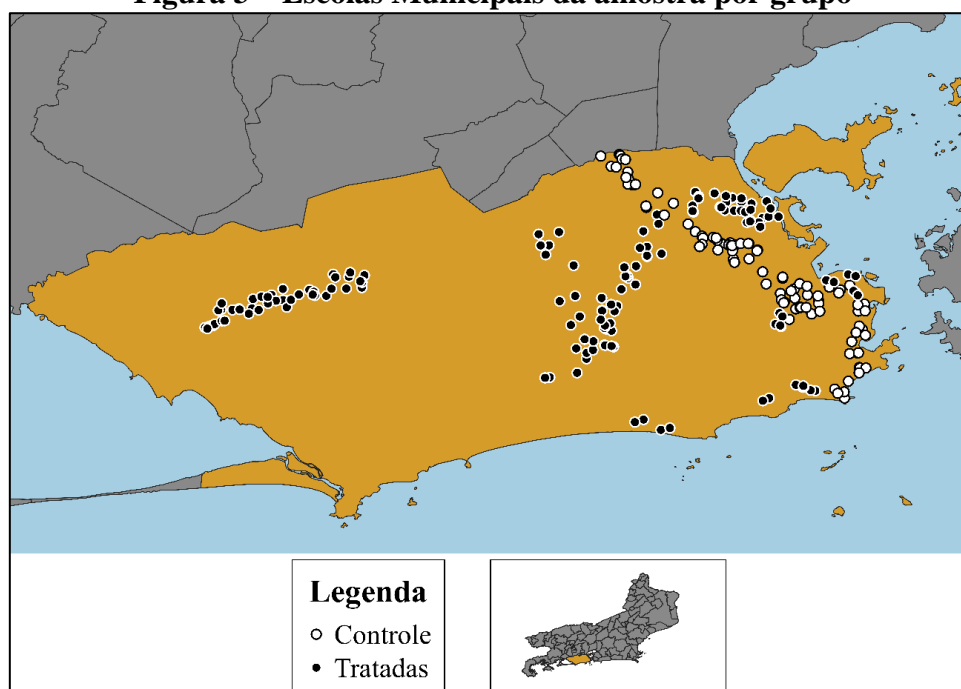
São consideradas como unidades escolares que receberam o tratamento aquelas que se localizam a 1km ou menos de uma das estações que foram inauguradas no período já citado (152 escolas compõem essa categoria). A distância de 1km é considerada por ser um valor aproximado do que a literatura considera como a distância máxima que as pessoas costumam andar a pé (DITTMAR e OHLAND, 2012).

Para fazer parte do grupo de controle, o estudante tem que ser matriculado em uma das 92 escolas que estão a menos de 1km de alguma estação já inaugurada antes de 2012.

Com a combinação de todos esses dados (escolas e infraestrutura de transportes), foi possível criar uma matriz para identificar a distância entre cada escola e a primeira estação de transporte mais próxima. Destaca-se que não se trata da distância real entre esses dois pontos a ser percorrida, mas sim da distância linear entre eles.

Para a estimação do efeito do tratamento pelo método de Diferença-em-Diferenças com múltiplos períodos de tempo, que será detalhado a seguir, a base foi dividida segundo a disciplina (Língua Portuguesa Leitura e Matemática). A amostra utilizada nas estimações desse trabalho contém cerca de 174 mil estudantes do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental que estavam matriculados em alguma dessas 244 escolas municipais do Rio de Janeiro, que compõem a amostra, entre 2012 e 2017. Cada estudante aparece na base de dados por volta de 6,5 vezes, ou seja, há no total aproximadamente 1,1 milhão de observações para cada disciplina.

Figura 3 – Escolas Municipais da amostra por grupo



Fonte: Instituto Pereira Passos. Elaboração própria.

A variável de resultado (notas) considera as notas dos estudantes padronizadas por bimestre e ano escolar em Língua Portuguesa Leitura ou Matemática, já que são as matérias cujo lançamento das notas é mais uniforme entre as instituições de ensino ao longo dos anos. Ademais, essas disciplinas foram priorizadas para permitir alguma comparabilidade com outros trabalhos, já que normalmente são essas as avaliadas em testes padronizados que servem de base para a maioria dos estudos. Para a padronização das notas foram geradas as variáveis “média” e “desvio-padrão” considerando separadamente os resultados de cada ano escolar em cada bimestre.

Além disso, foi criada uma variável para indicar o tempo, sendo igual a 1 para as notas do segundo bimestre de 2012 e assim sucessivamente, até o vigésimo terceiro período, para o último bimestre de 2017 (período final disponível).

Outra variável necessária no modelo é “grupo”. Ela indica em qual tempo cada unidade tratada apareceu pela primeira vez após receber o tratamento. Sendo assim, o primeiro grupo é o 4, escolas que estão a 1km ou menos de uma das estações que foram inauguradas em dezembro de 2012 ou fevereiro de 2013, antes das provas do primeiro bimestre de 2013. O último grupo a entrar no tratamento é o 23, que identifica alunos que realizaram prova após a inauguração das obras que ocorreram em no mês 10 de 2017 e que estão dentro da distância estabelecida para tratamento. A tabela 1 apresenta um detalhamento dos grupos de tratamento, mostrando o bimestre de aplicação da prova ao qual cada um se refere e o número de observações segundo o tipo de transporte da estação que foi inaugurada e que beneficiou aquele grupo.

Tabela 1 - Número de observações de cada grupo de tratamento por disciplina segundo o meio de transporte

Bimestre	Grupo de tratamento	Língua Portuguesa Leitura				Matemática			
		BRT	Metrô	VLT	Total	BRT	Metrô	VLT	Total
1º/2013	4	65.307	0	0	65.307	64.043	0	0	64.043
1º/2014	8	158.320	26.497	0	184.817	157.760	26.381	0	184.141
2º/2014	9	95.517	0	0	95.517	94.203	0	0	94.203
3º/2014	10	146.052	0	0	146.052	147.089	0	0	147.089
4º/2014	11	112.622	0	0	112.622	112.657	0	0	112.657

2º/2016	17	0	0	7.496	7.496	0	0	7.951	7.951
3º/2016	18	95.640	40.028	0	135.668	94.906	40.024	0	134.930
1º/2017	20	0	0	4.719	4.719	0	0	4.705	4.705
2º/2017	21	0	0	1.035	1.035	0	0	1.039	1.039
4º/2017	23	0	0	595	595	0	0	597	597
Total		673.458	456.222	13.845	753.828	670.658	453.413	14.292	751.355

Fonte: BNDES e SME. Elaboração própria.

Ao todo são 11 grupos, 10 que foram tratados em diferentes momentos no tempo e 1 grupo de controle, composto por todas as unidades que estão mais próximas de qualquer uma das estações que já existiam antes do período de tratamento considerado. A base de dados é um painel desbalanceado, já que nem todos os alunos permanecem na mesma escola em todos os períodos e, mesmo aqueles que mudam de instituição, mas continuam na rede municipal são excluídos, como explicado anteriormente.

4.2 METODOLOGIA

O método utilizado neste trabalho para realizar as estimações é o Diferença-em-Diferenças (DD) com múltiplos períodos de tempo. A estratégia é uma evolução do DD tradicional, um modelo com dados em painel, que permite estimar o impacto de uma intervenção comparando um grupo de tratados com um grupo de controle nos períodos pré e pós tratamento. A hipótese central do método é a de tendências paralelas, isto é, na ausência de tratamento, a trajetória da variável de interesse dos dois grupos precisa ser paralela, mas não necessariamente igual. Essa hipótese não é verificável, porém é possível indicar sua validade avaliando se ela se mantém no período anterior ao tratamento. Dessa forma, é possível atribuir ao projeto a ser avaliado a diferença na trajetória dos tratados em relação ao contrafactual. Uma vantagem desse método é o controle por fatores não observáveis entre as unidades de observação que sejam fixos no tempo.

O estimador de diferenças em diferenças é dado por:

$$\beta_{DD} = \{E[Y|T = 1, t = 1] - \{E[Y|T = 1, t = 0]\} - \{E[Y|T = 0, t = 1] - \{E[Y|T = 0, t = 0]\} \} \quad (1)$$

Em que $T = 1$ se o grupo foi tratado e 0 caso contrário; $t = 1$ para o período pós tratamento e $t = 0$ para o período pré. Portanto, o modelo é um cálculo de uma diferença dupla: a diferença de cada grupo em cada período e a diferença entre essas diferenças em cada período (MENEZES-FILHO e PINTO, 2017).

De forma mais genérica, utiliza-se o modelo de *two-way fixed effects* (TWFE), que consiste em um painel de efeitos fixos de tempo e para os indivíduos de acordo com a equação (2):

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 D_i + \alpha A_t + \beta G_i P_{it} + u_{it} \quad (2)$$

Em que:

D_i é o efeito fixo individual;

A_t é uma *dummy* para cada tempo de tratamento que capta a variabilidade temporal, mas é constante para diferentes unidades observacionais, ou seja, capta os choques idiossincráticos, aqueles que afetam todas as observações de forma igual;

G_i é o grupo (tratado = 1, controle = 0);

P_{it} é a *dummy* que indica o período pós tratamento;

β é o efeito do tratamento;

Nesse caso, além do modelo clássico de 2 grupos e 2 tempos, é possível fazer estimações considerando mais grupos e considerando que cada um deles recebe o tratamento em um momento distinto (modelos escalonados).

O modelo de TWFE é robusto em 3 situações: (i) considerando a especificação clássica de diferenças em diferenças, em que o tratamento causa apenas uma mudança de nível no resultado do grupo tratado; (ii) quando há apenas 2 grupos e 2 tempos, porém há efeitos dinâmicos, isto é, quando o tratamento não afeta apenas o nível, afeta também a tendência; (iii) em modelos escalonados, porém com efeito constante e homogêneo, ou seja, todos os grupos vão para o mesmo nível quando passam pelo tratamento.

Entretanto, nem sempre é possível definir teoricamente se os efeitos são de fato constantes e homogêneos. Sendo assim, o TWFE pode gerar resultados viesados nas seguintes situações: (i) modelos escalonados, com efeitos constantes e heterogêneos, ou seja, quando não há alteração de tendência, apenas de nível, mas o efeito é diferente de acordo com o tempo de tratamento (por exemplo, ser maior para quem foi tratado primeiro); (ii) modelos escalonados, com efeitos dinâmicos e homogêneos, quando a tendência é alterada, mas a inclinação da curva é igual para todos os grupos, independentemente do tempo de tratamento; (iii) modelos escalonados com efeitos dinâmicos e heterogêneos, quando o tratamento altera a tendência de forma desigual, de acordo com o tempo em que o grupo foi tratado.

No caso dos efeitos dinâmicos, há uma tendência de o TWFE subestimar o efeito real do tratamento. Isso ocorre porque os grupos que são tratados primeiro são usados como grupo de controle para os demais e, como os efeitos são cada vez maiores com o passar do tempo, os resultados dos grupos que recebem o tratamento posteriormente aparentam ser menores do que realmente são (GOODMAN-BACON, 2021).

Na questão avaliada neste trabalho há naturalmente um estabelecimento de diferentes grupos de tratamento, uma vez que as inaugurações não ocorrem todas ao mesmo tempo e, assim, as observações entram no tratamento em momentos distintos. Sendo assim, os modelos escalonados são mais apropriados para tentar estimar o impacto do tratamento. É possível esperar também que haja efeitos dinâmicos, considerando que os investimentos geram impactos de longo prazo na reorganização da cidade que não são percebidos imediatamente logo após as inaugurações. Essa suposição é reforçada no trabalho de Campos *et al.* (2021). Esses autores encontram que as obras de mobilidade urbana realizadas no Rio de Janeiro na última década produzem efeitos cumulativos sobre o número de internações e postos de trabalho, ou seja, efeitos dinâmicos são esperados. Além disso, efeitos heterogêneos também são prováveis, já que muitas vezes os retornos da expansão de infraestrutura de transportes são decrescentes, como discutido no capítulo 1.

Sendo assim, com um problema definido teoricamente como escalonado e passível de efeitos dinâmicos e heterogêneos, o TWFE não é adequado para a estimação do impacto, já que pode produzir vies. A alternativa para isso é utilizar modelos mais robustos de estimações de diferença-em-diferenças com múltiplos períodos de tempo, como o proposto em Callaway e Sant'Anna (2020).

A metodologia de Callaway e Sant'Anna (2020) permite uma estimação do DD considerando múltiplos períodos de tempo (não apenas um tempo antes e depois) e com diferentes grupos de tratamento, sendo que cada um desses recebe o tratamento em um momento diferente. Também permite realizar estimações em um contexto de efeitos heterogêneos e dinâmicos, ou seja, pode ser considerado que cada grupo é afetado de uma forma diferente pelo tratamento e que seu efeito pode variar ao longo do tempo.

O primeiro estágio da estimação desse modelo é representado pela seguinte expressão:

$$ATT(g, t) = E \left[\left(\frac{G_g}{E[G_g]} - \frac{\frac{P_g(X)C}{1 - P_g(X)}}{E \left[\frac{P_g(X)C}{1 - P_g(X)} \right]} \right) (Y_t - Y_{g-1}) \right] \quad (3)$$

Que pode ser resumida como:

$$ATT(g, t) = E[w_g^G (Y_t - Y_{g-1}) | G_g = 1] - E[w_g^C (Y_t - Y_{g-1}) | C = 1] \quad (4)$$

Em que:

$G_g = 1$ se a observação faz parte do grupo de tratados que recebeu o tratamento no tempo g ;

$C = 1$ se a observação nunca foi tratada;

$P_g(X)$ é o escore de propensão, ou seja, a probabilidade estimada a partir das covariadas X de cada observação participar do grupo que foi tratado no período g ;

$w_g^G = \frac{1}{E[G_g]}$: indica que todas as observações tratadas serão ponderadas pelo mesmo peso;

$w_g^C = \frac{\frac{P_g(X)C}{1 - P_g(X)}}{E\left[\frac{P_g(X)C}{1 - P_g(X)}\right]}$: indica que as observações de controle terão pesos diferentes, de acordo com sua probabilidade de ser tratada.

O segundo estágio do CSDID permite o agrupamento parcial dos resultados de diversas formas: por tempo de exposição, como o tratamento afeta as observações após determinado tempo, para capturar os efeitos dinâmicos; entre grupos (ATE grupo-tempo), isto é, se há efeitos heterogêneos, observando em especial se receber o tratamento mais cedo tem impacto diferente de ser tratado mais tarde; efeito cumulativo geral em determinado momento do tempo calendário; efeito total do tratamento, que é uma aproximação do efeito médio do tratamento sobre os tratados na especificação clássica do DD, computando primeiro a média dos efeitos de cada grupo em todos os períodos no tempo e depois a média dessas médias para obter o efeito médio geral do tratamento.

Neste trabalho, o ATT (g, t) a ser estimado refere-se ao impacto do tratamento (inauguração de novas estações de BRT, VLT ou metrô entre 2012 e 2017) nas notas padronizadas dos alunos do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental que não tenham mudado de escola ao longo desse período. Ele deve ser igual a 0 quando estimado para períodos anteriores ao tratamento para satisfazer a hipótese de tendências paralelas. Um estudante é tratado ($G_g = 1$) se estuda em uma escola localizada a menos de 1km de distância de uma das estações de BRT, VLT ou Metrô que foram inauguradas a partir de 2012 no contexto da Copa do Mundo de 2014 e das Olimpíadas de 2016.

Os alunos que formam o grupo de controle são aqueles que estudam em escolas que estão mais próximas (menos de 1km) de estações, todas de metrô, que já existiam antes de 2012 ($C = 1$). Há 23 períodos (t) na base de dados, sendo que os tratamentos (inaugurações) ocorrem nos tempos 4, 8, 9, 10, 11, 17, 18, 20, 21 e 23 (g). O estimador de diferenças em diferenças duplamente robusto (DRDID) de Sant'Anna e Zhao (2020) foi utilizado para computar o ATE grupo-tempo. O DRDID combina regressão linear e escore de propensão para produzir um estimador que seja consistente mesmo quando apenas um desses modelos está corretamente especificado.

5 RESULTADOS

5.1 DESCRITIVAS

A tabela 1 mostra algumas estatísticas descritivas (média, desvio-padrão, valor mínimo e máximo, percentis 25 e 75) das distâncias lineares das escolas até sua estação mais próxima. Observa-se que as escolas tratadas estão, em média, 100 metros mais próximas da infraestrutura de transporte do que aquelas que estão no grupo de controle.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das distâncias (em metros) entre escolas e estações por grupo

Grupo	Média	Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75
Controle	578	236	605	20	999	451	741
Tratadas	472	253	426	50	987	277	692
Total	508	253	521	20	999	299	698

Fonte: Instituto Pereira Passos. Elaboração própria.

A tabela 2 mostra como essas observações estão distribuídas na amostra segundo a disciplina e o grupo. Para as duas matérias há quase o dobro de observações no grupo de tratados do que no grupo de

controle, o que é esperado já que há 28 estações antigas e 71 novas, ou seja, a área de abrangência dessas é bem maior e, portanto, mais estudantes são beneficiados.

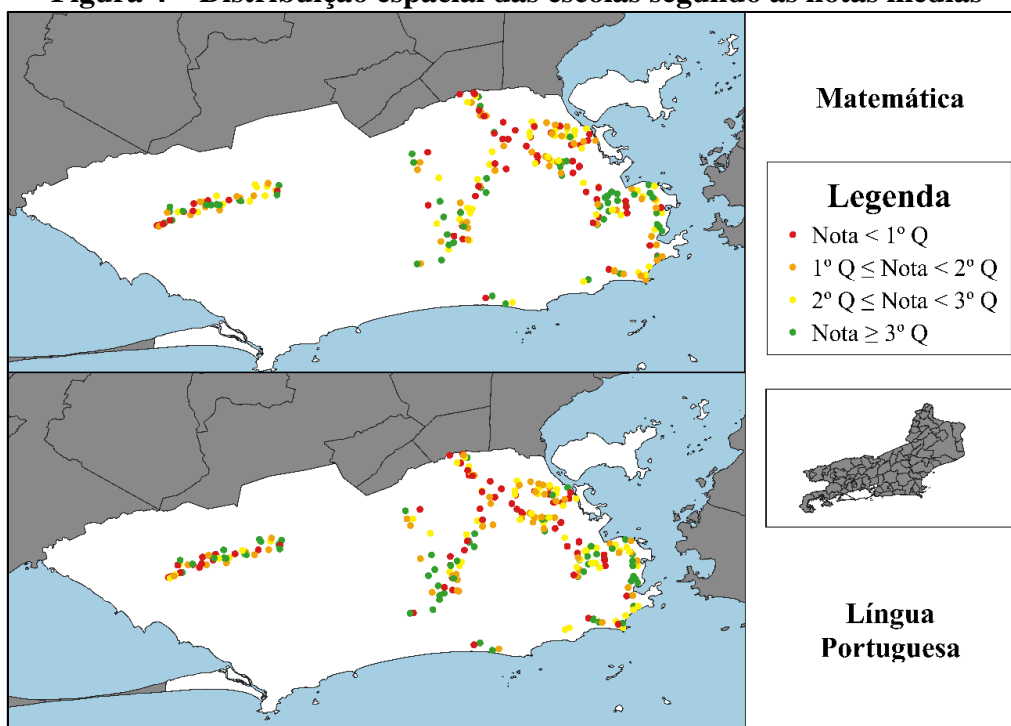
Tabela 2 - Número de observações de cada grupo por disciplina

Disciplina	Controle	Tratados	Total
Língua Portuguesa Leitura	389.697	753.828	1.143.525
Matemática	387.008	751.355	1.138.363

Fonte: SME. Elaboração própria.

A figura 4 mostra o desempenho médio dos estudantes nas provas bimestrais por escola segundo a localização dessas. O único padrão que pode ser claramente identificado na distribuição espacial é a relativa concentração de escolas com notas médias abaixo da mediana na Zona Norte da cidade.

Figura 4 – Distribuição espacial das escolas segundo as notas médias



Fonte: SME e Instituto Pereira Passos. Elaboração própria.
Q = Quartil

A tabela 3 mostra as observações segundo o grupo de tratamento e apresenta algumas estatísticas descritivas das notas: média, desvio-padrão e número de observações pertencente a cada grupo. Como as notas estão padronizadas, os resultados superiores a 0 significam desempenho acima da média geral e o contrário vale para resultados negativos. Fica evidente que as notas nos últimos grupos, isto é, daqueles alunos que receberam o tratamento nos períodos finais, é maior do que as dos alunos de escolas próximas a estações de transporte inauguradas mais no início da análise.

O grupo 8 concentra o maior número de alunos tratados na amostra, 184.817, o que representa quase 1/4 do total. Compreende escolas que foram beneficiadas tanto por obras do BRT quanto por intervenções no Metrô no início de 2014. Nos grupos de tratamento finais, 21 e 23, o número de observação é bem inferior aos demais, até porque se trata de obras de VLT, concentradas no centro da cidade, onde há um número reduzido de unidades escolares.

O melhor resultado médio em Língua Portuguesa Leitura (0,4520) é encontrado no grupo 21: aqueles alunos de escola próximas a estações de VLT inauguradas antes do 2º bimestre de 2017. O pior desempenho (-0,2650) é do grupo 4, o primeiro tratado da amostra (estudantes que frequentavam escolas próximas de estações de BRT abertas antes da primeira prova bimestral de 2013. Para Matemática, o mesmo padrão se repete, sendo que as melhores e piores médias são, respectivamente, 0,8180 e -0,1720.

Tabela 3 – Estatísticas descritivas das notas padronizadas por grupo de tratamento e disciplina

Grupo de tratamento	Língua Portuguesa Leitura			Matemática		
	Média	Desvio-padrão	Nº de observações	Média	Desvio-padrão	Nº de observações
4	-0,2650	1,0410	65.307	-0,1720	0,9980	64.043
8	-0,0420	1,0110	184.817	0,0103	1,0040	184.141
9	0,1000	0,9920	95.517	0,0994	1,0270	94.203
10	-0,0482	0,9910	146.052	-0,0694	0,9770	147.089
11	0,1440	0,9700	112.622	0,0839	1,0040	112.657
17	-0,0307	0,9630	7.496	0,0383	1,0370	7.951
18	0,0725	0,9650	135.668	0,0413	0,9880	134.930
20	0,1310	1,0150	4.719	0,3240	1,0690	4.705
21	0,4520	0,7850	1.035	0,8180	0,9140	1.039
23	0,2660	0,8260	595	0,5270	0,9070	597

Fonte: SME. Elaboração própria.

As tabelas 4 e 5 apresentam, além da média, do desvio padrão e da frequência absoluta, a mediana, o valor mínimo, máximo e os percentis 10 e 90 das notas, comparando os resultados agregados de todos os grupos tratados com o desempenho do grupo de controle.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das notas padronizadas por grupo (Língua Portuguesa Leitura)

Grupo	Média	Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	P10	P90	Frequência absoluta
Controle	-0,0133	1,0060	0,0787	-4,0421	3,2803	-1,4180	1,2347	389.697
Tratadas	0,0069	0,9970	0,0887	-4,0421	3,2803	-1,3885	1,2347	753.828
Total	0,0000	1,0000	0,0873	-4,0421	3,2803	-1,3954	1,2347	1.143.525

Observa-se que, para ambas as disciplinas, os tratados têm resultado ligeiramente acima da média (0,0069 em LPL e 0,0102 em Matemática) e o grupo de controle abaixo (-0,0133 em LPL e -0,0199 em Matemática). Os valores das medianas, no entanto, indicam que mais da metade dos alunos da amostra, nas duas categorias, têm desempenho inferior ao resultado necessário para aprovação na rede: 60% ou 0,4413 na nota padronizada de LPL e -.0877 na de Matemática. Sendo assim, esses estudantes precisam de notas acima de 60% nas demais atividades avaliativas para terem resultado suficiente no fim do ano. Os mínimos e máximos presentes nas tabelas refletem o menor e o maior valor possível de ser obtido nas avaliações (0 e 10).

Tabela 5 - Estatísticas descritivas das notas padronizadas por grupo (Matemática)

Grupo	Média	Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	P10	P90	Frequência absoluta
Controle	-0,0199	0,9990	-0,0954	-3,4519	3,8746	-1,2654	1,3738	387.008
Tratadas	0,0102	1,0000	-0,0594	-3,5182	3,8746	-1,2391	1,3941	751.355
Total	0,0000	1,0000	-0,0729	-3,5182	3,8746	-1,2538	1,3914	1.138.363

As estatísticas descritivas, portanto, mostram os estudantes das escolas tratadas com desempenho médio superior ao dos alunos das escolas do grupo de controle.

5.2 RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES

Nessa seção estão os resultados das estimações econométricas realizadas a partir dos dados e da metodologia detalhados na seção 4.

Os gráficos 1 e 2 mostram os efeitos dinâmicos do tratamento (inauguração de estações) com um gráfico de *Event Study*. O primeiro refere-se aos resultados sobre as notas de Matemática e o segundo sobre as notas de Língua Portuguesa Leitura. Ambos foram colocados na mesma escala para facilitar a comparação. As linhas vermelhas mostram a diferença entre os grupos de controle e de tratamento nos períodos anteriores à intervenção, enquanto as linhas azuis mostram o efeito agregado do tratamento nos diferentes grupos após determinados números de períodos.

Gráfico 1 – *Event Study* da inauguração das estações sobre as notas padronizadas dos estudantes em Matemática

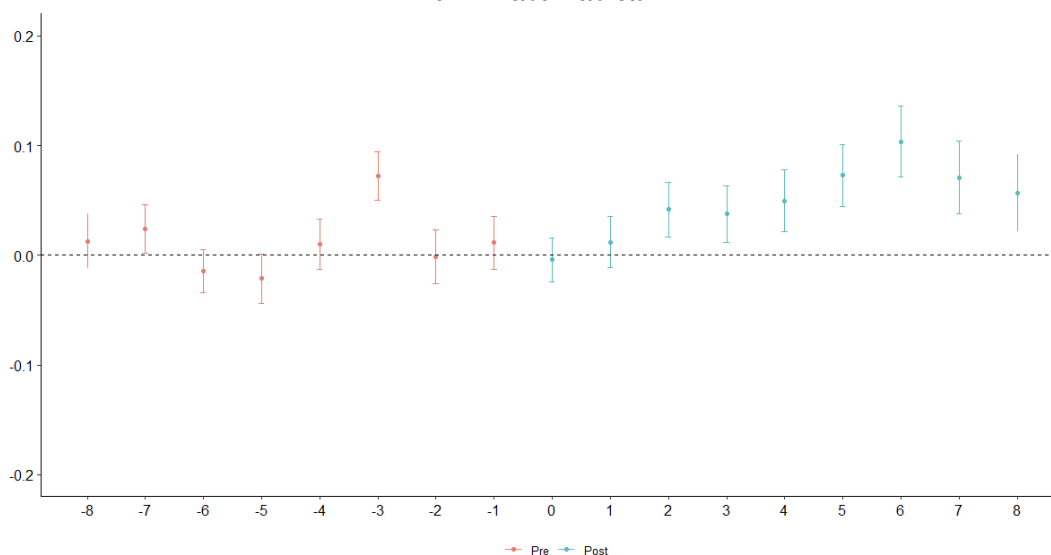
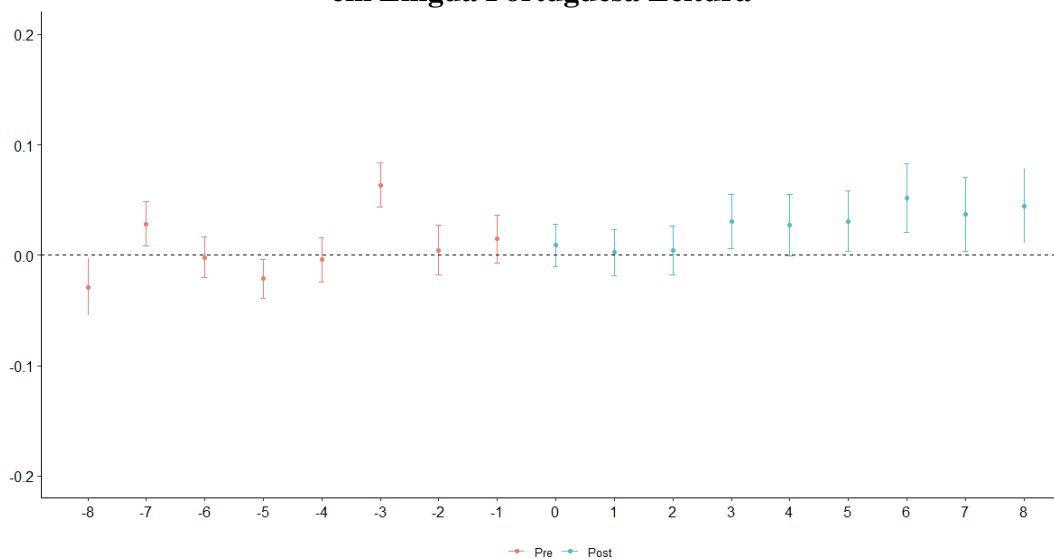


Gráfico 2 – *Event Study* da inauguração das estações sobre as notas padronizadas dos estudantes em Língua Portuguesa Leitura



O gráfico 1 mostra que as inaugurações das estações de Metrô, BRT e VLT inauguradas no contexto dos megaeventos esportivos tiveram impacto estatisticamente diferente de 0 e positivo sobre as notas de matemática dos estudantes. O efeito se dá em formato de “U invertido”: é nulo nos dois primeiros períodos, passa a ser significativo e positivo a partir do terceiro, sendo crescente até seis períodos após a intervenção, quando atinge o valor de 0,1359, e depois é decrescente, porém ainda se mantendo acima de 0, com um coeficiente de 0,0922 oito períodos após a intervenção.

Para o desempenho dos alunos em Língua Portuguesa Leitura, o gráfico 2 também indica um impacto diferente de 0 e positivo, porém em um nível menor. O efeito é estatisticamente diferente de 0 a partir do terceiro período após o tratamento, com exceção do período quatro, quando é não significativo. O coeficiente máximo de 0,0827 também ocorre seis tempos após a intervenção e fica em 0,0781 no final do tempo analisado.

Gráfico 3 – Efeito geral da inauguração das estações sobre as notas padronizadas dos estudantes em Matemática

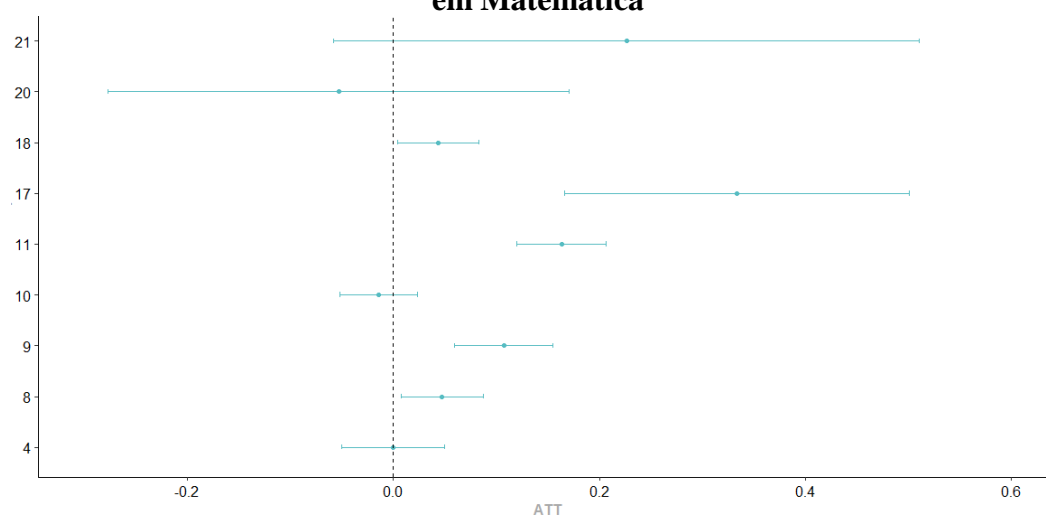
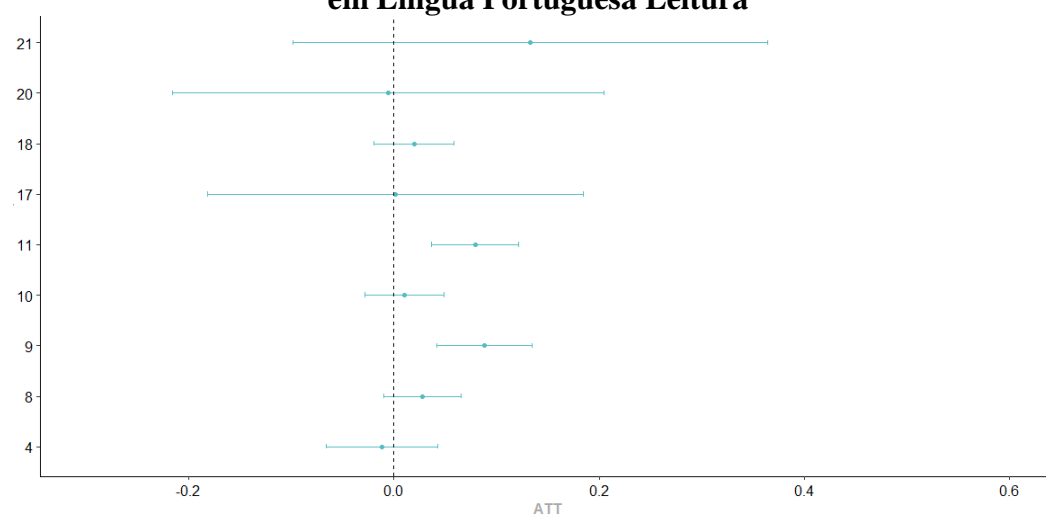


Gráfico 4 – Efeito geral da inauguração das estações sobre as notas padronizadas dos estudantes em Língua Portuguesa Leitura



Os gráficos 3 e 4 apresentam o Efeito Geral do tratamento segundo cada tipo grupo de tratamento. O grupo 23 foi ocultado do gráfico para possibilitar uma melhor escala e facilitar a visualização, mas para ambas as disciplinas os resultados dele não foram estatisticamente significantes. Essas representações do Efeito Geral mostram a média do efeito médio independentemente do tempo de exposição ao tratamento.

No gráfico 3, estão os resultados sobre as notas de Matemática. Há um efeito positivo e significativo do tratamento nos grupos 8, 9, 11, 17 e 18, sendo que o ATT chega a 0,3331 no décimo sétimo grupo. São inaugurações de VLT.

Para as notas de Língua Portuguesa Leitura, os resultados demonstrados no gráfico 4 também são positivos para alguns grupos, porém novamente em magnitude menor: 0,0883 no o grupo 9, 0,0790 no o grupo 11. Nos demais grupos de tratamento os coeficientes encontrados não têm significância estatística. O impacto do tratamento em LPL ser sempre menor se explica pelo fato de que o conhecimento em língua nativa é muito desenvolvido também em ambientes fora da escola, pela leitura e conhecimento de mundo que permitem aprimorar a habilidade de interpretação de texto. O aprendizado de matemática, por outro lado, tem uma relação mais direta com o ensino formal e, por isso, é mais influenciado pela frequência e capacidade de atenção durante as aulas (FRANCO *et al.*, 2007).

Esses resultados indicam que as obras realizadas podem ter melhorado a mobilidade dos estudantes e, assim, impactado no seu desempenho por meio dos mecanismos discutidos na seção 2.2: diminuição de custos monetários, de tempo ou psicológicos. O papel de cada um deles nos resultados encontrados é um aspecto que foge do escopo desse trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mobilidade urbana é um importante canal para mitigar problemas históricos do desenvolvimento das cidades, já que é por meio desse tipo de política que se possibilita que todos tenham acesso aos bens e serviços e a oportunidades, especialmente de educação e de emprego. Quando não é bem planejado, um projeto de mobilidade pode trazer diversas externalidades negativas, prejudicando ainda mais aqueles que mais são excluídos.

Esse aspecto é debatido na literatura que discute o legado dos megaeventos esportivos sediados no Rio de Janeiro. Apesar de terem motivado importantes transformações, reconhece-se que as obras realizadas nesse contexto beneficiaram especialmente uma população que já morava em localidades privilegiadas. Sendo assim, é importante avaliar os impactos desses projetos considerando seus efeitos sobre diversas variáveis, inclusive sobre o aprendizado na Educação Básica.

Na literatura de Economia da Educação há algumas evidências de que o deslocamento dos alunos pode afetar o seu desempenho, já que ele gera custos monetários, de tempo e psicológicos que podem impactar na capacidade dos estudantes se manterem na escola e se dedicarem aos estudos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho era avaliar o impacto do BRT, VLT e Metrô, implementados no Rio de Janeiro na última década, sobre o desempenho dos estudantes, para examinar se essas obras tiveram efeitos sobre esse grupo, sob a perspectiva de que o transporte é importante para o desenvolvimento econômico e para viabilizar o acesso a oportunidades. Para isso, utilizaram-se dados da SME, o georreferenciamento das escolas e das estações de transporte e o método de diferença-em-diferenças de Callaway e Sant'Anna.

Os resultados encontrados indicam que esses novos meios de transporte públicos tiveram um impacto positivo sobre o desempenho dos estudantes do Ensino Fundamental da rede municipal da cidade, sendo que os efeitos são maiores sobre as notas na prova de Matemática. Isso reforça como o transporte pode ser importante para os resultados educacionais e como políticas públicas nesse sentido são importantes para garantir um acesso a oportunidades mais justo.

REFERÊNCIAS

- AHRBERG, Kurosh et al. The interaction between sleep quality and academic performance. **Journal of psychiatric research**, v. 46, n. 12, p. 1618-1622, 2012.
- ASAHI, Kenzo et al. **The Impact of Better School Accessibility on Student outcomes**. Spatial Economics Research Centre, LSE, 2014.
- ASAHI, Kenzo; PINTO, Ignacia. Transit, academic achievement, and school adaptation: Evidence from a subway expansion. **Working Paper**. 2018.

BARBOSA, Caio. Linha 3 do metrô: um sonho que desafia gerações. **Casa Fluminense**. Rio de Janeiro, 3 set. 2015. Disponível em: <https://casافلuminense.org.br/linha-3-do-metro-um-sonho-que-desafia-os-seculos/#:~:text=O%20sonho%20de%20um%20modal,conhecido%20hoje%20como%20linha%203>. Acesso em 27 jun. 2022.

BARBOSA FILHO, F. de H.; PESSÔA, S. de A. Retorno da educação no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 1, p. 97-125, abr. 2008.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. **Journal of Economic Growth**, v. 17, n. 4, p. 267–321, 2012.

BAUM-SNOW, Nathaniel; KAHN, Matthew E. The effects of new public projects to expand urban rail transit. **Journal of Public Economics**, v. 77, n. 2, p. 241-263, 2000.

BILLINGS, Stephen B. Estimating the value of a new transit option. **Regional Science and Urban Economics**, v. 41, n. 6, p. 525-536, 2011.

BILLINGS, Stephen B.; LELAND, Suzanne; SWINDELL, David. The effects of the announcement and opening of light rail transit stations on neighborhood crime. **Journal of Urban Affairs**, v. 33, n. 5, p. 549-566, 2011.

BRASIL foi escolhido sede da Copa do Mundo de 2014 em outubro de 2007. **O Globo**. Rio de Janeiro, 20 de agosto de 2013. Esportes. Disponível em: <https://acervo.oglobo.globo.com/fatos-historicos/brasil-foi-escolhido-sede-da-copa-do-mundo-de-2014-em-outubro-de-2007-9630221>. Acesso em: Acesso em 3 jul. 2022.

CALLAWAY, Brantly; SANT’ANNA, Pedro HC. Difference-in-differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, 2020.

CAMPOS, M. C. *et al.* **Relatório de avaliação de efetividade: efeitos socioeconômicos dos projetos de mobilidade urbana financiados pelo BNDES no Rio de Janeiro entre 2009 e 2018**. BNDES e PUC-Rio, v. 03, n 6, 2021.

CAMPOS, M. C. **Urban mobility, inequality and welfare in developing countries: Evidence from 2016 Olympics in Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. PUC-Rio, 2019.

COSTA, M. A. et al. Caracterização e Quadros de Análise Comparativa da Governança Metropolitana no Brasil: análise comparativa das funções públicas de interesse comum (Componente 2)-RM do Rio de Janeiro (Relatório de Pesquisa). Rio de Janeiro: **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea**, 2015.

DICKERSON, Andy; MCINTOSH, Steven. The impact of distance to nearest education institution on the post-compulsory education participation decision. **Urban Studies**, v. 50, n. 4, p. 742-758, 2013.

DITTMAR, Hank; OHLAND, Gloria (Ed.). **The new transit town: Best practices in transit-oriented development**. Island Press, 2012.

DONALDSON, Dave; HORNBECK, Richard. Railroads and American economic growth: A “market access” approach. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 131, n. 2, p. 799-858, 2016.

FALCH, Torberg; LUJALA, Päivi; STRØM, Bjarne. Geographical constraints and educational attainment. **Regional Science and Urban Economics**, v. 43, n. 1, p. 164-176, 2013.

FARIA, Gabriela Cicci. **Cidades possíveis: espaço e gênero em escolhas de mobilidade urbana**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

FRANCO, Creso et al. Qualidade e equidade em educação: reconsiderando o significado de " fatores intra-escolares". **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 15, p. 277-298, 2007.

GENDRON-CARRIER, Nicolas et al. Subways and urban air pollution. **Working Paper 24183**. National Bureau of Economic Research, 2018.

GIBBONS, Stephen; MACHIN, Stephen. Valuing rail access using transport innovations. **Journal of urban Economics**, v. 57, n. 1, p. 148-169, 2005.

GONZALEZ-NAVARRO, Marco; TURNER, Matthew A. Subways and urban growth: Evidence from earth. **Journal of Urban Economics**, v. 108, p. 85-106, 2018.

GOODMAN-BACON, Andrew. Difference-in-differences with variation in treatment timing. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 254-277, 2021.

HERSKOVIC, Luis. The effect of subway access on school choice. **Economics of Education Review**, v. 78, p. 102021, 2020.

HORNBECK, Richard; ROTEMBERG, Martin. Railroads, market access, and aggregate productivity growth. **University of Chicago Booth School of Business**, 2021.

KASSENS-NOOR, Eva et al. Olympic transport legacies: Rio de Janeiro's bus rapid transit system. **Journal of Planning Education and Research**, v. 38, n. 1, p. 13-24, 2018.

KIRURU, Ndiritu John; MAGOMA, Charles Mogaka; MUGIRANEZA, Jean Pierre. Schooling hidden costs: the correlation between home-based costs and students' transition rate in Rwanda. **European Journal of Education Studies**, 2020.

KOBUS, Martijn BW; VAN OMMEREN, Jos N.; RIETVELD, Piet. Student commute time, university presence and academic achievement. **Regional Science and Urban Economics**, v. 52, p. 129-140, 2015.

MAPARU, Tuhin Subhra; MAZUMDER, Tarak Nath. Transport infrastructure, economic development and urbanization in India (1990–2011): Is there any causal relationship? **Transportation research part A: policy and practice**, v. 100, p. 319-336, 2017.

MASON, Andrew D.; ROZELLE, Scott D. Schooling Decisions. Basic Education and the Poor in the Rural Java. **World Bank: Oxford University Press**, 1998.

MAYER, Thierry; TREVIEN, Corentin. The impact of urban public transportation evidence from the Paris region. **Journal of Urban Economics**, v. 102, p. 1-21, 2017.

MEMÓRIA GLOBO. Eleição do Rio como sede dos Jogos de 2016. **Coberturas**. Rio de Janeiro, 28 outubro de 2021. Disponível em: <https://memoriaglobo.globo.com/jornalismo/coberturas/eleicao-do-rio-como-sede-dos-jogos-de-2016/noticia/eleicao-do-rio-como-sede-dos-jogos-de-2016.ghtml>. Acesso em 3 jul. 2022.

MENEZES-FILHO, Naercio Aquino; PINTO, Cristine Campos de Xavier. **Avaliação Econômica de Projetos Sociais**. 3 ed. São Paulo: Fundação Itaú Social, 2017. 256p.

PEREIRA, R.; BRAGA, C.; SERRA, B.; NADALIN, V. Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras – 2019. **Texto para discussão, n 2535**. Brasília: Ipea, 2020.

PEREIRA, R.; WARWAR, L.; PARGA, J.; BAZZO, J.; BRAGA, C.; HERSZENHUT, D.; SARAIVA, M. Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual. **Texto para Discussão, n. 2673**. Brasília: Ipea, 2021.

PEREIRA, Rafael HM. Transport legacy of mega-events and the redistribution of accessibility to urban destinations. **Cities**, v. 81, p. 45-60, 2018.

PERKINSON-GLOOR, Nadine; LEMOLA, Sakari; GROB, Alexander. Sleep duration, positive attitude toward life, and academic achievement: the role of daytime tiredness, behavioral persistence, and school start times. **Journal of adolescence**, v. 36, n. 2, p. 311-318, 2013.

PERO, Valéria; MIHESSEN, Vitor. Mobilidade urbana e pobreza no Rio de Janeiro. **Econômica**, v. 15, n. 2, 2013.

RIO DE JANEIRO. Rio 2016: Jogos Olímpicos e legado. **Cadernos de políticas públicas**. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2016.

RODRIGUE, Jean-Paul. **The geography of transport systems**. 5 ed. Abingdon: Routledge, 2020. 468p.

SÁ, Carla; FLORAX, Raymond JGM; RIETVELD, Piet. Does accessibility to higher education matter? Choice behaviour of high school graduates in the Netherlands. **Spatial Economic Analysis**, v. 1, n. 2, p. 155-174, 2006.

SANT'ANNA, Pedro HC; ZHAO, Jun. Doubly robust difference-in-differences estimators. **Journal of Econometrics**, v. 219, n. 1, p. 101-122, 2020.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. 1 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. 461p.

SVAB, Haydée. **Evolução dos padrões de deslocamento na região metropolitana de São Paulo: a necessidade de uma análise de gênero**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.

TIGRE, Robson; SAMPAIO, Breno; MENEZES, Tatiane. The impact of commuting time on youth's school performance. **Journal of Regional Science**, v. 57, n. 1, p. 28-47, 2017.