

# Investimento em Infraestrutura de Transportes e Crescimento Econômico: uma Análise Espacial dos Estados brasileiros

Matheus Rissa Peroni Ribeiro<sup>1</sup>  | Lucas Mikael da Silva dos Santos<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> (Doutorando em Economia) Universidade Estadual Paulista (UNESP). E-mail: matheus.peroni@unesp.br

<sup>2</sup> (Doutorando em Economia) Universidade Estadual Paulista (UNESP). E-mail: lucas.mikael@unesp.br

## RESUMO

O objetivo deste artigo é investigar empiricamente o impacto dos investimentos públicos em infraestrutura de transportes sobre o crescimento econômico brasileiro. As principais hipóteses investigadas são: i) os investimentos em infraestrutura de transportes contribuem para o crescimento econômico dos estados brasileiros; ii) esses investimentos possuem maiores efeitos nas regiões menos desenvolvidas do Brasil. Para tanto, utilizam-se quatro métodos de dados em painel espacial estático e dinâmico para as 26 unidades federativas, no período de 1998 e 2012. Os resultados econométricos confirmam apenas a segunda hipótese, indicando que os investimentos em infraestrutura de transportes são mais produtivos nas regiões menos desenvolvidas do país (Norte e Nordeste). Ademais, com base nas análises descritivas, pode-se afirmar que o investimento *per capita* em infraestrutura de transportes e a presença dessa rubrica no orçamento dos estados apresentaram reduções no período analisado.

## PALAVRAS-CHAVE

Infraestrutura de transportes, Crescimento econômico, Econometria espacial

## Transport Infrastructure Investment and Economic Growth: a Spatial Analysis of Brazilian States

### ABSTRACT

The main go of this article is to investigate empirically the impact of public investments in transport infrastructure over the Brazilian economic growth. The main hypotheses investigated are: i) investments in transport infrastructure contribute to the economic growth of the Brazilian states; ii) these investments have larger effects in the less developed regions of Brazil. For this purpose, static and dynamic spatial panel data methods were used for a set of 26 federative units, from 1998 to 2012. The econometric results confirm only the second hypothesis, indicating that investments in transport infrastructure are more productive in the less developed regions of the country (North and Northeast). In addition, based on the descriptive analyzes, the investment *per capita* in transport infrastructure and the presence of this item in the state budget reduced in the analyzed period.

### KEYWORDS

Transports infrastructure, Economic growth, Spatial econometrics

**CLASSIFICAÇÃO JEL**  
C33, R11, R40

## 1. Introdução

O setor de infraestrutura no Brasil enfrenta diversos problemas principalmente no setor de transportes, constituído pelos modais rodoviário, ferroviário, portuário, aéreo, hidroviário e pela mobilidade urbana. O aumento no investimento em infraestrutura é capaz de gerar efeitos multiplicadores de oferta e demanda na cadeia produtiva, além de elevar a competitividade, a produtividade dos bens e serviços e o bem-estar social. Inclusive, diante da grande dimensão territorial e das desigualdades regionais entre o centro/sul e o norte/nordeste do país, a ampliação da estrutura de transportes é capaz de gerar efeitos de transbordamentos regionais e, conseqüentemente, dinamizar regiões mais atrasadas e isoladas. O caso brasileiro tem mostrado que mesmo com um aumento do investimento privado ainda se faz necessário um planejamento estratégico de longo prazo integrado e orientado às demandas da indústria e da sociedade.

Considerando que a década passada representou a pior em mais de um século em termos de crescimento da renda e na presença da conjuntura adversa atual, formada por crises externas (sanitária, comercial e diplomática) e instabilidades institucionais internas do país, os desafios para a retomada do desenvolvimento econômico brasileiro são imensos (CONSIDERA e TRECE, 2021). Em um contexto de diminuição do estoque de infraestrutura e níveis reduzidos de investimento no setor, o presente estudo busca contribuir para possíveis alternativas e direções para a reversão do cenário atual, por meio da análise da relação entre os investimentos em infraestrutura de transporte e o crescimento econômico do país. Tendo em vista a capacidade do investimento em infraestrutura de transporte em gerar empregos e um novo impulso à economia do país, este trabalho busca contribuir para possíveis alternativas e direções para a reversão do cenário atual, por meio da análise espacial da relação entre os investimentos em infraestrutura de transporte e o crescimento econômico regional brasileiro.

Após a metade do século XX, diferentes correntes teóricas começaram a investigar sobre as dificuldades e os caminhos para o crescimento regional das economias. Albert Hirschman se destaca entre os pioneiros do desenvolvimento econômico ao evidenciar os efeitos de transbordamento do investimento em infraestrutura. Posteriormente, a teoria da Nova Geografia Econômica retomou o debate diante da crescente urbanização e aglomeração produtiva, assim como os Teóricos do Crescimento Endógeno contribuíram para dar base aos modelos empíricos das problemáticas em questão. A literatura econométrica avançou intensamente nas últimas décadas por meio de novos modelos e de metodologias analíticas e atualmente há o consenso de que o investimento em infraestruturas de transporte gera benefícios econômicos.

No entanto, ainda não há consenso sobre os efeitos de transbordamentos regionais e suas respectivas magnitudes, sobretudo em países em desenvolvimento, onde se verificam poucos estudos nessa direção. Soma-se a isso as hesitações da literatura e

dos *policy-makers* acerca da efetividade dos investimentos públicos em infraestrutura de transportes em gerar *spillovers* econômicos e fomentar a interação e integração econômica de diferentes locais. Desse contexto emergem duas hipóteses a serem respondidas: i) os investimentos públicos (estaduais) em infraestrutura de transportes contribuem para o crescimento econômico dos estados brasileiros? ii) esses investimentos logram maiores efeitos na região menos desenvolvida do país (estados do norte e nordeste)?

Especificamente, pretende-se analisar: (i) os efeitos econométricos espaciais dos investimentos em infraestrutura de transportes para o crescimento econômico dos estados brasileiros; (ii) a divergência em magnitude e significância dos efeitos nas regiões menos desenvolvidas (norte/nordeste) em relação às mais desenvolvidas (sul/sudeste/centro-oeste) do Brasil. Para tanto, utilizam-se quatro métodos de dados em painel espacial estático e dinâmico para as 26 unidades federativas, no período de 1998 - 2012. Além disso, são realizadas análises descritivas acerca do investimento *per capita* em infraestrutura de transportes e à importância dessa rubrica no orçamento dos estados. Ambas as análises utilizam a base de dados da Execução Orçamentária dos Estados, FINBRA (Tesouro Nacional).

Embora existam estudos econométricos que utilizem metodologias e investigações análogas direcionadas a outros países pra responder essas questões, este estudo contribui para a literatura econômica regional por dois ângulos. Primeiro, emprega de forma unificada as metodologias econométricas espaciais mais utilizadas pela literatura, ou seja, utiliza de forma conjunta painéis de dados estático e dinâmico (efeitos fixos e aleatórios) com interação espacial regional. Somado a uma análise descritiva e metodológica sem precedentes na literatura nacional para avaliar a intensidade dos impactos da infraestrutura de transporte nos entes federativos brasileiros, a segunda contribuição vai em direção a agregar mais uma análise econométrica espacial à literatura empírica internacional na área de infraestrutura.

Para tanto, além desta introdução, o trabalho está estruturado em mais quatro seções. Na seção subsequente, é realizada um breve diagnóstico da infraestrutura de transportes no Brasil. Na terceira seção, é feita a revisão da literatura teórica e empírica, sobretudo dos trabalhos que realizaram uma análise sobre o investimento em infraestruturas de transportes e o crescimento econômico considerando as especificidades regionais e os efeitos espaciais. Na quarta seção, são apresentadas a estratégia metodológica, contendo os modelos empregados, e a base de dados utilizada, e na quinta seção são realizadas análises dos resultados descritivos e econométricos. Por fim, as conclusões do trabalho são apresentadas.

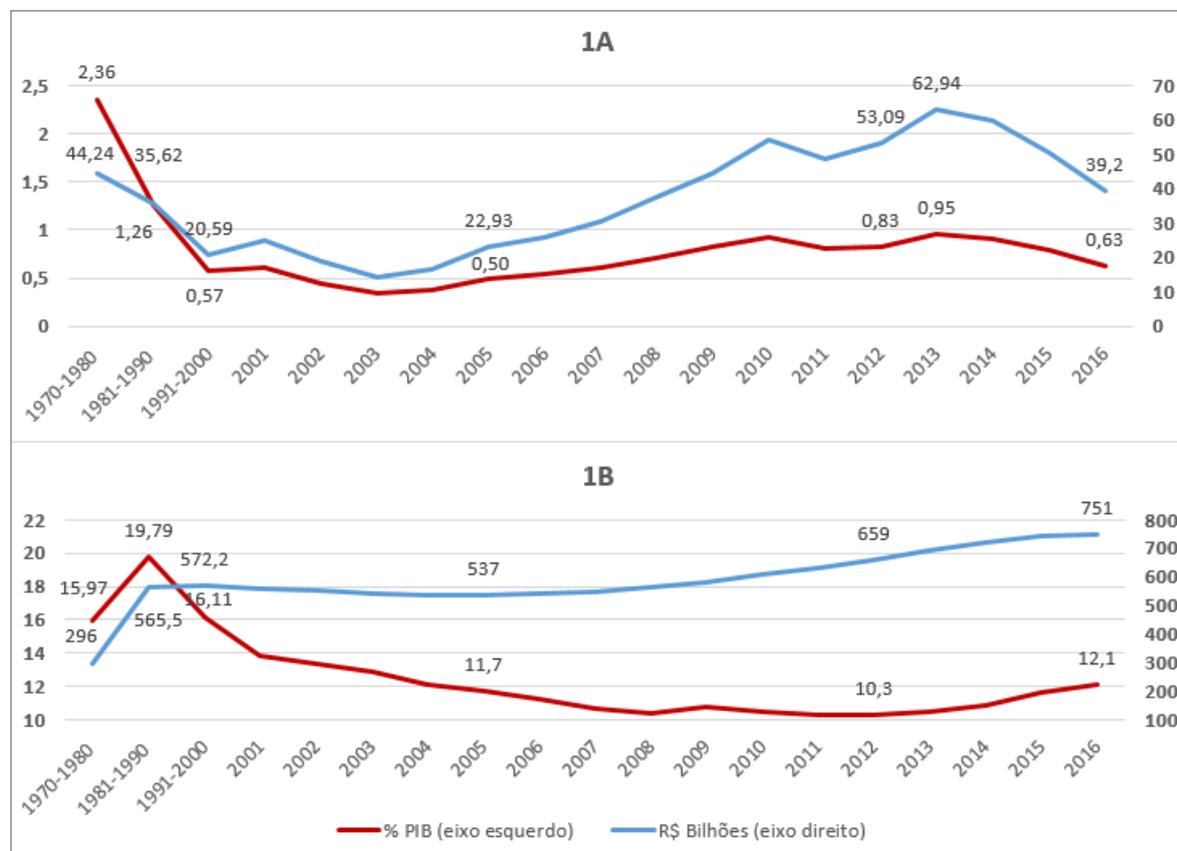
## 2. Breve diagnóstico da Infraestrutura de Transportes no Brasil

O Brasil apresenta uma situação complexa em relação a sua infraestrutura, além de projetos selecionados equivocados, problemas na execução das obras, custos vultuosos na realização dos empreendimentos e constantes prorrogações de prazos, um dos gargalos da infraestrutura brasileira é o baixo investimento. Relatório do Banco Interamericano de Desarrollo confirma que o país apresenta um desafio para a avançagem de sua infraestrutura, principalmente na infraestrutura dos transportes (Cavallo e Powell, 2019).

Conforme dados da série histórica (Figura 1), estimados por Frischtak e Mourão (2017b), o investimento em infraestrutura de transportes como proporção do PIB retraiu de 2,36% na década de 1970 para 0,57% na década de 1990, uma diminuição de R\$23 bilhões entre as duas décadas. Conseqüentemente, após o estoque de capital alcançar 20% em média como proporção do PIB na década de 1980, no início do século 21, o estoque de infraestrutura de transporte já apresentava valores inferiores a 14% do PIB.

Observa-se ainda, na Figura 1, que, apesar de inflexão na tendência de queda dos investimentos em 2003 e da crescente inversão em transportes até a máxima histórica de 2013 (de R\$14 bi para R\$63 bi), o estoque de capital como proporção do PIB permaneceu em patamares próximos ou menores que 12% do PIB. Por fim, cabe destacar que o aumento observado no valor do estoque nos últimos anos deveu-se à retração do PIB e não à expansão dos investimentos, os quais foram reduzidos significativamente entre 2014 e 2016.

Com base em estudo da Confederação Nacional do Transporte, referente aos investimentos mínimos necessários para a execução de projetos urbanos e de integração nacional, Frischtak e Mourão (2017b) concluem que o estoque de capital no setor de transportes deveria corresponder a 26,5% do PIB. Simulações dos autores indicam, com base em hipóteses de depreciação presentes em Frischtak e Mourão (2017b) e de crescimento do PIB de 2% ao ano a partir de 2019 que, o estoque-alvo seria atingido em 2036 caso fosse investindo 2% do PIB ao ano nesse período. Nesse sentido, Campos Neto (2014) explica que, ao compararmos o Brasil com os países emergentes (Rússia, Índia, China, Coreia, Vietnã, Chile e Colômbia), que investem em média 3,4% do PIB em transportes, percebe-se a grande disparidade e o longo caminho que o país ainda precisa percorrer.

**Figura 1.** Série histórica do investimento (a) e do estoque de capital (b) em infraestrutura de transportes no Brasil (como proporção do PIB e em bilhões de reais)

Fonte: Elaboração própria com base nas estimações de Frischtak e Mourão (2017b). Nota: valores reais de 2016.

Outro agravante ocorre na distribuição desproporcional nos diferentes modais dos investimentos no setor de transportes, conforme Frischtak e Mourão (2017a), a participação de cada setor no total investido em transportes para o período 2001-2016 representa: rodoviário (0,55%); ferroviário (0,16%); mobilidade urbana (0,12%); aeroportos (0,06%); portuário (0,09%) e hidroviário (0,02%); também observa-se desigualdade análoga no estoque de capital. Além disso, Bertussi et al. (2011) explicam que o caso brasileiro é singular, devido a sua dimensão territorial que apresenta disparidades entre suas regiões: centro/sul desenvolvido com maiores portos e aeroportos, interligados à rede de rodovias e alguma ligação ferroviária; enquanto a região norte/nordeste apresenta portos e aeroportos esparsos, redes ferroviária e rodoviária deficientes e em péssimas condições, além de grande potencial hidroviário pouco explorado.

Quanto ao financiamento, caracteriza-se por ser uma combinação entre investimento público (BNDES, Caixa Econômica Federal e recursos garantidos pelo Tesouro Nacional) e investimento privado (programas de concessões, parcerias público-privadas e privatizações). De acordo com o estudo 'O financiamento do investimento

em infraestrutura no Brasil: uma agenda para sua expansão sustentada’, o financiamento público e privado representou 81% e 19% respectivamente, em 2014. Já os investimentos, conforme dados do mesmo ano, no modal rodoviário, o investimento público foi predominante (72,17%), mesmo com a intensificação dos programas de concessões para a iniciativa privada; no ferroviário, ocorre o contrário, o investimento privado tem maior participação (70%); na mobilidade urbana, o investimento executado foi totalmente público; no modal portuário, a participação dos investimentos foi totalmente de empresas privadas; referente ao aeroportuário, os investimentos advêm majoritariamente das empresas privadas (60%) através dos programas de concessões; o hidrovial, que representa o modal de menor investimento do setor, conta com 62,5% de investimentos de empresas privadas (Frischtak et al., 2015).

Segundo relatório ‘*Situación y desafíos de las inversiones en infraestructura en América Latina*’, a América Latina (AL) possui países em distintos níveis quando se analisa a questão de investimentos em infraestrutura. Entre as seis maiores economias da região, há um grupo que apresenta investimentos (do setor público e privado somados) em infraestrutura de transportes superiores a 1% do PIB (média do período 2008-2013): Colômbia (1,25%), Chile (1,75%) e Peru (2,5%); e outro conjunto de países com proporções iguais ou menores que 1% do PIB: Argentina (0,75%), México (0,8%) e Brasil (1%) – os dados da Venezuela não são divulgados ((Lardé, 2016), base de dados da INFRALATAM).

Por conseguinte, Lardé (2016) conclui que os projetos de transportes não apresentam melhores perspectivas e os investimentos em modais não rodoviários são insuficientes para as necessidades e especificidades da região da AL. O relatório alerta a necessidade de planejamento de longo prazo que “deve ser construído de forma integral, ou seja, articulado com os diferentes níveis de governo, os ministérios, o setor privado e as diferentes representações da sociedade civil” (p. 16). Nesse contexto, a próxima seção busca realizar uma análise da literatura teórica e empírica que se debruça sobre a problemática do investimento público em infraestrutura de transportes, levando em consideração as especificidades dos países emergentes e, principalmente, o desenvolvimento econômico com uma abordagem regional.

### **3. Revisão da Literatura Teórica e Empírica**

Referencial teórico clássico sobre o desenvolvimento econômico regional, Hirschman (1961) identifica o investimento como variável chave para superar os entraves do subdesenvolvimento, pois além de ser responsável pela criação de renda e geração de capacidade produtiva (investimento induzido) possui a capacidade de transbordar investimento em outros setores ao longo do tempo (investimento adicional). Em outras palavras, o investimento em um setor A gera pressão no aumento da produção de um setor B (pressão de demanda) e no fornecimento de maior capacidade para o investimento em outro setor C (queda dos custos). Desse modo, o processo econômico dos países subdesenvolvidos possui como engrenagem o ‘efeito completo do

investimento', em que cada movimento causado por um desequilíbrio gera novos desequilíbrios.

No lugar da prática que determina quais projetos e setores possuem melhor relação custo-benefício, a melhor estratégia para os países subdesenvolvidos trata-se da escolha de uma trajetória ótima de investimento em infraestrutura e atividades produtivas (sequências efetivas). Para tanto, o autor divide o investimento em Capital Fixo Social (CFS), geralmente criado e financiado pelo setor público, e Atividades Diretamente Produtivas (ADP), ligada à iniciativa privada. O CFS corresponde às atividades de infraestrutura econômica (transporte, energia, saúde e etc.) que permitem o funcionamento das ADP, e a questão situa-se em que "ponto o investimento em CFS lidera ou acompanha o investimento em ADP" (Hirschman (1961), p. 135). Em regiões desprovidas de CFS, a melhor sequência seria partir de investimentos mínimos em CFS para incentivar o investimento em projetos de ADP e, no caso de regiões mais dinâmicas, um aumento do investimento em ADP gera uma pressão para a expansão de CFS, gerando maiores incentivos para investir em infraestrutura.

Sendo assim, o autor salienta que essa dinâmica pode ser entendida partindo da constatação de que o desenvolvimento não ocorre de forma equilibrada em todas as regiões, mas concentra-se em determinados polos. O crescimento desigual estabelece a existência de regiões progressistas e regiões atrasadas, as primeiras (polos) podem realizar dois efeitos: i) efeito de fluência, ocorre quando a região dinâmica investe e demanda bens e serviços das regiões atrasadas do entorno, fomentando a atividade das economias adjacentes; ii) efeito de polarização, decorre da concentração de atividades industriais no polo e da migração de capital e trabalho para a região dinâmica. Caso o efeito de polarização se sobreponha ao efeito de fluência, Hirschman (1961) afirma a necessidade de políticas intervencionistas para corrigir a situação. Nesse momento, o papel do Estado terá influência decisiva na dinâmica de todo o processo, pois a alocação de investimento público nas regiões estagnadas torna-se importante para promover o desenvolvimento econômico nas diversas regiões de um país.

Duas abordagens mais recentes realizaram avanços teóricos para compreender os mecanismos pelos quais a infraestrutura de transportes influencia processos econômicos interativos que percorrem a economia e produzem efeitos espaciais, regionais e sociais. A primeira abordagem, Teoria do Crescimento Endógeno (TCE), introduz retornos crescentes na função de produção (capital humano) e endogeniza a taxa de mudança técnica (tecnologia) para determinar o crescimento de longo prazo. A TCE desenvolve modelos em que o crescimento de longo prazo se baseia em incentivos fornecidos pelo ambiente econômico em que os agentes interagem.

Romer (1990) propõe que o investimento em capital gera processos de aprendizado (*learning by doing*) que produzem transbordamentos de conhecimento (*spillovers*) e, devido às externalidades positivas, a mudança tecnológica torna-se endógena ao crescimento. Similarmente, ao incluir o capital humano na função de produção, no modelo de Lucas (1988), os investimentos em educação (capital humano) geram efeitos

de transbordamento que aumentam a produtividade tanto do capital físico quanto da força de trabalho, neutralizando os retornos decrescentes da acumulação de capital.

Em síntese, a TCE argumenta que investimentos em infraestrutura (capital físico) geram externalidades positivas no crescimento por meio do acúmulo de conhecimento e melhorias no capital humano. Por meio do aumento da produtividade, espera-se que salários e lucros maiores atraiam mais investimentos e trabalhadores. Níveis mais altos de investimentos em infraestrutura podem impulsionar a taxa de crescimento da força de trabalho, ampliar o acesso à saúde, à educação, ao mercado de bens e, conseqüentemente, intensificar o desenvolvimento regional. Porém, além de apresentar análises agregadas, a TCE não formula adequadamente o impacto das externalidades positivas e dos transbordamentos de conhecimento nas dimensões espaciais.

A segunda abordagem, conhecida como Nova Geografia Econômica, procura superar as limitações da TCE por meio de modelos de determinação endógena de economias de aglomeração com base na interação entre economias de escala, custos de transporte e mobilidade de fatores. Para tanto, procura-se compreender as razões das atividades econômicas se aglomerarem em torno de regiões, por meio de duas hipóteses: externalidades sob competição perfeita e retornos crescentes de escala em mercados imperfeitos (Fujita et al., 2001; Krugman, 1991).

Os retornos crescentes de escala desempenham um papel importante na explicação do desenvolvimento e da localização da produção nas regiões, visto que os custos de transporte conduzem a um processo cumulativo de divergência regional. Além disso, onde há transações frequentes entre fornecedores e clientes (mobilidade de fatores), o custo das transações provavelmente será menor dentro de aglomerações. Conforme observado por Krugman (1999), algumas aglomerações regionais adquirem vantagens pela existência de retornos crescentes de transporte e transações, influenciando a formação de clusters produtivos.

Nesse sentido, o crescimento urbano e a distribuição regional da produção são determinados por uma força que tende à concentração e outra que tende à desconcentração, respectivamente, uma tensão entre as forças centrípetas que tendem a atrair a população e o investimento produtivo para aglomerações e as forças centrífugas que tendem a fragmentar tais aglomerações, devido aos efeitos gerados através do aumento da concorrência e dos custos do fator trabalho. Logo, as desigualdades regionais são ampliadas ao verificar-se sobreposição das forças centrípetas em relação às forças centrífugas (Krugman, 1991).

Portanto, conforme Hirschman (1961), o investimento em infraestrutura tem um papel fundamental no processo de crescimento econômico, pois é capaz de gerar efeitos multiplicadores para trás e para frente na cadeia produtiva. Além disso, soma-se à infraestrutura de transportes a capacidade de articular os setores das atividades produtivas entre as diversas regiões. Por outro lado, a Nova Geografia Econômica evidenciou a tendência de aglomeração em determinadas regiões que podem tornar

forças concentradoras superiores, ampliando as desigualdades regionais. Por fim, como veremos adiante, a TCE contribuiu significativamente para a modelagem econométrica na avaliação dos efeitos do investimento em infraestrutura de transportes sobre o crescimento econômico.

Em grande medida, os trabalhos da literatura empírica seguem os modelos da TCE ao empregarem capital físico e humano como fatores de produção, ou seja, estoques de infraestrutura de transporte, trabalho e educação. Lakshmanan e Anderson (2007) apresentam as contribuições teóricas subjacentes aos processos que as infraestruturas de transporte físicas (capital físico) e não físicas (capital humano) desempenham no fomento ao comércio e à integração regional, além de descrever a experiência estadunidense. Ademais, Lakshmanan (2011) realiza revisão abrangente sobre os impactos do estoque e investimento em infraestrutura de transporte no crescimento e desenvolvimento econômico, nas perspectivas microeconômicas (análise custo-benefício), macroeconômicas (estimativa de funções de produção e funções de custo) e análises históricas (difusão das redes ferroviárias).

Trabalho seminal na análise econométrica (séries temporais), Aschauer (1989) investiga como o estoque de capital público - infraestrutura de transporte e saneamento estadunidense - impactou no crescimento do período 1949-1989. O autor identificou que o investimento em infraestrutura fomenta o crescimento econômico e estimula os investimentos privados nos setores de transporte, saneamento e energia.

O primeiro trabalho identificado a avaliar o impacto do estoque público de infraestrutura na produção, no crescimento do emprego e no investimento privado considerando níveis estadual e regional, por meio de modelos empregando função de produção Cobb-Douglas estendida, Munnell (1990) conclui que os estados que investiram mais em infraestrutura tendem a ter maior produção, mais investimento privado e mais crescimento do emprego.

Cohen (2010) realizou uma síntese de vários estudos importantes na literatura publicados até 2010 que incorporam a econometria espacial no contexto da infraestrutura de transportes. O autor enfatiza que análises econométricas com interações espaciais demonstram 'benefícios mais amplos' ao analisar impactos indiretos para além da região geográfica, ou seja, estado ou município em que o investimento é realizado. Nesse sentido, os efeitos de fluência (no termo de Hirschman) e as forças centrífugas (expressão utilizada pela Nova Geografia Econômica) são factuais, visto que os investimentos em determinadas regiões são capazes de fomentar a atividade das economias adjacentes.

Estudo precursor da literatura empírica em utilizar dados em painel (método de momentos generalizados - GMM) e considerar o potencial de endogeneidade dos modelos, Calderon e Servén (2004) investigam a relação entre o estoque de infraestrutura e a taxa de crescimento da economia em 121 países, para os anos de 1960 a 2000. Os autores concluem que o estoque de infraestrutura possui um efeito positivo e sig-

nificativo sobre o crescimento de longo prazo e impacto negativo sobre a concentração de renda. Além disso, indicam que os retornos do investimento em infraestrutura são maiores quando o estoque é menor, tendendo a arrefecer à medida que tal variável se amplia. Essa conclusão aproxima-se da afirmação de Hirschman (1961) ao apontar que o investimento público em infraestrutura de transportes nas regiões com menos estoque (estagnadas) apresenta resultados mais proeminentes para o desenvolvimento.

Nesse contexto, o Quadro 1 a seguir propõe compilar os principais resultados dos trabalhos internacionais econométricos mais recentes que utilizam dados empilhados em painel e que consideram os efeitos espaciais da infraestrutura de transportes sobre o crescimento econômico regional. Na maioria dos trabalhos elencados, a medida de infraestrutura é dada pelo estoque monetário e a metodologia econométrica mais empregada foi a utilização de painel estático com efeitos fixos e interação espacial. Foram observados, em proporção menor, a utilização de estoque físico como variável de interesse e o emprego da metodologia GMM.

Com relação aos resultados, todos os estudos internacionais consultados (Quadro 1) demonstraram efeitos positivos e estatisticamente significantes do estoque (investimento) em infraestrutura de transportes sobre o crescimento econômico (destaque para o modal rodoviário), dos quais 70 % manifestaram efeitos de transbordamentos regionais espaciais significativos. Por fim, devemos salientar que, assim como na literatura econométrica precedente, as análises são direcionadas sobretudo para países desenvolvidos. Esse fato torna relevantes artigos que se dedicam a analisar a variação espacial para a discussão entre crescimento econômico e investimento em infraestrutura de transportes orientados a países em desenvolvimento, escassamente encontrada na literatura.

Com relação à literatura nacional, o primeiro autor a realizar tais relações para a economia brasileira foi Ferreira (1996). O trabalho analisou a influência do estoque de capital em infraestrutura federal (telecomunicações, energia elétrica, portos e ferrovias) sobre o crescimento da economia, por meio do método de cointegração (série temporal). Os resultados do trabalho indicam que o crescimento de 1% no estoque em infraestrutura impacta entre 0,34% e 1,12% no crescimento do PIB. Posteriormente, Ferreira e Malliagos (1998) ampliaram a análise para o período 1950-1995, desagregam o investimento em infraestrutura por setores e concluíram que a elasticidade-renda do setor de transportes foi superior ao do setor elétrico e de telecomunicações.

Propõe-se concentrar a análise mais atenciosa em três artigos que permitem dialogar com os objetivos deste presente artigo (Rocha e Giuberti, 2007; Bertussi e Ellery, 2012; Silva et al., 2016), pois utilizam a mesma variável de interesse (Investimento estadual em infraestrutura de transporte); métodos econométricos análogos; e decomposições regionais comparáveis. Rocha e Giuberti (2007) procuraram identificar quais componentes dos gastos públicos dos estados brasileiros (exceto Tocantins) influenciaram no crescimento econômico durante o período 1987-1998, a partir do mé-

**Quadro 1.** Literatura internacional recente com análises econométricas espaciais sobre infraestrutura de transportes

Estudos	Amostra	Medida/Variável	Metodologia	Resultados
Tsekeris e Vogiatzoglou (2014)	Grécia; 51 cidades; 2000 a 2008	Investimento em infraestrutura (transporte, telecomunicações, saneamento e energia)	Painel estático com efeitos fixos (interação espacial)	Aumento de 10% no investimento público em infraestrutura de transporte (rodoviário, aéreo e portos) estimula a produção manufatureira e de serviços empresariais entre 0,1% e 0,25%.
Arbués et al. (2015)	Espanha; 47 províncias; 1986 a 2007	Transportes rodoviário, ferroviário, aéreo e portuário (estoque monetário)	Estimador de Máxima Verossimilhança (GMM)	Ampliação da infraestrutura rodoviária pública produz efeitos na produção do vizinho em até 5,5%. Os demais modais não apresentaram evidências de transbordamentos.
Chen e Haynes (2015)	EUA; 32 áreas; 1991 a 2009	Transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e mobilidade urbana (estoque monetário)	GMM espacial (efeitos fixos)	Aumento de 1P no estoque de transportes gera aumento de 0,05% a 0,1% na produção. Infraestrutura rodoviária apresentou maior impacto, seguida dos modais públicos ferroviário, mobilidade urbana e aéreo.
Chen e Haynes (2015)	EUA; 49 estados; 1997 a 2011	Transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e mobilidade urbana (estoque monetário)	Equilíbrio Geral Computável Econométrico Espacial	Ampliação de 10P no estoque de transporte público gera um aumento de 0,04P na produção e na renda. O modal rodoviário apresenta o maior impacto, seguido por aéreo, aquaviário e mobilidade urbana.
Jiang et al. (2016)	China; 29 províncias; 1986 a 2012	Infraestrutura de transporte (estoque monetário)	Painel estático com interação espacial	Efeitos diretos no aumento de D100 no estoque de capital em transporte ampliam de \$11,7 a \$12,3 na produção, os efeitos indiretos correspondem a \$0,7 e a \$1,1 na produção.
Li et al. (2017)	China; 31 províncias; 2005 a 2014	Densidade da rede ferroviária e rodoviária (estoque físico - km)	Painel estático com efeitos fixos (interação espacial)	Efeitos positivos sobre o crescimento regional. Os efeitos indiretos (espaciais) correspondem a 14,3% do efeito total.
Fageda e Olivieri (2019)	Espanha; 47 províncias; 1980 a 2008	Transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e portuário (estoque monetário)	GMM espacial (efeitos fixos)	Infraestrutura rodoviária apresentou apenas efeitos diretos positivos e significativos. Os outros modais não apresentaram efeitos diretos ou indiretos significantes.
Elburz e Cubukcu (2021)	Turquia; 26 regiões; 2004 a 2014	Densidade da rede rodoviária (estoque físico - km/ <i>per capita</i> )	Painel estático com efeitos fixos (interação espacial)	Transporte rodoviário apresentou significância apenas nos efeitos indiretos. Um aumento de 10P no estoque amplia entre 1,63% e 1,68% a produção <i>per capita</i> .
Barilla et al. (2020)	Itália; 20 regiões; 2007 a 2015	Índice de dotação de transporte rodoviário, ferroviário e marítimo	Painel estático com efeitos fixos (interação espacial)	Inexistência de efeitos indiretos de transbordamento espacial na Produtividade Logística Total das regiões vizinhas.
Qi et al. (2020)	China; 31 províncias; 2003 a 2017	Transporte terrestre, aéreo e hidroviário (estoque físico)	Painel estático com efeitos fixos (interação espacial)	Apenas o transporte terrestre apresentou efeitos (diretos) positivos e significantes no PIB a nível nacional. Modal aéreo apontou impacto no subperíodo 2003-2009 e o hidroviário nos subperíodos 2003-2009 e 2010-2017, ambos apenas para a região oeste.

Fonte: Elaboração própria.

todo tradicional de efeitos fixos. Entre todos os componentes, os resultados indicaram para o painel com todos os estados um impacto positivo e significativo a 1% entre as despesas em transporte e comunicação em relação às despesas totais no crescimento. Ao dividir o painel entre os estados do Sul e Sudeste e outro para os estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, os autores verificaram que os gastos em transporte e comunicação possuem menor coeficiente e significância para explicar o crescimento dos primeiros estados em relação ao segundo grupo.

Bertussi e Ellery (2012) também realizam uma investigação sobre o impacto dos gastos públicos estaduais do Brasil no crescimento do PIB *per capita*, para os anos de 1986 a 2007 (com médias quinquenais), utilizando métodos tradicionais de dados em painel com efeitos fixos e modelo de regressão quantílica. No primeiro método, como em Rocha e Giuberti (2007), estimam 3 grupos de painéis e chegam ao mesmo resultado: no painel com todos as unidades da federação (dados de Tocantins agregados ao estado de Goiás), os gastos em transportes são positivos e significativos, porém ressaltam que o valor do coeficiente é menor para grupo Sul e Sudeste em relação ao painel com os estados da região Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Com relação ao segundo método, os autores indicam que gastos em transportes apresentaram significância estatística até 5% para os quantis 0.1, 0.3, 0.4 e 0.5, ou seja, para os estados cuja taxa de renda *per capita* é menor.

Silva et al. (2016) avançam na mesma análise empírica e realizam estimações para o período de 1986-2009, para 26 estados (dados de Tocantins agregados aos de Goiás) por meio da metodologia tradicional de dados em painel estático (*pooled*, efeitos fixos e efeitos aleatórios) e dinâmicos (*GMM System* e *Difference*). As estimações pelos métodos estáticos indicam relação positiva e estatisticamente significativa ao nível de 5% entre os gastos dos estados com transporte e o crescimento do PIB *per capita*, e 10% de significância para os métodos dinâmicos. Segundo os resultados, um aumento de 10% no investimento com transporte é responsável por um aumento médio de 0,08% na taxa de crescimento do produto *per capita* dos estados.

Além dessa análise, Silva et al. (2016), a partir da utilização de uma variável dummy de interação regional, na qual se atribuiu valor 1 para estados do Norte e Nordeste, com as variáveis de gastos estaduais em transporte, indicam que não há diferenças significativas dos impactos dos gastos em infraestrutura de transporte sobre as taxas de crescimento das respectivas regiões em relação às regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. Por fim, concluem que os programas de investimento em infraestrutura dos governos Lula (2003-2010) e Dilma (2011-2014) não apresentaram efetividade em termos de redução das desigualdades regionais do Brasil.

Recentemente, poucos trabalhos buscam analisar a influência do investimento em infraestrutura de transportes no crescimento econômico brasileiro por meio de metodologias econométricas espaciais. Moralles et al. (2019), por meio do método de painel estático com efeitos fixos e da utilização de estimador de máxima verossimilhança, para a amostra de 26 estados e o período de 2004 a 2009, apontam que o aumento de

1% na infraestrutura de transporte estatal gerou um efeito médio de 1,103% no crescimento do PIB de seus vizinhos. de Castro et al. (2020) analisam os efeitos da obra do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro sobre o crescimento econômico de 91 municípios fluminenses para os anos de 2007 e 2015 (antes e após a construção da rodovia), por meio do método de pareamento por entropia com a abordagem de diferenças em diferenças. Os resultados demonstram efeitos positivos nos municípios perpassados pelo Arco, com aumento médio de 21,6% no crescimento econômico. Contudo, devemos ressaltar que os dois referidos trabalhos utilizaram como *proxy* para infraestrutura de transportes apenas o estoque físico do modal rodoviário.

Ancorado nesta literatura teórica e empírica, acerca da importância do investimento em infraestrutura de transportes para o crescimento econômico regional, este trabalho procura contribuir por meio da utilização de dados mais recentes disponíveis pela FINBRA, através da aplicação da metodologia econométrica de análise espacial estática e dinâmica em uma estrutura com dados em painel e o emprego de uma *proxy* de fluxo de investimentos monetários de todos os modais de transporte somados, propriedades ainda não exploradas conjuntamente pela literatura para as regiões da economia brasileira.

## 4. Estratégia Empírica

A presente seção possui a finalidade de apresentar as bases de dados e as estatísticas base das variáveis utilizadas para realizar a análise descritiva e as inferências econométricas. São discutidas também as especificidades dos métodos econométricos com base nos dados em painel espacial, bem como os três modelos empregados.

### 4.1 Metodologia e Modelo Econométrico

O presente estudo utilizou o método econométrico por dados em painel espacial, foram realizadas inferências estáticas (por efeitos aleatórios e fixos) e dinâmicas (pelo Método dos Momentos Generalizados – GMM). A contribuição deste trabalho é trazer a variação espacial para a discussão entre crescimento econômico e investimento em infraestrutura, ainda pouco explorada na literatura.

Na maior parte dos casos, os dados em econometria são classificados em três tipos: i) cross-section (corte transversal), que são amostras de dados – geralmente independentes – em um único instante de tempo; ii) série temporal, que consiste de forma geral em uma única unidade observacional medida em diferentes períodos de tempo; e iii) dados em painel, que apresentam dimensões tanto de cross-section como de série temporal.

As estimações com dados em painel apresentam diversas vantagens em comparação ao uso de dados em corte transversal ou séries de tempo. Por conter ambas as características, esse tipo de base de dados fornece um elevado grau informacional sobre o fenômeno em estudo, tendo como principais atrativos: a maior homogeneidade

intra-indivíduo, o menor nível de colinearidade e a grande disponibilidade de graus de liberdade (Hsiao, 1986).

Os modelos espaciais por dados em painel possibilitam a união desses benefícios citados anteriormente à possibilidade de estimar a estrutura de dependência e de heterogeneidades regionais. Isso ocorre porque o processo de geração de dados subjacentes de um painel espacial não busca apenas a independência das observações de corte transversal.

A ordenação da dependência espacial tem como norte a adoção de uma matriz de ponderação espacial ( $W$ ). Segundo Almeida (2012), essa é uma matriz quadrada de ordem  $n$  por  $n$ , cujos elementos denotam o grau de conexão espacial entre as fronteiras em análise, seguindo algum critério de proximidade. Neste trabalho, o critério de proximidade será baseado na contiguidade com convenção do tipo “rainha”, em que se parte do pressuposto de que as fronteiras contíguas possuem uma interação mais forte do que as fronteiras que não são contíguas.

Por sua vez, a heterogeneidade espacial que representa as diferentes respostas conforme o objeto analisado (gerando variabilidade nas variáveis explicativas) pode ser modelada de duas formas distintas: com modelos de efeitos aleatórios e modelos de efeitos fixos (Muller e Pfaffermayr, 2011). No primeiro modelo, de efeitos aleatórios, o intercepto varia de uma variável para outra, mas não ao longo do tempo, ou seja, seus parâmetros são constantes tanto nas unidades espaciais quanto na série temporal. O seu modelo matricial genérico pode ser representado da seguinte forma (1):

$$y(t) = \rho + W y_t + X_t \beta + W X_t \tau + \xi_\tau \quad (1)$$

$$\xi_\tau = \alpha + \lambda + W \xi_\tau + \varepsilon_t$$

Em que,  $y$  = variável dependente,  $X$  = matriz de variáveis independentes,  $W$  = matriz espacial; " $\rho$ " e  $\lambda$  = parâmetros escalares do tipo espacial;  $\tau$  = vetor espacial de coeficientes;  $\xi_\tau$  = termo de erro espacial e,  $\alpha$  = componentes específicos de erro aleatório.

Já o modelo de efeitos fixos busca controlar as características de cada unidade espacial que são muito específicas e que não variam no tempo: o intercepto é o responsável por captar as diferenças das regiões. A extração dos modelos espaciais sob o seu arcabouço, assim como nos modelos de efeitos aleatórios, ocorre pela imposição de restrições em  $\rho$ ,  $\tau$  e  $\lambda$ . A sua forma matricial pode ser ilustrada pela Equação 2:

$$y_t = \alpha + \rho W_1 y_t + X_t \beta + W_1 X_t \tau + \xi_t \quad (2)$$

$$\xi_t = \lambda W_2 \xi_t + \varepsilon_t$$

Em que,  $y$  é a variável dependente,  $X$  é a matriz de variáveis independentes, " $a$ " é o intercepto da regressão,  $\xi_t$  = termo de erro espacial e  $W_1 y_t$ ,  $W_1 X_t$ ,  $W_2 \xi_t$  são as defasagens espaciais na variável dependente, independente exógena e termo de erro, respectivamente.

Com o intuito de minimizar ao máximo os erros de estimação, este trabalho também realizou inferências dinâmicas. As inferências estatísticas dinâmicas têm como um dos principais modelos o Método de Momentos Generalizados (GMM). O GMM é um procedimento no qual o estimador requer que apenas um conjunto de condições de momento deduzidas dos pressupostos básicos de um modelo econométrico sejam satisfeitas. Nos modelos de painel espaciais, é possível estimar a partir de efeitos fixos e aleatórios.

Conforme Lee e Yu (2014), o GMM espacial com efeitos fixos possibilita as melhores condições lineares e de momento quadráticas: as estimativas são consistentes com distribuição normal assintótica centrada. O método pode ser utilizado com efeitos ao longo do tempo e/ou individuais. A identidade (3) representa genericamente a sua equação:

$$[y_{nt} = \sum_{j=1}^{\rho} \lambda_{j0} W_{nj} y_{nt} + \gamma_0 y_{n,t-1} + \sum_{j=1}^{\rho} X_{n,t} \beta_0 + c_{n0} + \alpha_{t0} \iota_n + V_{nt} \quad (3)$$

em que  $y$  = variável dependente,  $X$  = matriz de variáveis independentes,  $W$  = matriz espacial;  $\rho$  e  $\lambda$  = parâmetros escalares do tipo espacial,  $\iota$  = vetor espacial de coeficientes,  $V$  = termo de erro espacial,  $\alpha$  = componentes específicos de erro aleatório,  $c_{n0}$  é o vetor dos efeitos individuais e  $\alpha_{t0}$  é a escala dos efeitos no tempo.

Por outro lado, o método GMM com efeitos aleatórios pressupõe que a falsa especificação de  $y_n$  pode exercer um grande viés no modelo de dados em painel dinâmico devido à dependência do tempo modelado na variável dependente: as observações podem ser tratadas como exógenas quando são verdadeiramente endógenas (Parent e LeSage, 2012). Para evitar essa situação, seguindo o modelo de Parent e LeSage (2012), o método é regredido da seguinte fórmula:

$$y_t = \rho W y_t + \phi y_{t-1} + \theta W y_{t-1} + \iota_n \alpha + X_t \beta + \xi_t \quad (4)$$

$$\xi_t = \alpha + \varepsilon_t$$

Em que a variável explicativa exógena é gerada a partir do seguinte processo (5):

$$x_t = x_{t-1} + \mu_t \quad (5)$$

No qual,  $y$  é o vetor de observação em  $t$  período,  $\alpha$  é o intercepto,  $X$  é a matriz de variáveis independentes,  $W$  é a matriz espacial;  $\iota$  é o vetor individual de coluna,  $xt$  é a matriz de vetores não estocásticos,  $\xi_t$  = termo de erro espacial,  $\varepsilon_t$  é a dependência espacial no termo de erro, a força da dependência espacial é medida pelo parâmetro  $\rho$ , a dependência de primeiro ordem é mostrada no parâmetro escalar  $\phi$  e  $\theta$  representa o componente que mistura a dependência do espaço e do tempo.

Foram estimados três modelos: o primeiro com os 26 estados brasileiros (Brasil) – exceto Distrito Federal; o segundo com os estados do Norte e Nordeste (Grupo 1); e o terceiro com o Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Grupo 2). Essa separação da amostra possibilitou a análise da relação entre crescimento econômico e investimento de infraestrutura de transporte não apenas a nível nacional, como também, de maneira específica – examinando tanto as regiões menos desenvolvidas (Norte-Nordeste) como as mais desenvolvidas do Brasil (Centro-Sul).

Porém, antes de validar e gerar todos os resultados do modelo – que foram estimados a partir do software R com base no trabalho de Croissant e Millo (2019), as variáveis passaram pelo teste de raiz unitária, apresentado no apêndice (Quadro A). Apenas a variável relacionada ao investimento em infraestrutura de transporte (LNInvTransp) foi estacionária, com isso, todas outras foram transformadas em estacionárias por meio do método de primeira diferença. Para manter as relações de todas as variáveis em um mesmo período de tempo ( $t_x, t_{x+1}, \dots, t_{x+n}$ ), LNInvTransp recebeu uma defasagem.

A representação dos três modelos pode ser realizada por meio da seguinte equação:

$$\begin{aligned} DLN\_PIBpc_{it} = & \beta_1 DLN\_GTotal_{it} + \beta_2 LNInvTransp_{it-1} \\ & + \beta_3 DLN\_InvEduc_{it} + \beta_4 DLN\_InvSauSan_{it} + \mu_t \end{aligned} \quad (6)$$

Em que:  $D$  é a primeira diferença;  $LN$  é logaritmo natural;  $PIBpc$  é PIB *per capita*;  $GTotal$  são os investimentos públicos estaduais totais;  $InvTransp$ ,  $InvEduc$  e  $InvSauSan$  são os investimentos estaduais em transporte, educação, saúde e saneamento, respectivamente; e  $\mu_t$  é o termo de erro.

## 4.2 Base de Dados

Os dados para o cálculo da variável PIB *per capita* (PIB e população - PIBpc) dos estados foram extraídos no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Já os dados referentes aos gastos públicos estaduais totais (GTotal), em transporte (InvTransp), educação (InvEduc), saúde e saneamento (InvSauSan), foram obtidos pela Execução

**Tabela 1.** Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas: 1998-2012

Variáveis	N	Mínimo	Máximo	Média	Coef. Variação
PIBpc (R\$)	390	5.272	35.352	15.373	0,45
GTotál (R\$)	390	135.318.524	113.374.178.705	9.631.883.859	1,59
InvTransp (R\$)	390	353.501	3.849.619.701	330.041.413	1,79
InvEduc (R\$)	390	28.967.051	27.836.201.834	2.455.184.958	1,51
InvSauSan (R\$)	390	1.537.300	27.858.331.404	2.350.309.765	1,60
LN_PIBpc	390	8,57	10,47	9,54	0,05
LN_GTotál	390	18,72	25,45	22,23	0,06
LN_InvTransp	390	12,78	22,07	18,47	0,09
LN_InvEduc	390	17,18	24,05	20,91	0,06
LN_InvSauSan	390	14,25	24,05	20,75	0,07

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IPEA e da Execução Orçamentária dos Estados, FINBRA (Tesouro Nacional).

Orçamentária dos Estados, disponibilizada pelo FINBRA (Tesouro Nacional).

A última edição do FINBRA foi a de nº 58 abarcando o período de 1989 a 2012, esse banco de dados reúne informações das declarações da execução orçamentária de 5500 municípios brasileiros, recebidas por agências da Caixa Econômica Federal (por meio de formulários de papel/disquetes) e posteriormente o Tesouro Nacional extraía essas informações, consolidava e publicava por município e ente federativo em formato Microsoft ACCESS<sup>1</sup>. Além disso, os dados referentes ao Distrito Federal não estão disponíveis no FINBRA.

Os métodos empíricos foram realizados considerando o período de 1998 a 2012 (14 observações anuais) e as 26 unidades da federação, somando 390 observações. Ademais, para as regressões econométricas e seus respectivos testes, as variáveis supracitadas foram transformadas em seus logaritmos naturais (LN\_PIBpc; LN\_GTotál; LN\_InvTransp; LN\_InvEduc; LN\_InvSauSan), conforme Tabela 1. Os dados do PIB foram deflacionados pelo deflator implícito do PIB e os dados referentes aos gastos públicos estaduais foram deflacionados pelo Índice de Preços para o Consumidor Amplo (IPCA), ambos fonte do IPEA.

Ademais, na Tabela 1, são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na análise descritiva e no modelo econométrico. Os dados relativos aos gastos estaduais destinados para a infraestrutura de transportes apresentam os menores valores, em comparação com as rubricas de educação e saúde mais saneamento. Porém, apresentam maior dispersão dos valores observados (1,79), demonstrando em algum grau o tamanho da desigualdade nos investimentos em infraestrutura de transportes entre os 26 estados brasileiros. As mesmas afirmações podem ser observadas nas estatísticas descritivas das variáveis em logaritmo natural (LN).

<sup>1</sup>O Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI) substituiu o antigo FINBRA, neste o Tesouro Nacional recebe as informações diretamente dos entes e, por meio do sistema *web*, disponibiliza os dados a partir de 2013 em formato CSV, mas apresenta descontinuidade metodológica em relação à versão anterior. Para mais, ver Secretaria do Tesouro Nacional (2020).

## 5. Resultados

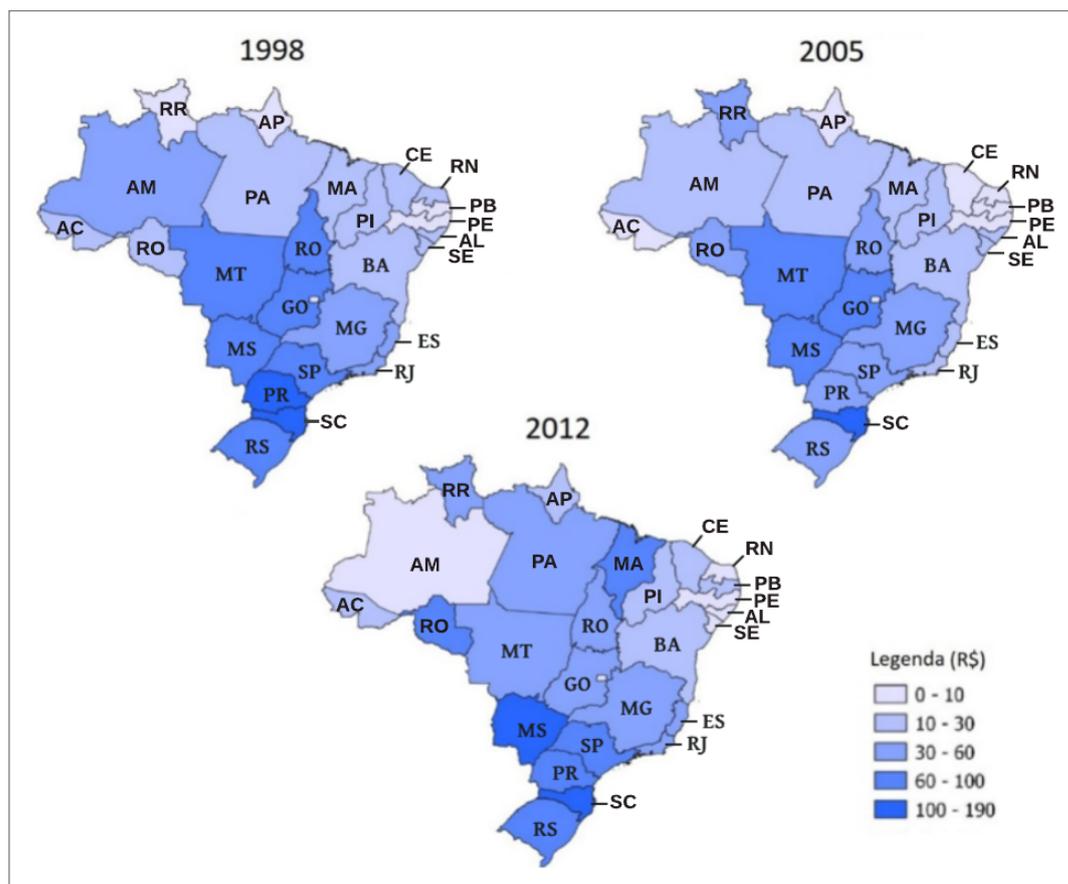
Esta seção divide-se em duas partes, a primeira dedica-se a realizar uma análise descritiva da intensidade do investimento em infraestrutura de transporte para os diferentes entes federativos e para as regiões brasileiras. No segundo item, são demonstrados os testes realizados para validarem os modelos econométricos e são apresentados os resultados das regressões econômicas, conforme metodologia descrita na seção 4. Em seguida, discutem-se os resultados à luz das evidências empíricas examinadas no trabalho.

### 5.1 Análise Descritiva

Inicialmente, a partir da base de dados apresentada, foi calculada a razão entre o investimento em transportes e a população dos 26 estados (Figura 1) e das 5 regiões brasileiras (Figura 2), para os anos 1998, 2005 e 2012 (início, meio e fim, respectivamente, do período utilizado nos modelos econométricos). A relação entre essas duas variáveis representa uma *proxy* da intensidade de investimentos estaduais em transporte.

Com relação ao ano de 1998, destacam-se os estados Paraná (PR) e Santa Catarina (SC) por evidenciarem os maiores níveis de investimento *per capita* em transportes, no intervalo de  $R\$100 \geq R\$190$  ao ano. O investimento por habitante apresentava intensidade de  $R\$60 \geq R\$100$  nos estados do Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), São Paulo (SP) e Rio Grande do Sul (RS). Em níveis intermediários, no intervalo  $R\$30 \geq R\$60$ , observamos Amazonas (AM), Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG) e Rio de Janeiro (RJ). Os piores resultados foram verificados em estados das regiões Norte e Nordeste. No intervalo  $R\$10 \geq R\$30$ , por exemplo, incluem-se os estados do Alagoas (AL), Acre (AC), Bahia (BA), Ceará (CE), Maranhão (MA), Piauí (PI), Rio Grande do Norte (RN), Roraima (RO) e Sergipe (SR). Já o menor nível (até  $R\$10$ ) foi observado nos estados do Amapá (AP), Roraima (RR), Paraíba (PB) e Pernambuco (PB).

No período de 1998 a 2005, com exceção de Rondônia e Roraima que passaram de níveis baixos ( $0 \geq 30$  reais *per capita*) para níveis médios ( $30 \geq 60$  reais *per capita*), diversos estados permaneceram em patamares similares ou apresentaram queda na intensidade de gastos em transportes. Com relação às mudanças negativas, vale destacar a queda de patamares elevados de investimento ( $\geq R\$60$ ) para níveis médios ( $R\$30 \geq R\$60$ ) nos estados do Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), São Paulo (SP) e Tocantins (TO). Os estados do Amazonas (AM), Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ) apresentaram entre 1998 e 2005 queda de níveis médios para níveis baixos (menores que 30 reais *per capita*). Por fim, estados como Acre (AC), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN) demonstraram involução de intensidades ruins de investimento ( $R\$10 \geq R\$30$ ) para o pior patamar (até  $R\$10$ ).

**Figura 2.** Investimento *per capita* em infraestrutura de transportes dos estados brasileiros

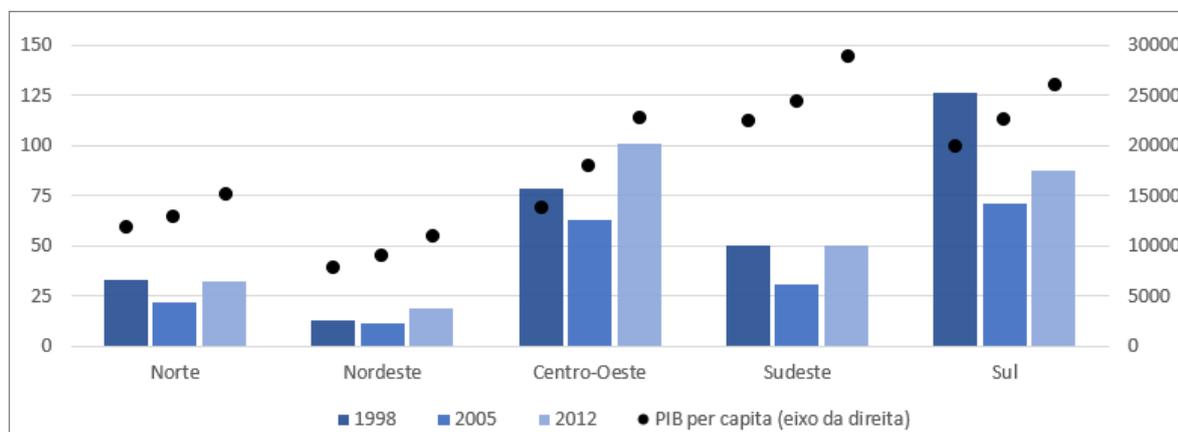
Fonte: Elaboração própria a partir do software QGis, com base nos dados do IPEA e da Execução Orçamentária dos Estados, FINBRA (Tesouro Nacional).

No entanto, ao analisar o subperíodo 2005-2012, é possível observar a reversão dessa tendência de queda. Com exceção de Amazonas (AM), Alagoas (AL), Sergipe (SE), Goiás (GO) e Mato Grosso (MT), os demais estados apresentaram aumento do investimento *per capita* em infraestrutura de transportes entre 2005 e 2012. Cabe destacar Mato Grosso do Sul (MS), Maranhão (MA), Rondônia (RO) e Santa Catarina (SC), como os únicos estados que apresentaram níveis de investimentos *per capita* igual ou superior a R\$60 em 2012. Além disso, no mesmo ano, observa-se recuperação nos estados de São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Espírito Santo (ES) para níveis observados em 1998. Já os estados do Amapá (AP), Ceará (CE) e Paraíba (PB) apresentaram resultados importantes ao evoluírem do pior nível (até R\$10) para o nível baixo ( $0 \geq 30$  reais *per capita*), dinâmica inversa pode ser visualizada nos estados de Alagoas (AL) e Sergipe (SE). Outros resultados negativos podem ser citados, enquanto o estado do Amazonas (AM) apresentou piora dos investimentos *per capita* do nível médio para níveis baixos, Goiás (GO) e Mato Grosso (MT) diminuíram a intensidade de níveis altos para médios no período (compensados regionalmente pelo bom resultado do Mato Grosso do Sul (MS) conforme representação da Figura 2 a seguir).

Analisando a Figura 2, pode-se verificar de forma comparada a dinâmica do investimento *per capita* em infraestrutura e o PIB *per capita* das regiões entre os sub-períodos: i) o crescimento do PIB *per capita* para todas regiões faz-se evidente, com destaque para a região Centro-Oeste que eleva em quase 10 mil reais a renda *per capita* da região, aproximando-se de níveis observados nas regiões Sul e Sudeste; ii) todas as regiões tiveram queda no investimento *per capita* em infraestrutura de transportes entre 1998 e 2005; iii) as regiões apresentaram reversão dessa tendência entre 2005 e 2012 em sua totalidade; iv) apenas as regiões Nordeste e Centro-Oeste apresentaram elevação dos gastos *per capita* com infraestrutura de transportes entre 1998 e 2012, com destaque para o crescimento do Centro-Oeste fruto do bom resultado do estado do Mato Grosso do Sul (MS); v) enquanto Norte e Sudeste não tiveram alterações significativas, o Sul evidenciou forte queda de investimentos *per capita* entre 1998 e 2012, explicada em grande medida pelo arrefecimento do investimento em infraestrutura no estado do Paraná (PR).

Em seguida, foram realizadas análises descritivas da razão entre o investimento em infraestrutura de transportes e o orçamento total de cada estado (Figura 2) e das regiões (Figura 3) do Brasil, para o mesmo período. Como podemos observar, há uma tendência clara de arrefecimento na importância do investimento em transportes na maioria dos estados para o período analisado.

**Figura 3.** Investimento *per capita* em infraestrutura de transportes e PIB *per capita* das regiões brasileiras (R\$)



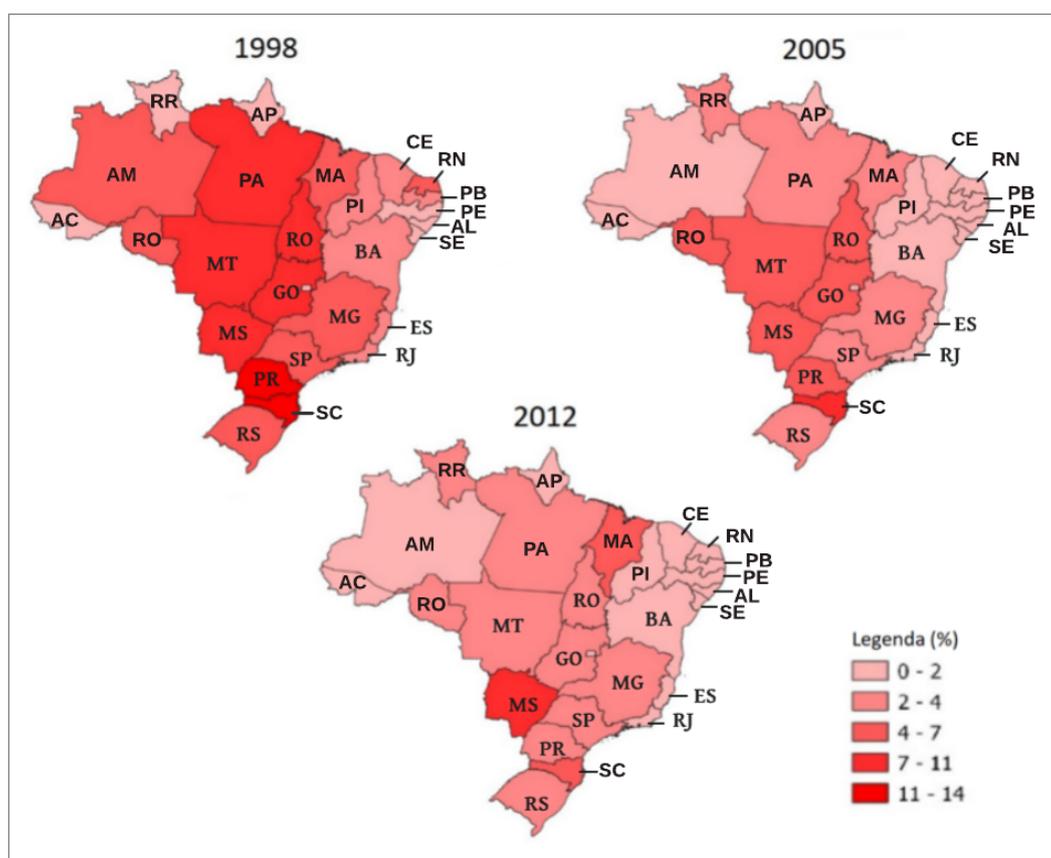
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IPEA e da Execução Orçamentária dos Estados, FINBRA (Tesouro Nacional).

Com relação ao ano de 1998, destacam-se os estados do Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Pará (PA) e Tocantins (TO) por níveis altos de esforço no investimento em transporte ( $7\% \geq 11\%$ ) em relação ao orçamento. Notavelmente, os estados do Paraná (PR) e Santa Catarina (SC) demonstraram níveis superiores, 11%. De forma contrária, os estados do Acre (AC), Amapá (AP), Roraima (RR), Alagoas (AL), Pernambuco (PE) e Sergipe (SE) investiam montante inferior a 2% das suas despesas

orçamentárias em transporte. Resultados razoáveis ( $2\% \geq 4\%$ ) podem ser observados no Ceará (CE), Piauí (PI), Bahia (BA), Paraíba (PB), Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ). Os demais estados (AM, MA, MG, RN, RO, RS e SP) apresentaram níveis considerados bons de participação do investimento em transportes ( $4\% \geq 7\%$ ) no orçamento.

Ao visualizar a variação da intensidade de investimentos em transportes no orçamento entre 1998 e 2005, podemos observar que quase todos os estados tiveram quedas, com exceção do Amapá (AP) - permaneceu em níveis baixos - e de Rondônia (RO) - manteve nível médio. Desse modo, observa-se uma tendência de diminuição da importância da infraestrutura de transportes para os policy makers dos entes federativos brasileiros no período 1998-2005.

**Figura 4.** Relação entre investimento em infraestrutura de transportes e orçamento total dos estados brasileiros

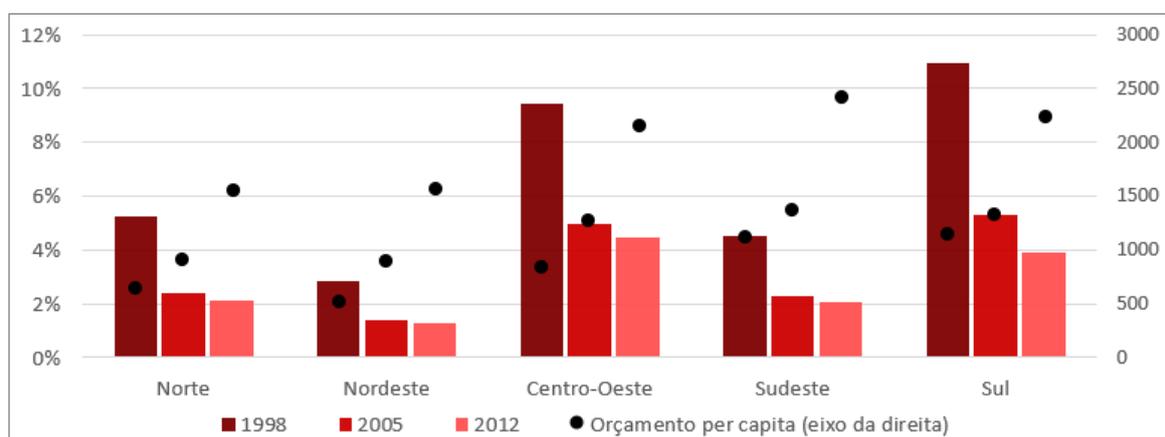


Fonte: Elaboração própria a partir do software QGis, com base nos dados da Execução Orçamentária dos Estados, FINBRA (Tesouro Nacional).

Pode-se constatar reversão dessa tendência entre os anos de 2005 e 2012 apenas nos estados do Maranhão (MA) e Mato Grosso do Sul (MS), únicos estados brasileiros (somados a Santa Catarina - SC) a investirem montante alto do orçamento ( $\geq 4\%$ ). Enquanto Roraima (RR), Pará (PA), Rondônia (RO), Tocantins (TO), Mato Grosso (MT),

Goiás (GO), Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) apresentaram investimentos razoáveis ( $2\% \geq 4\%$ ) em relação ao orçamentos, os estados do Amazonas (AM), Acre (AC), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Bahia (BA), Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ) apresentaram intensidade de investimento inferior ao adequado ( $0\% \geq 2\%$ ).

**Figura 5.** Participação do investimento em infraestrutura de transportes orçamento total (%) e Orçamento *per capita* (R\$) das regiões brasileiras



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IPEA e da Execução Orçamentária dos Estados, FINBRA (Tesouro Nacional).

Porém, avaliando a mesma relação para as regiões brasileiras (Figura 3) e comparando com a medida de Orçamento *per capita*, as reversões pontuais apontadas não são constatadas. Destacam-se os seguintes comportamentos: i) o orçamento total por habitante de todas as regiões foi extensivamente ampliado, com destaque para o aumento observado no subperíodo 2005-2012; ii) verifica-se forte queda da intensidade dos investimentos em infraestrutura de transportes entre 1998 e 2005 em todas as regiões, visto que em todos os entes subnacionais tal relação caiu aproximadamente pela metade; iii) em relação ao período 2005-2012, observa-se pequena diminuição na importância da infraestrutura em transportes no orçamento, com menor queda para a região Nordeste (0,1 p.p) e maior na região Sul (1,4 p.p). Portanto, com base nos resultados, é possível identificar queda substancial do espaço para investimento em infraestrutura de transportes no orçamento fiscal, apesar do amplo fortalecimento do orçamento *per capita* das regiões brasileiras.

Com base em todas as informações apresentadas nessa seção, é possível pontuar algumas conclusões preliminares: a) o investimento em infraestrutura de transportes perdeu espaço no orçamento fiscal dos estados apesar do evidente avanço do orçamento *per capita* das regiões; b) além do PIB *per capita* e do orçamento por habitante, a intensidade dos investimentos destinados à infraestrutura de transportes em relação à população e o orçamento dos estados da região Centro-Oeste, no período analisado, aproximam-se mais dos estados do Sudeste e Sul, ao invés dos estados da região Norte

**Tabela 2.** Testes Chow, Hausman e LM de Breusch-Pagan

Testes	p-valor	Resultado
Chow	<2.2e-16	Efeitos fixos > Pooled
Hausman	<2.2e-16	Efeitos fixos > Efeitos Aleatórios
LM de Breusch-Pagan	0.0189	Efeitos Aleatórios > Pooled

Fonte: Elaboração própria a partir do software R.

e Nordeste; c) houve arrefecimento do investimento estatal por habitante em infraestrutura de transportes entre o período do 2º governo FHC (1999-2002) e a primeira metade do 1º mandato do governo Lula (2003-2005), apesar do aumento da renda *per capita* observado no período 1998-2005; d) ocorreu fortalecimento do investimento *per capita* em infraestrutura de transportes entre a segunda metade do primeiro governo Lula e os dois primeiros anos de mandato da presidenta Dilma (2006-2012).

## 5.2 Testes e Resultados Econométricos

Inicialmente, foram realizados os testes Chow, Hausman e LM de Breusch-Pagan para escolha do modelo de dados em painel mais apropriado para a amostra (Tabela 2). Os resultados indicaram, conforme o teste de Hausmann, que o modelo de dados em painel por efeitos fixos é o mais adequado para a estimação.

Após isso, para testar a presença de autocorrelação espacial, foi realizado o teste do Índice de Moran Global (Tabela 3). Esse índice avalia a relação de interdependência espacial entre todos os polígonos da área de estudo e a expressa por meio de um valor único para toda a região Moran (1950). Segundo Anselin (1995), essa é a estatística mais utilizada para medir a dependência espacial. A expressão matricial do Índice de Moran Global (I) abre caminho para o emprego de estatísticas convencionais de diagnóstico de regressão linear, com vistas a associar os p-valores (níveis de significância) aos resultados do índice [I]. Porém, pelo fato de a estrutura espacial do mapa também ser um parâmetro na análise (a matriz [W]), uma abordagem mais usual de cálculo de p-valores associados ao [I] baseia-se no método de Monte Carlo.

Considerando que o analista não sabe, *a priori*, como a variável se comporta, ele, por meio da matriz [W], faz uma hipótese implícita sobre a estrutura espacial do mapa. Daí a necessidade de simular uma distribuição empírica para a realização do teste de significância do valor observado de [I]. O Índice de Moran Global (I) pode ser submetido a um teste estatístico cuja hipótese nula representa a de independência espacial, condição está dada por  $I = 0$ . Portanto, a hipótese nula somente poderá ser rejeitada caso [I] resulte estatisticamente diferente de zero, para um nível de significância pre-estabelecido. Normalmente, trabalha-se com [p-valor = 0,05] ou [p-valor < 0,05], ou seja, com uma margem de confiança igual ou superior a 95%.

Para estimar a significância do índice [I], sem pressupostos em relação à distribuição, pode-se realizar um teste de pseudo significância, que consiste na geração de

**Tabela 3.** Valores dos Índices Globais de Moran

Variável	Índice Global	p-valor
PIBpc	0,4322	0.0002
GTotal	0,3423	0.0012
InvTransp	0,3986	0.0004
InvEduc	0,4158	0.0002
InvSauSan	0,2901	0.0062

Fonte: Elaboração própria a partir do software R.

**Tabela 4.** Testes de autocorrelação e efeitos regionais

TESTES	BRASIL	GRUPO 1	GRUPO 2	H0
LM2	0,00002	0,00006	0,00005	Autocorrelação Espacial
CML Lambda	0,00002	0,00005	0,00104	Autocorrelação Espacial
CLMmu	0,15110	0,19670	0,09861	Efeitos Regionais
LMJOINT/LMH	0,00004	0,00012	0,00010	Autocorrelação Espacial e Efeitos Regionais

Fonte: Elaboração própria a partir do software R.

um determinado número de permutações, distintas entre si, dos valores de atributos associados às áreas. Os resultados da Tabela 3 demonstram que para este estudo, todos os índices foram positivos e apresentaram uma autocorrelação espacial (a hipótese nula de independência espacial foi rejeitada nos testes individuais para todas as variáveis). Assim, confirma-se a necessidade de estimar de maneira espacial os dados.

Para complementar os testes dos Índices Globais de Moran, foram empregados diferentes testes de multiplicador Lagrange para dados em painel espacial de modo a testar a presença de correlação espacial nas observações e a presença de efeitos idiossincráticos (efeitos individuais e regionais). Esses testes são discutidos em Baltagi et al. (2003) e Millo e Piras (2012). Conforme os resultados da Tabela 4, indica-se a presença de efeitos individuais regionais em todas as regressões (CLMmu), de modo que é uma evidência contrária à utilização de um ‘estimador de regressão de dados empilhados’ (*pooled regression estimator*) ou alguma variação dele que leve em consideração a dependência espacial.

Por fim, as Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados das inferências dinâmicas. Os resultados pelo método espacial dinâmico com efeitos fixos são parecidos com o painel espacial estático, novamente o investimento em infraestrutura de transporte não apresentou significância estatística para investimento em infraestrutura de transportes em nenhum modelo (Tabela 7). Porém, com relação ao painel espacial dinâmico com efeitos aleatórios (Tabela 8), os resultados demonstraram relação positiva e estatisticamente significativa com o crescimento do PIBpc nos estados do Norte e Nordeste (Grupo 1) e negativa com os estados do Centro-Sul (Grupo 2).

Porém, nesse caso, as estimações do GMM de efeitos aleatórios, o LNInvTransp também apresentou impacto positivo e significativo no modelo com todos os estados

**Tabela 5.** Estimacões pelo método de dados em painel espacial estático (efeitos fixos)

Variável Dependente: taxa de crescimento do PIB <i>per capita</i> estadual			
Variáveis Explicativas	BRASIL	GRUPO 1	GRUPO 2
<i>DLN_Gtotal</i>	0.02098 (0.6162)	-0.03138 (0.5069)	0.34895 (0.0022)***
<i>LN_InvTransp</i>	0.00637 (0.1860)	0.00611 (0.2224)	0.00040 (0.9816)
<i>DLN_InvEduc</i>	0.02613 (0.4322)	0.04528 (0.2502)	-0.02348 (0.7096)
<i>DLN_InvSauSan</i>	-0.02198 (0.2094)	-0.00613 (0.7402)	-0.18250 (0.0120)**
Obs.	364	224	140
R2	0.4478	0.4087	0.3865
Teste F	9.86	9.12	8.87
Prob > F	0.4478	0.4087	0.3865

Fonte: Elaboração própria a partir do software R. Nota: Erros padrões robustos em parênteses. \*, \*\* e \*\*\* indicam significância estatística a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

**Tabela 6.** Estimacões pelo método de dados em painel espacial estático (efeitos aleatórios)

Variável Dependente: taxa de crescimento do PIB <i>per capita</i> estadual			
Variáveis Explicativas	BRASIL	GRUPO 1	GRUPO 2
Intercepto	-0.01896 (0.4963)	-0.08967 (0.0153)**	0.15068 (0.0613)*
<i>DLN_Gtotal</i>	0.02026 (0.6268)	-0.02370 (0.6128)	0.34244 (0.0023)***
<i>LN_InvTransp</i>	0.00214 (0.1518)	0.00629 (0.0028)***	-0.00661 (0.0947)*
<i>DLN_InvEduc</i>	0.02817 (0.3993)	0.04100 (0.3008)	-0.02620 (0.6766)
<i>DLN_InvSauSan</i>	-0.02191 (0.2065)	-0.00712 (0.6929)	-0.18172 (0.0110)**
Obs.	364	224	140
R2	0.4543	0.4108	0.3934
Teste F	10.56	9.78	9.31
Prob > F	0.000	0.000	0.000

Fonte: Elaboração própria a partir do software R. Nota: Erros-padrões robustos em parênteses. \*, \*\* e \*\*\* indicam significância estatística a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

**Tabela 7.** Estimações pelo método de dados em painel espacial dinâmico - GMM (efeitos fixos)

Variável Dependente: taxa de crescimento do PIB <i>per capita</i> estadual			
Variáveis Explicativas	BRASIL	GRUPO 1	GRUPO 2
DLN_Gtotal	0.02346 (0.5769)	-0.02760 (0.5626)	0.35703 (0.0018)***
LN_InvTransp	0.00641 (0.1865)	0.00625 (0.2161)	-0.00033 (0.9851)
DLN_InvEduc	0.02411 (0.4702)	0.04280 (0.2811)	-0.03614 (0.5663)
DLN_InvSauSan	-0.02185 (0.2153)	-0.00622 (0.7384)	-0.18288 (0.0142)**
Obs.	364	224	140
R2	0.4256	0.4073	0.3931
Teste F	10.32	9.52	9.13
Prob > F	0.000	0.000	0.000

Fonte: Elaboração própria a partir do software R. Nota: Erros-padrões robustos em parênteses. \*, \*\* e \*\*\* indicam significância estatística a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

brasileiros (Brasil). Enquanto, para toda a extensão territorial brasileira, a ampliação de 1% no investimento em infraestrutura de transporte afeta a taxa de crescimento do PIB *per capita* estadual em 0.0019%; nas regiões Norte e Nordeste (Grupo 1), impacta-se positivamente em 0.0062% e no Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Grupo 2) implica em um efeito negativo de 0.0071%.

Para validar os resultados das estimações de painel dinâmico (Tabelas 7 e 8), primordialmente, qualquer instrumento que seja um candidato a ser considerado na estimação deve satisfazer a condição  $E(z_i \varepsilon_{it}) = 0$ . Caso existam mais instrumentos que regressores (superidentificação), é possível realizar testes que validam as condições de ortogonalidade para as variáveis instrumentalizadas no modelo, sugerindo que a endogeneidade foi eliminada na especificação estimada.

Deve-se também verificar se os instrumentos são fracos, pois na presença de instrumentos fracos haveria uma fraca correlação entre os instrumentos e as variáveis endógenas, implicando viés. Utiliza-se neste trabalho o teste de Kleibergen e Paap (2006), para testar a hipótese nula de que os instrumentos não são válidos e o teste J de Hansen (1982) para a validade das restrições do modelo (Tabela 9).

**Tabela 8.** Estimções pelo método de dados em painel espacial dinâmico - GMM (efeitos aleatórios)

Variável Dependente: taxa de crescimento do PIB <i>per capita</i> estadual			
Variáveis Explicativas	BRASIL	GRUPO 1	GRUPO 2
Intercepto	-0.01635 (0.4680)	-0.08963 (0.0011)***	0.16300 (0.0003)***
DLN_Gtotal	0.02615 (0.5339)	-0.01338 (0.7766)	0.35036 (0.0019)***
LN_InvTransp	0.00199 (0.0982) *	0.00628 (0.0006)***	-0.00718 (0.0007)***
DLN_InvEduc	0.02621 (0.4354)	0.03461 (0.3868)	-0.03915 (0.5249)
DLN_InvSauSan	-0.02311 (0.1838)	-0.00798 (0.6569)	-0.18863 (0.0070)***
Obs.	364	224	140
R2	0.4866	0.4340	0.3123
Teste F	11.32	10.55	10.01
Prob > F	0.000	0.000	0.000

Fonte: Elaboração própria a partir do software R. Nota: Erros padrões robustos em parênteses. \*, \*\* e \*\*\* indicam significância estatística a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

**Tabela 9.** Testes de Kleibergen-Paap e J de Hansen

MODELOS ESPACIAIS (GMM)	Teste de Kleibergen-Paap	Teste J de Hansen
EFEITOS FIXOS		
BRASIL	0.0003	0.1431
GRUPO 1	0.0022	0.3212
GRUPO 2	0.0061	0.3401
EFEITOS ALEATÓRIOS		
BRASIL	0.0008	0.1883
GRUPO 1	0.0019	0.2342
GRUPO 2	0.0085	0.2898

Fonte: Elaboração própria a partir do software R.

O teste de superidentificação de Kleibergen-Paap rejeitou a hipótese nula ao nível de 5% em todos os modelos utilizados neste estudo, validando a força e a relevância dos instrumentos. Já o teste de endogeneidade de Hansen produziu estatística acima do valor crítico de 0,05, confirmando que não há evidência de que os instrumentos incorporados nesta especificação estão correlacionados com o erro da equação e indicam que a endogeneidade foi controlada nas variáveis do modelo.

Assim sendo, pode-se afirmar que as evidências deste estudo demonstraram que não é possível fazer qualquer diagnóstico da relação entre investimento de infraestrutura

em transporte e crescimento econômico a nível nacional. Mas, quando se examina a nível regional sob os aspectos das regiões mais e menos desenvolvidas do país, pode-se chegar a algumas considerações.

Em primeiro lugar, a relação positiva e estatisticamente significativa entre gastos públicos no setor de transportes e o crescimento econômico dos Estados brasileiros são fenômenos locais, e não uma experiência uniforme entre todos os entes do país. Isso significa que a mesma quantidade de gasto público tem impacto diferente dependendo de em que região do país ele é aplicado.

Outra maneira de interpretarmos este resultado decorre da concepção de que o investimento público em infraestrutura de transporte tender a ser mais produtivo nas regiões menos desenvolvidas do país. Além disso, os resultados também apontam que - para as regiões mais desenvolvidas do país - vigora-se a lei dos rendimentos marginais decrescentes na utilização dos recursos públicos no setor de infraestrutura de transporte. Uma possível explicação para essa realidade está no fato de que os estados do Norte e Nordeste ainda estão atrasados em termos de investimentos públicos nas áreas de infraestrutura econômica (transportes, energia e comunicações), o que torna os gastos públicos mais produtivos nessas regiões.

Esses resultados vão ao encontro das evidências de Rocha e Giuberti (2007); Bertussi et al. (2011). Como demonstrado pelos autores citados anteriormente por este trabalho, quando se analisam os gastos em investimento de forma estadual para o Brasil e se divide o país em grupos de regiões desenvolvidas e menos desenvolvidas, existe uma tendência forte: as regiões menos desenvolvidas tendem a ter um impacto maior (e positivo) dos dispêndios públicos em infraestrutura de transporte para indicadores de desenvolvimento econômico”.

Essas não são evidências apenas para o Brasil, Qi et al. (2020), por exemplo, ao fazer uma análise dos efeitos dos investimentos em infraestrutura de transportes para 31 províncias da China encontraram resultados análogos ao presente trabalho. Os impactos dos gastos públicos para esse fim tendem a afetar de forma diferente cada região e os resultados são mais positivos para as regiões com os piores indicadores econômicos. Da mesma forma, Chen e Haynes (2015) encontraram resultados idênticos para os Estados Unidos. Ao analisar o efeito do investimento em infraestrutura de transportes para a produção e renda de 49 estados do país, os autores demonstraram que as regiões mais pobres tiveram um resultado positivo maior do que as regiões mais desenvolvidas.

Tais conclusões trazem consigo algumas implicações importantes. Se nas regiões menos desenvolvidas o gasto público em transporte é mais produtivo e, além disso, ocorre impacto maior sobre o crescimento econômico, então o papel do Estado na redução das desigualdades regionais do país pode ser crucial. Nesse sentido, ampliar o espaço no orçamento e a intensidade *per capita* dos investimentos em infraestrutura de transporte nas regiões Norte e Nordeste é medida capaz de acelerar o crescimento

econômico de curto prazo, gerar aumento na renda da população e atrair maiores investimentos privados. No longo prazo, tal dinâmica tem o potencial de diminuir as disparidades econômicas e sociais com as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil.

Por fim, levando em conta o volume de atividade econômica, bem como o elevado e persistente nível de concentração regional das atividades produtivas no Brasil, pode-se sustentar que a política de infraestrutura de investimento em transportes já deveria ter assumido outro padrão, ou seja, ser orientada para a promoção do desenvolvimento nos estados menos avançados (regiões Norte e Nordeste do país). Atualmente, pode-se considerar que o padrão de investimento em infraestrutura de transportes no Brasil está em uma zona de transição entre esses dois padrões, já que os investimentos não têm favorecido a redução das desigualdades regionais, mas também não têm contribuído para aumentá-las.

Em linha com a concepção de desenvolvimento de Hirschman (1961), na qual a melhor sequência para regiões desprovidas de infraestrutura adequada seria partir de investimentos mínimos em capital físico social para incentivar o investimento em projetos de atividades produtivas de iniciativa privada, pode-se afirmar que, para ingressar efetivamente em um novo padrão e atingir efeitos significativos na redução das desigualdades regionais, a estratégia de crescimento deve ser aperfeiçoada em dois sentidos.

Primeiro, deve-se aumentar o volume de investimento em infraestrutura de transportes proporcionalmente nas regiões menos desenvolvidas, contribuindo para elevar a taxa de crescimento do produto de curto prazo nessas regiões. Esse caminho, entretanto, tem o risco de que a capacidade da infraestrutura não seja efetivamente ocupada, gerando mais capacidade do que o desejável. Para contornar esse risco, deve-se, simultaneamente, estimular as atividades diretamente produtivas nas regiões menos desenvolvidas, para que se ocupe essa capacidade de infraestrutura, com o intuito de ampliar o impacto sobre o desenvolvimento econômico de longo prazo nessas regiões, que ingressariam, assim, em um ciclo virtuoso capaz de reduzir efetivamente as desigualdades regionais.

## 6. Conclusões

O objetivo central do trabalho consistiu em realizar uma investigação econométrica acerca dos efeitos do investimento em infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros, além de compreender a situação da rubrica de investimento em transportes dos entes federativos. Este estudo contribui para a literatura econômica regional ao realizar conjuntamente as metodologias econométricas espaciais mais utilizadas pela literatura (painéis estáticos e dinâmicos com interação regional) para avaliar os investimentos estaduais brasileiros em transportes como variável de interesse. Apesar de as metodologias empregadas já terem sido exploradas

por trabalhos internacionais, agrega-se mais uma análise econométrica espacial à literatura empírica regional na área de infraestrutura. Além disso, a avaliação descritiva regional dos investimentos em relação às populações e aos orçamentos estaduais elucidam um contexto ainda não identificado na literatura brasileira.

Ressalta-se que a utilização de modelos espaciais em estudos sobre infraestrutura e crescimento econômico, direcionados a economia brasileira, é relativamente nova. Conforme apresentado, os trabalhos que realizaram esforços nessa direção utilizaram como *proxy* para a infraestrutura de transportes o estoque físico do modal rodoviário. Não obstante, os estudos nacionais consultados que utilizaram dados monetários de gastos em infraestrutura de transportes e a lógica Cobb-Douglas omitiram o efeito de transbordamentos espaciais nas estimações econométricas, distorcendo o real impacto do investimento em transportes sobre o crescimento econômico. Por conseguinte, ao considerar os efeitos espaciais, na medida em que incorpora os impactos indiretos dos investimentos nas estimações, o presente trabalho proporciona regressões econométricas mais robustas para análises regionais.

Para o alcance dos objetivos aqui propostos, foram estimados 3 modelos, para os 26 estados do país no período de 1998 a 2012, a partir da metodologia de dados em painel espacial estático (efeitos fixos e aleatórios) e dinâmico (GMM efeitos fixos e GMM efeitos aleatórios). No primeiro modelo, realiza-se um painel com todos os estados que, posteriormente, foi estratificado em dois grupos: o Grupo 1 (modelo 2) compreende os estados das regiões Norte e Nordeste e o Grupo 2 (modelo 3), os estados das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Esta divisão foi realizada visando observar a diferença do impacto dos investimentos em infraestrutura de transportes no crescimento econômico da região menos desenvolvida (Grupo 1) em relação à região mais desenvolvida (Grupo 2) do país.

Os resultados econométricos confirmam que os investimentos públicos em infraestrutura de transportes são mais produtivos nas regiões menos desenvolvidas do país (Norte e Nordeste). Porém, para o crescimento do país e da região mais desenvolvida, não foram observadas evidências suficientes para tal afirmação. Estes resultados corroboram as hipóteses de Hirschman (1961), nas quais o investimento público nas regiões menos desenvolvidas torna-se importante para promover o desenvolvimento econômico, como também reforça as evidências dos efeitos positivos e estatisticamente significantes do investimento em infraestrutura de transportes sobre o crescimento econômico regional, observadas pela literatura empírica apresentada. Além disso, com base nas análises descritivas, pode-se afirmar que o investimento *per capita* em infraestrutura de transportes apresentou reduções e essa rubrica perdeu espaço no orçamento total dos estados.

Este trabalho permitiu reafirmar a importância dos investimentos públicos em infraestrutura, principalmente no setor de transportes, pois o investimento realizado em regiões menos desenvolvidas do Brasil ainda é insuficiente para solucionar os problemas referentes às desigualdades regionais existentes do país. Portanto, o setor

pode contribuir para a condução do crescimento e desenvolvimento socioeconômico elevando-se a produtividade, a competitividade dos bens e serviços e melhorando o bem-estar social.

Por fim, o artigo apresenta limitações nos dados de infraestrutura de transportes, visto que não foi possível realizar uma investigação individual de forma desagregada do impacto do investimento nos diferentes modais de transporte, além do período ser relativamente longínquo. Restrição análoga encontra-se em lacunas e desafios para a estimação de modelos regionais com dimensões espaciais menores (e.g. municipais). Para tanto, maiores contribuições são bem-vindas, especialmente acerca da utilização da base de dados mais recente organizada pelo Tesouro Nacional (SICONFI), pois, apesar da descontinuidade com a base de dados FINBRA e da pequena dimensão da série temporal, essa dispõe de dados atualizados, desagregados nos diferentes modais de transportes e com cobertura mais ampla de informações no extrato municipal.

## Referências

- Almeida, E. (2012). *Econometria Espacial Aplicada*. Elsevier, Rio de Janeiro, 1ª ed. edition.
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—lisa. *Geographical analysis*, 27(2):93–115.
- Arbués, P., Baños, J. F., e Mayor, M. (2015). The spatial productivity of transportation infrastructure. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 75:166–177.
- Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of monetary economics*, 23(2):177–200.
- Baltagi, B. H., Song, S. H., e Koh, W. (2003). Testing panel data regression models with spatial error correlation. *Journal of econometrics*, 117(1):123–150.
- Barilla, D., Carlucci, F., Cirà, A., Ioppolo, G., e Siviero, L. (2020). Total factor logistics productivity: A spatial approach to the italian regions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 136:205–222.
- Bertussi, G., Capeluppi, P., e Ellery, R. (2011). Gastos públicos com infra-estrutura de transporte e crescimento econômico: uma análise para os estados brasileiros. Brasília: Departamento de economia da universidade de Brasília. Texto para discussão.
- Bertussi, G. L. e Ellery, R. (2012). Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. *Journal of Transport Literature*, 6:101–132.
- Calderon, C. A. e Servén, L. (2004). The effects of infrastructure development on growth and income distribution. Available at SSRN 625277.

- Campos Neto, C. A. d. S. (2014). Investimentos na infraestrutura de transportes: avaliação do período 2002-2013 e perspectivas para 2014-2016. *Texto para Discussão n. 2014*.
- Cavallo, E. e Powell, A. (2019). Informe macroeconómico de américa latina y el caribe: Construir oportunidades para crecer en un mundo desafiante.
- Chen, Z. e Haynes, K. E. (2015). Regional impact of public transportation infrastructure: A spatial panel assessment of the us northeast megaregion. *Economic Development Quarterly*, 29(3):275–291.
- Cohen, J. P. (2010). The broader effects of transportation infrastructure: Spatial econometrics and productivity approaches. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(3):317–326.
- CONSIDERA, C. e TRECE, J. (2021). A nova década perdida brasileira e o resto do mundo—resultados per capita. *Blog do IBRE/FGV*, 12(03).
- Croissant, Y. e Millo, G. (2019). *Panel data econometrics with R*. Wiley Online Library.
- de Castro, L. S., de Freitas, C. O., e de Assis Cabral, J. (2020). Investimentos em transporte: Efeitos do arco metropolitano sobre o crescimento econômico fluminense. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 14(3):420–445.
- Elburz, Z. e Cubukcu, K. M. (2021). Spatial effects of transport infrastructure on regional growth: the case of turkey. *Spatial Information Research*, 29(1):19–30.
- Fageda, X. e Olivieri, C. (2019). Transport infrastructure and regional convergence: A spatial panel data approach. *Papers in regional science*, 98(4):1609–1631.
- Ferreira, P. C. (1996). Investimento em infra-estrutura no brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo.
- Ferreira, P. C. e Malliagos, T. G. (1998). Impactos produtivos da infra-estrutura no brasil-1950/95. *Pesquisa e planejamento economico*, 28(2):315–338.
- Frischtak, C. R., Davies, K., e Noronha, J. (2015). O financiamento do investimento em infraestrutura no brasil: uma agenda para sua expansão sustentada. *Revista Econômica*, 17(2).
- Frischtak, C. R. e Mourão, J. (2017a). O estoque de capital de infraestrutura no brasil: uma abordagem setorial. *Desafios da Nação*, 133.
- Frischtak, C. R. e Mourão, J. (2017b). Uma estimativa do estoque de capital de infraestrutura no brasil. *Desafios da Nação*, 99.
- Fujita, M., Krugman, P. R., e Venables, A. (2001). *The spatial economy: Cities, regions, and international trade*. MIT press.

- Hansen, L. P. (1982). Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica: Journal of the econometric society*, Página 1029–1054.
- Hirschman, A. O. (1961). *Estratégia do desenvolvimento econômico*. Fundo de Cultura.
- Hsiao, C. (1986). *Analysis of panel data*. Number 1. Cambridge university press.
- Jiang, X., Zhang, L., Xiong, C., e Wang, R. (2016). Transportation and regional economic development: analysis of spatial spillovers in china provincial regions. *Networks and Spatial Economics*, 16:769–790.
- Kleibergen, F. e Paap, R. (2006). Generalized reduced rank tests using the singular value decomposition. *Journal of econometrics*, 133(1):97–126.
- Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of political economy*, 99(3):483–499.
- Krugman, P. (1999). The role of geography in development. *International regional science review*, 22(2):142–161.
- Lakshmanan, T. e Anderson, W. P. (2007). Transport's role in regional integration processes.
- Lakshmanan, T. R. (2011). The broader economic consequences of transport infrastructure investments. *Journal of transport geography*, 19(1):1–12.
- Lardé, J. (2016). Situación y desafíos de las inversiones en infraestructura en américa latina.
- Lee, L.-f. e Yu, J. (2014). Efficient gmm estimation of spatial dynamic panel data models with fixed effects. *Journal of Econometrics*, 180(2):174–197.
- Li, J., Wen, J., e Jiang, B. (2017). Spatial spillover effects of transport infrastructure in chinese new silk road economic belt. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 6:1–8.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of monetary economics*, 22(1):3–42.
- Millo, G. e Piras, G. (2012). Spatial panel data models in r. *Journal of statistical software*, 47(1):1–38.
- Morales, H. F., Silveira, N. J. C., e Rebelatto, D. A. d. N. (2019). Spatial spillovers of innovation and transport in brazil. *Area Development and Policy*, 4(4):382–398.
- Moran, P. A. (1950). A test for the serial independence of residuals. *Biometrika*, 37(1/2):178–181.
- Munnell, A. H. (1990). Why has productivity growth declined? productivity and public investment. *New England economic review*, (Jan):3–22.

- Mutl, J. e Pfaffermayr, M. (2011). The hausman test in a cliff and ord panel model. *The Econometrics Journal*, 14(1):48–76.
- Parent, O. e LeSage, J. P. (2012). Spatial dynamic panel data models with random effects. *Regional Science and Urban Economics*, 42(4):727–738.
- Qi, G., Shi, W., Lin, K.-C., Yuen, K. F., e Xiao, Y. (2020). Spatial spillover effects of logistics infrastructure on regional development: Evidence from china. *Transportation research part A: policy and practice*, 135:96–114.
- Rocha, F. e Giuberti, A. C. (2007). Composição do gasto público e crescimento econômico: uma avaliação macroeconômica da qualidade dos gastos dos estados brasileiros. *Economia Aplicada*, 11:463–485.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change; *journal of political economy*, october.
- Silva, G. J. C. d., Martins, H. E. d. P., e Neder, H. D. (2016). Investimentos em infraestrutura de transportes e desigualdades regionais no brasil: uma análise dos impactos do programa de aceleração do crescimento (pac). *Brazilian Journal of Political Economy*, 36:840–863.
- Tsekeris, T. e Vogiatzoglou, K. (2014). Public infrastructure investments and regional specialization: empirical evidence from greece. *Regional Science Policy & Practice*, 6(3):265–289.

## Apêndice:

**Quadro A.1** Testes de Raiz Unitária em Painel das Variáveis Utilizadas nos Modelos Econométricos

Variáveis	Método	Statistic	Prob.	Resultado
LN_PIBpc	Levin, Lin and Chu	0,2514	0,5992	Não Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	4,8834	1,0000	Não Estacionária
	ADF - Fisher Chi-square	15,105	1,0000	Não Estacionária
	PP - Fisher Chi-square	20,804	1,0000	Não Estacionária
LN_GTotal	Levin, Lin and Chu	0,0378	0,5151	Não Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	5,1557	1,0000	Não Estacionária
	ADF - Fisher Chi-square	22,192	0,9999	Não Estacionária
	PP - Fisher Chi-square	38,181	0,9238	Não Estacionária
LN_InvTransp	Levin, Lin and Chu	-4,6796	0,0000	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-3,4597	0,0003	Estacionária
	ADF - Fisher Chi-square	85,153	0,0025	Estacionária
	PP - Fisher Chi-square	87,845	0,0014	Estacionária
LN_InvEduc	Levin, Lin and Chu	1,35114	0,9117	Não Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	6,26197	1,0000	Não Estacionária
	ADF - Fisher Chi-square	10,1874	1,0000	Não Estacionária
	PP - Fisher Chi-square	27,6952	0,9977	Não Estacionária
LN_InvSauSan	Levin, Lin and Chu	-2,7208	0,0033	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	2,18855	0,9857	Não Estacionária
	ADF - Fisher Chi-square	39,7280	0,8938	Não Estacionária
	PP - Fisher Chi-square	66,8608	0,0805	Não Estacionária

Fonte: Elaboração própria a partir do software Eviews 10. Nota: Para todos os métodos, a hipótese nula é de que as séries possuem raiz unitária (Não Estacionárias).