

# Infraestrutura de transporte como alavanca do comércio e da redução da desigualdade: Evidências para os estados brasileiros

Alana Marinho Feitosa<sup>1</sup>  | Jefferson S. Fraga<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Mestranda em Economia, Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: alanaeconomicas@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Adjunto, Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: jsfraga@academico.ufs.br

## RESUMO

Este artigo analisa os efeitos do investimento público em infraestrutura de transporte sobre as exportações, os déficits comerciais e a desigualdade de renda nos estados brasileiros no período de 2001 a 2020. A estratégia empírica adotada baseia-se no estimador GMM-System, adequado à modelagem de dados em painel dinâmico sujeitos a problemas de endogeneidade e heterogeneidade não observada. Os resultados indicam que a ampliação da infraestrutura de transporte está positivamente associada ao crescimento das exportações, à redução dos déficits comerciais e à diminuição da desigualdade de renda. Exercícios contrafactuals sugerem que um aumento de 20% no investimento em infraestrutura pode elevar as exportações em aproximadamente 3% e reduzir o déficit comercial em até 5%. Do ponto de vista distributivo, o mesmo choque implicaria uma diminuição de até 0,4 ponto percentual no índice de Gini estadual. Os achados empíricos destacam a importância estratégica da infraestrutura como vetor de desenvolvimento regional e de promoção da coesão socioeconômica no contexto brasileiro.

## PALAVRAS-CHAVE

Infraestrutura, Comércio Exterior, Desigualdade de Renda

## Transport infrastructure as a lever for trade and inequality reduction: Evidence for the Brazilian states

## ABSTRACT

This article examines the effects of public investment in transportation infrastructure on exports, trade deficits, and income inequality across Brazilian states over the period 2001–2020. The empirical strategy relies on the System GMM estimator, which is well-suited for dynamic panel data models subject to endogeneity and unobserved heterogeneity. The findings indicate that improvements in transportation infrastructure are positively associated with export growth, a reduction in trade deficits, and a decline in income inequality. Counterfactual simulations suggest that a 20% increase in infrastructure investment could raise exports by approximately 3% and reduce the trade deficit by up to 5%. From a distributive perspective, the same shock would lead to a reduction of up to 0.4 percentage points in the state-level Gini index. The empirical evidence underscores the strategic role of infrastructure as a driver of regional development and a promoter of socioeconomic cohesion in the Brazilian context.

## KEYWORDS

Infrastructure, Trade, Income Inequality

## CLASSIFICAÇÃO JEL

R11, F14, O18

## 1. Introdução

A infraestrutura de transporte adequada é fundamental para facilitar o comércio internacional e atenuar desequilíbrios na balança comercial. Sua presença promove conectividade e dinamismo nas trocas econômicas, enquanto sua ausência restringe fluxos comerciais e acentua vulnerabilidades externas (Resende et al., 2021).

Além de facilitar o escoamento de bens e serviços, a melhoria da infraestrutura de transporte contribui para a diversificação da pauta exportadora e uma inserção mais competitiva no comércio internacional. Redes desenvolvidas elevam a produtividade sistêmica e integram o país à economia global a custos reduzidos (Donaubauer et al., 2018). Diante desse contexto, este artigo investiga em que medida o investimento público em infraestrutura de transporte impacta as exportações, o déficit comercial e a desigualdade de renda nos estados brasileiros. A principal contribuição do estudo reside na integração, em um único modelo empírico, de dimensões frequentemente analisadas de forma separada na literatura econômica.

Estudo conduzido por Rehman et al. (2020) evidenciou que, em países do sul da Ásia, um índice agregado de infraestrutura não apenas impulsiona as exportações, como também contribui para a redução dos déficits comerciais ao longo do tempo. Os resultados indicam que o aumento dos investimentos em infraestrutura exerce um impacto significativo tanto sobre o desempenho exportador quanto sobre o equilíbrio da balança comercial.

No Brasil, a relação entre infraestrutura e desempenho econômico assume particular relevância devido à extensa heterogeneidade regional. Enquanto algumas regiões desfrutam de infraestrutura relativamente desenvolvida, outras enfrentam déficits estruturais marcados, que elevam custos de produção, limitam o potencial exportador e aprofundam desigualdades socioeconômicas (ver Fraga e Resende 2023; Silva & Marques, 2020, apud Costa et al., 2023).

Calderón e Servén, 2004, 2010a investigam a relação entre infraestrutura e desigualdade sob uma perspectiva macroeconômica. Utilizando dados em painel para mais de 100 países, os autores demonstram que a expansão e a melhoria da infraestrutura — em setores como transporte, energia e telecomunicações — estão associadas à redução da desigualdade de renda. O principal canal identificado para esse efeito está na elevação da produtividade agregada e na criação de oportunidades econômicas mais amplamente distribuídas. Em uma abordagem voltada para as disparidades regionais dentro de um país, Ferreira et al. (2018), a partir de dados estaduais do Brasil, concluem que melhorias na infraestrutura de transporte e saneamento estão correlacionadas com a redução da desigualdade de renda, mensurada pelo índice de Gini.

No Brasil, a infraestrutura de transporte enfrenta desafios significativos que variam substancialmente entre as diferentes regiões do país. Enquanto as regiões Sul

e Sudeste dispõem de uma infraestrutura relativamente mais desenvolvida e diversificada, as demais ainda enfrentam graves deficiências estruturais, que limitam seu potencial exportador, elevam os custos de produção e impactam negativamente a produtividade agregada, bem como a geração de oportunidades econômicas mais amplamente distribuídas. Nesse contexto, torna-se particularmente relevante investigar os efeitos da infraestrutura de transporte tanto sobre o desempenho comercial quanto sobre a desigualdade econômica entre os estados brasileiros, sobretudo diante dos elevados custos logísticos associados ao baixo estoque e à má qualidade dos serviços de transporte, além da estreita relação entre infraestrutura e produtividade dos fatores. Ademais, as disparidades regionais em termos de infraestrutura configuram um aspecto central a ser examinado, pois refletem os desafios enfrentados pelos formuladores de políticas públicas na promoção de um desenvolvimento econômico mais equilibrado e inclusivo em âmbito nacional.

Nesse contexto, torna-se fundamental identificar os efeitos do investimento em infraestrutura de transporte sobre as exportações, o déficit comercial e a desigualdade de renda nos estados brasileiros. Parte-se da hipótese de que um aumento significativo nos investimentos em infraestrutura de transporte contribui para a elevação das exportações, a redução dos déficits comerciais e a diminuição da desigualdade de renda entre as unidades federativas do país. Para testar essa hipótese, emprega-se um modelo de painel dinâmico que examina os efeitos de curto prazo da infraestrutura de transporte sobre exportações, déficits comerciais e desigualdade de renda entre os estados brasileiros, no período de 2001 a 2020.

O artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 discute a relação entre infraestrutura e comércio internacional; a Seção 3 aborda os vínculos entre infraestrutura e desigualdade de renda; a Seção 4 apresenta o modelo econométrico, a metodologia e os dados; a Seção 5 analisa os resultados empíricos e discute os mecanismos causais; e a Seção 6 traz as conclusões do estudo.

## 2. Infraestrutura e o Comércio Internacional

A infraestrutura física constitui um vetor estratégico para o desempenho exportador, na medida em que reduz os custos logísticos, melhora a confiabilidade do transporte e amplia o acesso a mercados internacionais. Evidências empíricas, como as de Rehman et al. (2020), indicam que investimentos em infraestrutura estão positivamente associados ao aumento das exportações e à redução de déficits comerciais. Esse padrão também se verifica no contexto brasileiro, onde persistentes deficiências logísticas têm representado um entrave à inserção internacional competitiva da produção nacional (Fraga e Resende, 2023).

A expansão dos mercados internos e a inserção competitiva das economias no cenário internacional estão estreitamente associadas à qualidade e ao desenvolvimento das redes de infraestrutura, especialmente no setor de transporte (Rozas e Sánchez,

2004). Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de reduzir barreiras comerciais e de aprimorar a infraestrutura logística, uma vez que o grau de acessibilidade aos mercados revela o nível de conectividade econômica de um país.

Particularmente no caso brasileiro, a infraestrutura de transporte representa um fator estratégico para a promoção do comércio exterior. Estimativas de Hoekman e Nicita (2008) indicam que uma redução de 10% nos custos de transporte pode elevar o volume do comércio em 6%, enquanto um aumento de 10% nos investimentos em infraestrutura é capaz de impulsionar as exportações em 5%. Esses resultados sugerem que a modernização da infraestrutura de transporte no Brasil poderia gerar ganhos expressivos de produtividade e favorecer sua integração mais efetiva na economia global.

Embora a relevância da infraestrutura seja amplamente reconhecida, o Brasil ainda enfrenta desafios estruturais significativos nesse domínio. De acordo com Fraga e Ferreira-Filho (2023), a escassez de investimentos públicos em infraestrutura de transporte tem gerado deficiências que elevam os custos operacionais e impõem severas restrições logísticas, revelando-se inadequadas frente às crescentes exigências do comércio internacional.

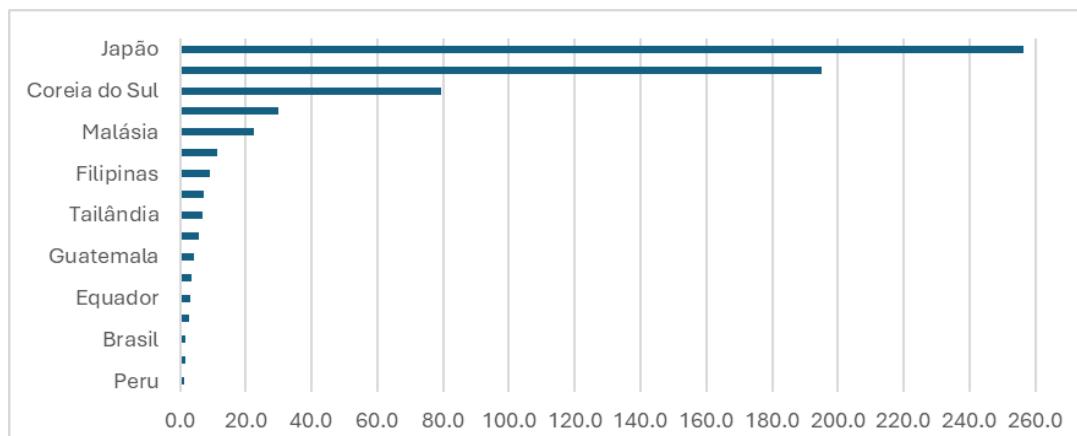
Moreira et al. (2008) corroboram essa perspectiva ao argumentar que os gargalos logísticos não apenas encarecem os custos de produção, mas também comprometem a competitividade das exportações nos países da América Latina, especialmente no caso brasileiro. Assim, a superação desses entraves se configura como condição necessária para a ampliação da capacidade exportadora e para a inserção mais eficiente do Brasil nos fluxos comerciais globais.

Os investimentos em infraestrutura de transportes no Brasil apresentaram uma trajetória decrescente entre 2001 e 2023, alcançando apenas 0,56% do PIB no último ano do período. Apesar da queda generalizada nos aportes, o setor rodoviário manteve sua predominância, absorvendo 57,69% do total investido no intervalo analisado. Essa elevada concentração de recursos no modal rodoviário evidencia a forte dependência da logística nacional em relação a esse setor, responsável por aproximadamente 61% do volume de cargas transportadas no país Oliveira (2024). Rozas e Sánchez (2004) destacam que a infraestrutura exerce contribuição direta para a formação do Produto Interno Bruto (PIB), ao influenciar positivamente a produtividade e o desempenho econômico agregado.

Em uma perspectiva comparada, a Figura 1 apresenta a densidade de estradas e ferrovias — medida em relação à área territorial — para uma amostra de países da América Latina, bem como dos chamados Tigres Asiáticos e Novos Tigres. Considerando a média entre 1990 e 2017, observa-se que o Brasil registra uma relação de apenas 1,76%, superando marginalmente apenas Peru (1,18%) e Colômbia (1,73%). Em 1990, o país possuía uma relação de 2%, inferior à da China (2,76%). No entanto, enquanto a densidade chinesa saltou para expressivos 53% em 2017, o Brasil recuou

para 1,72%. Esse baixo estoque de infraestrutura de transportes é, em grande medida, um dos fatores que contribuem para o desempenho limitado do comércio exterior brasileiro e de suas unidades federativas.

**Figura 1.** Estradas e Ferrovias em % da área do país (média 1990–2017).



Fonte: Dados extraídos de Canning (1998), International Road Federation (2024) e World Bank (2024).

Nota: Elaboração própria.

Em contraste com essa importância reconhecida, observa-se que o Brasil investe percentualmente menos que seus principais concorrentes emergentes. Países como Rússia, Índia, China, Coreia do Sul, Vietnã, Chile e Colômbia destinam, em média, 3,4% de seus PIBs ao setor de transportes, valor significativamente superior ao observado no caso brasileiro (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2016).

De acordo com Costa et al. (2023), a baixa taxa de investimento em infraestrutura no Brasil constitui um fator agravante das desigualdades regionais e das limitações estruturais do país. Nos últimos anos, esse indicador manteve-se persistentemente abaixo de 20% do PIB, sendo que, em 2018, a média trimestral foi de apenas 15,08% (IPEA, 2021, apud Costa et al., 2023). Esse nível de investimento é considerado insuficiente, sobretudo quando comparado aos padrões observados em países com maior dinamismo econômico e infraestrutura mais avançada, como China (39%), Vietnã (30%) e Coreia do Sul (29%). Ressalta-se que tais taxas referem-se ao investimento em infraestrutura de forma ampla, incluindo, entre outros setores, o de transportes.

Dessa forma, a escassez de infraestrutura e a baixa qualidade dos serviços logísticos contribuem para o aumento dos custos de produção e de transação, comprometendo a capacidade competitiva do país e de suas unidades federativas no mercado internacional (Fraga e Resende, 2023). A contínua redução dos investimentos públicos, sem a devida compensação por parte do setor privado, suscita preocupações quanto à qualidade e à expansão da infraestrutura de transportes no Brasil.

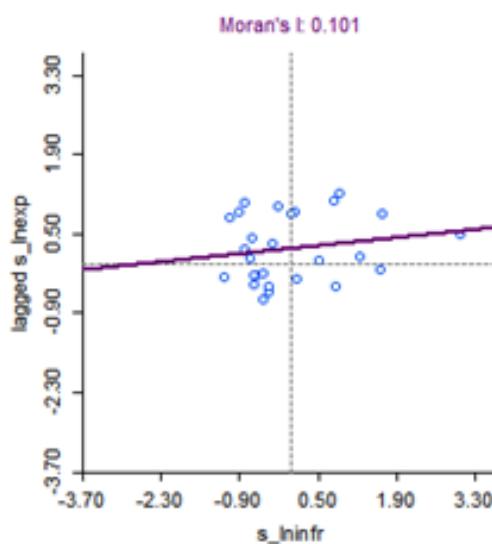
Segundo Costa et al., 2023, a baixa taxa de investimento em infraestrutura no país não se deve apenas à escassez de financiamento de longo prazo, mas também à persistência de períodos de elevada inflação, que dificultam a formação de expectati-

vas e a estimativa da rentabilidade dos projetos. Ainda que a estabilização da moeda nacional, após o Plano Real, tenha mitigado parte desses obstáculos, a retomada dos investimentos permaneceu limitada em função de falhas de coordenação política, elevado grau de incerteza e da natureza irreversível de grande parte dos investimentos em infraestrutura.

Por outro lado, Fraga e Ferreira-Filho (2023) argumentam que os investimentos em infraestrutura devem ocupar posição central na agenda dos formuladores de políticas públicas, tendo em vista o efeito *crowding in* geralmente associado à infraestrutura pública. As evidências empíricas indicam que tais investimentos não apenas geram externalidades positivas para a economia, como também atuam como estímulo ao investimento privado, ampliando a capacidade produtiva e promovendo um ciclo virtuoso de crescimento econômico.

No contexto subnacional, a relação entre o investimento público em infraestrutura de transporte, o volume de exportações e o crescimento econômico dos estados brasileiros revela uma correlação positiva ao longo do tempo. Os dados relativos ao período de 2001 a 2020 indicam uma associação estreita entre o desempenho exportador com os níveis de infraestrutura de transporte (Figura 2). Esse resultado reforça a relevância estratégica dos investimentos em infraestrutura para a promoção do comércio internacional, tanto em escala nacional quanto nas unidades federativas.

**Figura 2.** Correlação entre investimentos em infraestrutura e exportações estaduais, 2001–2020.



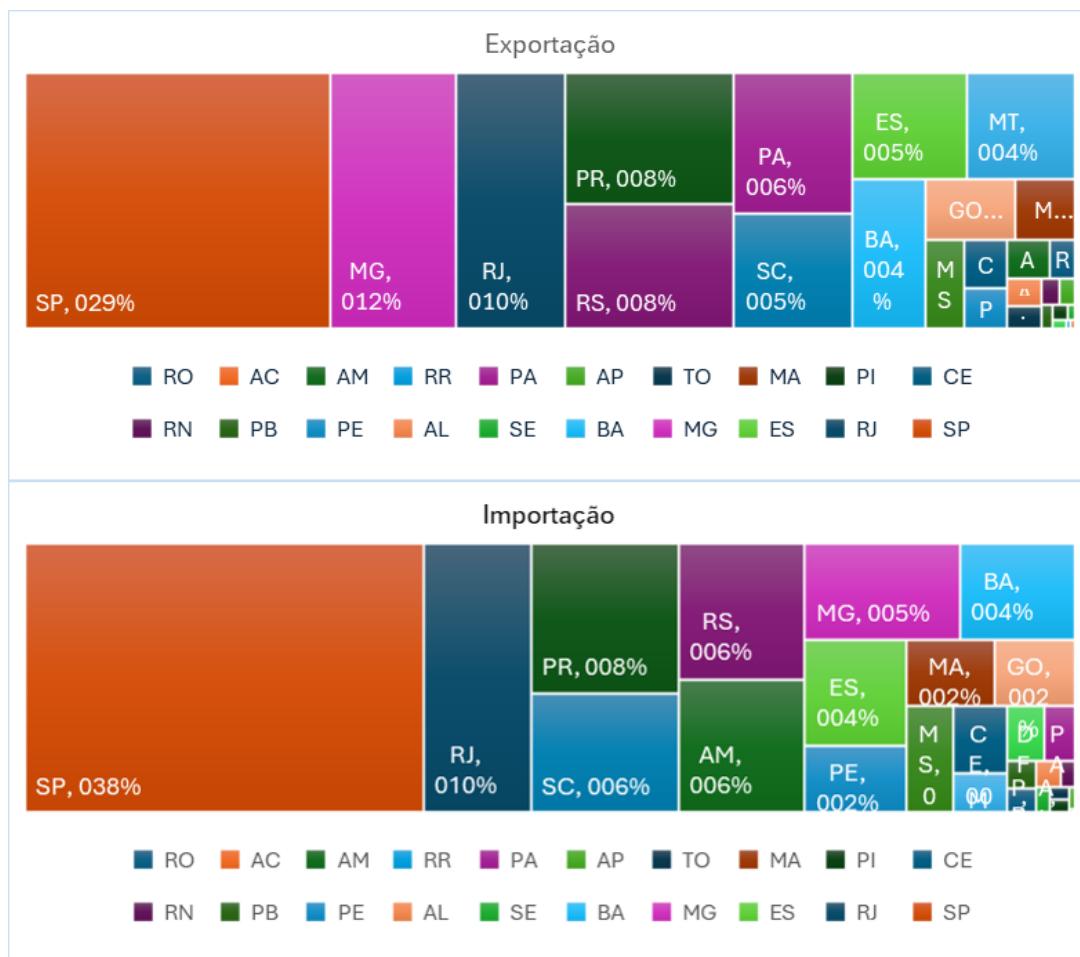
Fonte: Dados extraídos do (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2024).

Nota: Elaboração própria.

A Figura 3 apresenta a distribuição média das importações e exportações por unidade federativa no Brasil, no período de 2001 a 2020. Os dados revelam uma elevada concentração das transações comerciais externas em poucos estados: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Paraná, que, conjuntamente, respondem por mais de 50% do total das exportações e importações nacionais. Essa concentração evidencia as

disparidades regionais no acesso à infraestrutura e na inserção internacional, reforçando a importância de uma política de investimentos mais equilibrada entre os estados brasileiros.

**Figura 3.** Importação e Exportação médias por estado (2001–2020).



Fonte: World Development Indicators, World Bank (2024).

Nota: Elaboração própria.

O Estado de São Paulo, em particular, destaca-se de forma expressiva no comércio exterior brasileiro, sendo responsável por aproximadamente 38% das importações e 29,11% das exportações nacionais no período analisado. Esse desempenho reforça sua posição consolidada como principal centro econômico do país. O Rio de Janeiro também apresenta participação relevante, respondendo por 10,24% das importações e 10,36% das exportações, enquanto Minas Gerais contribui com 5,92% das importações e 12,02% das exportações.

Os dados apresentados na Tabela 2 indicam que as regiões brasileiras com maior grau de inserção internacional e dinamismo econômico — em especial o Sul e o Sudeste — concentram, também, os mais altos níveis médios de infraestrutura. Essa maior disponibilidade de ativos logísticos e institucionais contribui para o desempenho superior das exportações estaduais e evidencia o papel estratégico dos investimentos públicos em infraestrutura como instrumentos de estímulo ao crescimento

econômico e de fortalecimento da competitividade internacional.

**Tabela 1.** Exportação, Importação e Infraestrutura por Região do Brasil (2001–2020)

Regiões	Exportação média (%)	Importação média (%)	Infraestrutura média (%)
Sudeste	57	59	28
Sul	28	27	28
Centro-Oeste	8	5	19
Norte	4	4	12
Nordeste	3	5	12

Fonte: Dados extraídos do World Bank (2024) e Senado Federal (2024).

Nota: Elaboração própria.

Fraga e Ferreira-Filho (2023) identificam uma relação de causalidade entre o estoque de infraestrutura e a sensibilidade do investimento privado no contexto brasileiro, sugerindo que uma maior disponibilidade de infraestrutura induz o setor privado a investir. De forma semelhante, Ferreira (1996) e Ferreira e Malliagros (1998) apontam uma relação positiva entre infraestrutura, produtividade e crescimento econômico. A complementaridade entre investimento público em infraestrutura e produtividade também foi evidenciada por Aschauer (1989), no caso da economia norte-americana, e por (Calderón e Servén, 2004, 2010a), tanto para a América Latina quanto para outros grupos de países.

Nesse sentido, a ampliação dos investimentos em infraestrutura — particularmente no setor de transportes — revela-se um instrumento crucial para desconcentrar a pauta exportadora, atenuar as desigualdades regionais e fomentar uma maior homogeneidade na estrutura produtiva entre os estados brasileiros.

### 3. Infraestrutura e Desigualdade

A relação entre infraestrutura e desigualdade tem sido amplamente analisada na literatura, destacando-se seu papel tanto na promoção do crescimento econômico quanto na mitigação das disparidades socioeconômicas. Essa relação, no entanto, é mediada pela distribuição geográfica dos investimentos em infraestrutura.

A literatura econômica contemporânea identifica diversos canais teóricos e empíricos por meio dos quais o investimento em infraestrutura física pode atuar como vetor de redução das desigualdades de renda. Um dos mecanismos centrais reside no incremento da produtividade total dos fatores (PTF), sobretudo em setores intensivos em mão de obra, conforme evidenciado por (Calderón e Servén, 2004, 2010a) e (Straub, 2011). A expansão e modernização da infraestrutura logística reduzem os custos de produção e transação, ampliam a eficiência alocativa e favorecem a competitividade de pequenas e médias empresas, o que tende a elevar a demanda por trabalhadores menos qualificados. Concomitantemente, o aumento da cobertura e qualidade de serviços essenciais — como transporte, eletricidade e saneamento — contribui para a redução dos custos de vida das famílias de baixa renda, gerando impactos redistributivos substanciais (Calderón e Chong, 2004; Estache et al., 2002).

Outro canal relevante refere-se à mitigação de disparidades territoriais e à promoção da coesão espacial. O investimento em infraestrutura de transporte e em redes de conectividade regional reduz a exclusão geográfica e favorece a integração produtiva de economias locais historicamente marginalizadas (Buys et al., 2006; Estache e Fay, 2007). Adicionalmente, a execução de obras públicas gera efeitos positivos imediatos sobre o emprego e a inclusão ocupacional, particularmente entre trabalhadores com baixa escolaridade (Pereira e Andraz, 2013; Agenor e Moreno-Dodson, 2006). No horizonte de longo prazo, tais efeitos podem ser aprofundados por meio da elevação da mobilidade social intergeracional, na medida em que a melhoria do acesso físico à educação, saúde e mercados fomenta trajetórias socioeconômicas mais dinâmicas entre populações em situação de vulnerabilidade (Lopez e Servén, 2009; Galiani et al., 2005; World Bank, 2006).

Em determinadas regiões, tais investimentos podem intensificar a concentração de atividades econômicas em centros urbanos, aprofundando as desigualdades em relação a áreas rurais menos favorecidas (Calderón e Servén, 2008). Por outro lado, políticas que priorizam o desenvolvimento de infraestrutura em regiões menos desenvolvidas tendem a reduzir as disparidades regionais e a dinamizar as economias locais (Calderón e Servén, 2014).

Outra dimensão relevante refere-se ao impacto dos investimentos em infraestrutura sobre os distintos setores da economia. Setores intensivos em capital, como a indústria e os serviços, tendem a se beneficiar de forma mais imediata das melhorias infraestruturais, enquanto setores como o agrícola e o informal frequentemente enfrentam maiores dificuldades para absorver esses benefícios de maneira equitativa (Calderón e Servén, 2014). Esse descompasso evidencia a necessidade de que as políticas de investimento em infraestrutura sejam complementadas por programas de capacitação e inclusão produtiva, de modo a garantir uma distribuição mais ampla e equitativa dos seus efeitos (Estache et al., 2002). Nesse sentido, Estache e Fay (2007) ressaltam que a falta de acesso a serviços básicos de infraestrutura — como água, eletricidade e transporte — contribui significativamente para a persistência da pobreza e da desigualdade, reforçando a importância de assegurar tanto o acesso universal quanto a qualidade desses serviços.

Ferreira et al. (2018), por meio da utilização de dados em painel estadual para a economia brasileira e controlando por características regionais fixas, identificaram que melhorias na infraestrutura de transporte e saneamento estão associadas a uma redução da desigualdade de renda, medida pelo índice de Gini.

O investimento em infraestrutura, especialmente no setor de transportes, exerce um papel crucial na mitigação das desigualdades socioeconômicas, ao expandir o acesso a oportunidades econômicas e sociais. A ampliação das redes de transporte contribui para a melhoria da mobilidade da população de baixa renda, facilitando sua inserção no mercado de trabalho e o acesso a serviços essenciais, como saúde e educação (Calderón e Servén, 2014). O estudo empírico desses autores evidencia que a

melhoria na infraestrutura de transporte contribui para a redução das desigualdades regionais, ao promover maior conectividade e integrar economias locais aos mercados nacional e internacional.

Outros estudos que analisaram os impactos regionais da infraestrutura, como o de Domingues et al. (2009), investigaram os efeitos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. Os autores concluem que, embora tais investimentos contribuam de forma significativa para o crescimento econômico, tendem, no longo prazo, a intensificar a desigualdade regional. O estudo ressalta que a alocação concentrada de recursos em regiões já desenvolvidas acentuou disparidades econômicas, especialmente no setor de infraestrutura de transporte, cujas melhorias beneficiaram predominantemente áreas mais industrializadas, enquanto regiões menos desenvolvidas permaneceram com acesso restrito a redes de transporte eficientes.

Em contrapartida, há evidências de que os investimentos em transporte urbano podem contribuir significativamente para a redução da exclusão social. Estache et al. (2002) analisaram o impacto do transporte público sobre populações de baixa renda na América Latina e concluíram que a expansão das redes de transporte reduz os custos de deslocamento e melhora a empregabilidade dos segmentos mais pobres da população. No entanto, os autores também ressaltam que o desenho dessas políticas exige cautela: a privatização ou a eliminação de subsídios pode, em certos contextos, tornar os serviços inacessíveis para os grupos mais vulneráveis, agravando a exclusão.

Em uma análise mais macroeconômica, Andrés et al. (2013), para a América Latina e Caribe, encontraram que países com maiores lacunas em infraestrutura tendem a apresentar maiores níveis de desigualdade regional. Com destaque para a infraestrutura de transporte e saneamento como vetores de inclusão social e crescimento equitativo.

Alguns pontos comumente destacados nos estudos são:

- redução de custos de transporte e transações, sugerindo ganhos de produtividade e maior acesso a mercados e empregos;
- aumento da produtividade nas regiões mais pobres, favorecendo convergência regional;
- acesso a serviços básicos (saneamento, eletricidade, água), com impacto direto sobre o bem-estar e renda disponível;
- efeitos redistributivos indiretos via crescimento mais inclusivo.

De modo geral, os efeitos distributivos dos investimentos em infraestrutura de transporte urbano dependem não apenas de sua magnitude, mas da forma como são implementados e das condições institucionais que asseguram seu acesso equitativo. A formulação de políticas públicas deve, portanto, ir além da simples expansão

da infraestrutura física, incorporando mecanismos que garantam que seus benefícios sejam efetivamente distribuídos às populações em situação de maior vulnerabilidade (Calderón e Servén, 2014).

#### 4. Especificação do Modelo e Fonte dos Dados

Para estimar o efeito da infraestrutura de transporte sobre o comércio exterior e da desigualdade de renda dos estados brasileiros e do Distrito Federal no período de 2001 a 2020, utilizamos a seguinte estrutura de dados (Tabela 2). O recorte temporal considera aspectos relativos ao tamanho da amostra, homogeneidade das séries de dados, o número de parâmetros a serem estimados e a restrição de informações sobre as variáveis relacionadas a exportações dos estados e Distrito Federal.

As variáveis independentes consideradas na análise foram exportações, déficit comercial e o índice de Gini, utilizado como proxy para a desigualdade de renda. Todas as séries foram obtidas a partir da base de dados do Ipeadata<sup>1</sup>.

As variáveis são estudadas por meio de um GMM (Generalized Method of Moments). O estimador foi escolhido dadas as características da amostra, devido à sua eficácia em lidar com problemas de endogeneidade e heterogeneidade, especialmente em estudos com dados de painéis curtos, como os disponíveis neste trabalho, que cobrem o período de 2001 a 2020.

**Tabela 2.** Descrição e fonte dos dados (2001–2020)

Variável	Notação	Fonte de dados
Exportações (R\$ constantes)	LN_EX	IPEADATA
Déficit comercial (R\$ constantes)	LN_DC	IPEADATA
Índice de Gini	LN_GI	IPEADATA
Infraestrutura transporte	LN_INF	SIGA Brasil
Capital humano	LN_CH	INEP
PIB per capita	LN_PIBp	IPEADATA
Taxa de câmbio real	LN_TC	IPEADATA

Seguindo metodologia semelhante à adotada por Rehman et al. (2020) e Resende et al. (2021), utilizamos uma proxy para o capital humano, representada pelo rendimento escolar médio estadual, com dados obtidos junto ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)<sup>2</sup>. As variáveis PIB per capita estadual e taxa de câmbio real foram extraídas do Ipeadata. A variável de infraestrutura foi operacionalizada por meio do investimento público real em infraestrutura de transporte nos estados, com dados provenientes do SIGA Brasil (Senado Federal), que disponibiliza informações detalhadas do Orçamento da União, incluindo a execução orçamentária (valores pagos) por função, subfunção e programa.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Site: <https://www.ipeadata.gov.br>.

<sup>2</sup>Site: <https://www.gov.br/inep>.

<sup>3</sup>Site: <https://www12.senado.leg.br/orcamento/sigabrasil>.

A variável déficit comercial, por sua natureza, pode assumir valores negativos, o que inviabiliza a aplicação direta de transformações logarítmicas tradicionais, uma vez que estas são definidas apenas para números positivos. Para contornar essa limitação sem perda de informação ou viés amostral, optou-se pela aplicação da transformação seno hiperbólica inversa (IHS), procedimento amplamente utilizado na literatura econométrica para lidar com variáveis que apresentam distribuição assimétrica, presença de zeros ou valores negativos. A padronização das variáveis por meio de transformações adequadas contribui para melhorar o ajuste do modelo e garantir maior homogeneidade estatística entre os dados.

Conforme argumentam Burbidge et al. (1988), a transformação IHS preserva as principais propriedades da transformação logarítmica quando aplicada a valores elevados, mantendo-se, entretanto, definida para toda a extensão da variável, inclusive em valores nulos ou negativos. Essa característica é particularmente vantajosa em modelos econômicos onde variáveis como o déficit comercial podem transitar entre superávits e déficits. Adicionalmente, Bellemare e Wichman (2020) demonstram que os coeficientes obtidos em modelos com variáveis transformadas por IHS podem ser reinterpretados em termos de elasticidades, o que assegura a consistência e a comparabilidade dos resultados empíricos.

Dessa forma, a utilização da transformação IHS neste estudo não apenas garante a integridade da amostra, como também preserva a robustez interpretativa dos parâmetros estimados. A adoção da transformação seno hiperbólica inversa (IHS), conforme discutida por Burbidge et al. (1988) e Bellemare e Wichman (2020), assegura que valores negativos do déficit comercial sejam mantidos na análise sem comprometer a interpretação dos coeficientes estimados. Essa escolha metodológica é especialmente relevante em contextos em que a aplicação do logaritmo natural excluiria observações importantes, comprometendo a representatividade amostral e a robustez estatística dos resultados.

A Tabela 2 apresenta as variáveis dependentes e independentes do modelo, a descrição dos dados e suas respectivas fontes. Ademais, todas as variáveis são convertidas em logaritmos naturais. Os dados têm periodicidade anual.

#### **4.1 Justificativa teórica**

A infraestrutura de transporte desempenha um papel crucial na redução dos custos de transação e na facilitação do acesso aos mercados internacionais. Investimentos em estruturas logísticas, como rodovias, permitem que os países exportem bens de maneira mais eficiente e competitiva, contribuindo para o fortalecimento de sua inserção no comércio global.

No âmbito da teoria econômica regional, enfatiza-se a relevância da infraestrutura para a promoção de um desenvolvimento territorial mais equilibrado. Políticas públicas voltadas à melhoria da infraestrutura de transporte devem considerar as es-

pecificidades e diversidades regionais, de modo a evitar a reprodução de assimetrias espaciais. Nesse sentido, Krugman (1991) argumenta que a provisão adequada de infraestrutura pode favorecer a concentração de atividades econômicas em determinadas regiões, estimulando um crescimento regional mais integrado e contribuindo para a redução das desigualdades econômicas.

Diversas evidências empíricas corroboram o impacto positivo dos investimentos em infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico e a eficiência do comércio. Calderón e Servén (2004), por exemplo, demonstram que melhorias na infraestrutura estão associadas a ganhos de produtividade e aceleração do crescimento econômico. Adicionalmente, análises de caráter regional confirmam que a infraestrutura exerce papel central na promoção da integração econômica e na mitigação das disparidades regionais.

Adicionalmente, Banerjee e Duflo (2003) argumentam que a desigualdade pode exercer efeitos adversos sobre o crescimento econômico, especialmente em economias emergentes, nas quais o acesso limitado à infraestrutura compromete a mobilidade social e restringe o potencial produtivo. Nesse contexto, torna-se plausível sustentar que investimentos estratégicos em infraestrutura não apenas contribuem para a dinamização da atividade econômica, mas também atuam na superação de barreiras estruturais, promovendo uma distribuição mais equitativa das oportunidades econômicas e favorecendo um desenvolvimento regional mais inclusivo e sustentável.

## 4.2 Modelo Econométrico

Assumindo consideráveis ganhos de eficiência do estimador System GMM em relação ao estimador Difference GMM, este trabalho emprega o estimador System GMM criado por Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998). O método GMM é eficiente frente a problemas de endogeneidade, na ausência de instrumentos estritamente exógenos para todos os regressores endógenos ou pré-determinados (Roodman, 2009a,b). Portanto, o estimador GMM necessita apenas de um conjunto de condições de momento deduzidas dos pressupostos básicos de um modelo econométrico sejam satisfeitas. Logo, tal fato torna os demais estimadores um caso especial do GMM.

O estimador GMM-System combina momentos de níveis e diferenças, aumentando a eficiência das estimativas, além de utilizar instrumentos que são endogenamente determinados, o que confere maior robustez aos resultados.

O modelo geral pode ser representado pela seguinte equação:

$$X_{i,t} = \alpha X_{i,t-1} + \beta Z_{i,t} + \varepsilon_{i,t}, \quad i = 1, \dots, N \text{ e } t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Onde o termo de erro é decomposto da seguinte forma:

$$\varepsilon_{i,t} = \mu_i + \eta_t + \nu_{i,t}$$

Nesta equação,  $X_{i,t}$  representa a variável independente de interesse (exportação, déficit comercial e o índice de Gini) para o estado  $i$  no tempo  $t$ . A variável  $X_{i,t-1}$  corresponde à defasagem das variáveis dependentes, incluída no modelo para capturar a dependência dinâmica inerente ao comportamento econômico dos estados ao longo do tempo.  $Z_{i,t}$  é um vetor de variáveis macroeconômicas (como infraestrutura de transporte, capital humano, PIB per capita e taxa de câmbio real), e  $\alpha$  e  $\beta$  são os coeficientes.  $\mu_i$  é o termo não observável específico de cada estado,  $\eta_t$  é um termo não observável específico de cada período e  $\nu_{i,t}$  é o termo aleatório, sendo  $\varepsilon_{i,t} \sim IID(0, \sigma^2)$  e  $\nu_{i,t}$  independentes entre si.

Especificamente, as equações a serem estimadas neste estudo são apresentadas a seguir:

$$\ln(EX_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(EX_{i,t-1}) + \alpha_2 \ln(INF_{it}) + \alpha_3 \ln(PIBp_{it}) + \alpha_4 \ln(CH_{it}) + \alpha_5 \ln(TC_{it}) + \mu_{it} \quad (2)$$

$$\ln(DC_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(DC_{i,t-1}) + \alpha_2 \ln(INF_{it}) + \alpha_3 \ln(PIBp_{it}) + \alpha_4 \ln(CH_{it}) + \alpha_5 \ln(TC_{it}) + \mu_{it} \quad (3)$$

$$\ln(GI_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(GI_{i,t-1}) + \alpha_2 \ln(INF_{it}) + \alpha_3 \ln(PIBp_{it}) + \alpha_4 \ln(CH_{it}) + \alpha_5 \ln(TC_{it}) + \mu_{it} \quad (4)$$

Em que  $\alpha_0$  representa o efeito não observado do estado; o subscrito  $i$  e  $t$  representam o estado  $i$  no período  $t$ , e  $\mu_{i,t}$  é o erro aleatório. A especificação adotada utiliza a variável dependente com defasagem de um período como variável explicativa, a fim de capturar o tempo de ajuste inerente à própria variável. A notação das variáveis, bem como as respectivas fontes de dados, encontra-se na Tabela 2. As variáveis PIB per capita ( $PIBp$ ) e Infraestrutura de transporte ( $INF$ ) são tratadas como endógenas no modelo.

O modelo será estimado por meio do Método dos Momentos Generalizados na versão em dois estágios (GMM Two-Step), o qual permite a obtenção de estimadores eficientes na presença de heterocedasticidade dos resíduos, ao incorporar uma matriz de variância-covariância robusta. Para a validação das estimativas, aplicou-se o teste de Arellano-Bond, com o objetivo de verificar a ausência de autocorrelação de segunda ordem. Adicionalmente, os testes de Sargan e Hansen foram empregados para avaliar a validade dos instrumentos utilizados.

Para testar a robustez dos resultados, foram realizadas duas estimativas adicionais. A primeira restringe o período da amostra para os anos de 2001 a 2013, desconsiderando, portanto, os efeitos decorrentes do contexto de estagnação econômica observado a partir de 2014, bem como os impactos associados à crise sanitária provocada pela COVID-19. A segunda estimativa utiliza séries de dados padronizadas. Esse procedimento permite uma maior comparabilidade entre as unidades da amostra, considerando que os estados brasileiros apresentam escalas distintas para uma mesma variável — como é o caso do PIB per capita e das exportações. Além de reduzir as heterogeneidades entre as unidades, a padronização possibilita uma análise

mais centrada nas flutuações em torno da média local, favorecendo uma interpretação relativa ao comportamento interno de cada unidade da federação.

## 5. Resultados Empíricos

A Tabela 3 reporta os resultados das estimativas econômicas conduzidas por meio do método GMM-System em dois estágios (two-step). A análise concentra-se na identificação dos efeitos do investimento público em infraestrutura de transportes sobre as exportações, o déficit comercial e, em uma etapa subsequente, sobre a desigualdade de renda, no horizonte temporal de 2001 a 2020.

Ressalte-se, contudo, uma limitação importante quanto à variável de infraestrutura utilizada. O indicador adotado refere-se ao investimento público agregado em transporte, sem desagregação por modal (rodoviário, ferroviário, hidroviário etc.), o que pode ocultar heterogeneidades relevantes nos efeitos estimados. Ademais, a ausência de informações georreferenciadas impede a consideração da localização espacial dos investimentos — por exemplo, em áreas urbanas, de fronteira ou interioranas — o que poderia revelar padrões diferenciados de impacto. Embora essas limitações decorram de restrições nos dados disponíveis para o período analisado, sua explicitação é fundamental e aponta caminhos promissores para futuras agendas de pesquisa.

Uma das principais preocupações associadas à aplicação do estimador GMM-System refere-se à proliferação de instrumentos, conforme amplamente discutido por Roodman (2009a) e Roodman (2009b). Quando o número de instrumentos cresce de forma desproporcional em relação ao tamanho da amostra, há risco de *overfitting*, o que pode gerar estimativas enviesadas e enfraquecer a potência de testes de especificação, como o teste de Hansen.

Com o intuito de mitigar tais problemas, este estudo adotou estratégias recomendadas na literatura, tais como o uso de instrumentos colapsados e a restrição do número de lags utilizados na construção dos instrumentos. Os testes de diagnóstico aplicados aos modelos estimados indicam adequação das especificações: o teste de Arellano-Bond para autocorrelação de segunda ordem (AR(2)) não rejeita a hipótese nula, sugerindo ausência de autocorrelação serial nos resíduos. Adicionalmente, os testes de Sargan e Hansen corroboraram a validade do conjunto de instrumentos, com valores de *p* consistentes com a hipótese nula de exogeneidade dos instrumentos utilizados.

Os resultados obtidos por meio do estimador GMM-System em dois estágios (two-step) para a variável dependente exportações indicam, do ponto de vista estatístico, ausência de autocorrelação de segunda ordem, conforme evidenciado pelo teste de Arellano-Bond. Os testes de validade dos instrumentos demonstraram a exogeneidade dos mesmos, uma vez que não se observou correlação significativa entre os instrumentos e os termos de erro. Os testes de Sargan e Hansen apresentaram resultados consistentes entre si, reforçando a ausência de problemas de sobreidentificação. Adi-

**Tabela 3.** Estados Brasileiros: Exportação e Déficit Comercial (2001–2020)

Variáveis	Exportação		Déficit Comercial		Desigualdade de renda	
	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor
Variáveis endógenas	0.627***	0.000	0.715***	0.000	0.800***	0.000
Infraestrutura transporte	0.148***	0.000	-2.518**	0.022	-0.020***	0.000
Capital humano	0.131***	0.000	4.959*	0.072	0.030***	0.004
PIB per capita	0.303*	0.097	-0.092	0.988	-0.079	0.110
Taxa de câmbio	0.459***	0.000	-3.310*	0.076	-0.063***	0.000

Fonte: Elaboração própria.

Nota: \*\*\*, \*\* e \* denotam significância de 1%, 5% e 10%. Todas as variáveis estão em log natural e séries estaduais.

cionalmente, os testes de Diferença de Hansen (subset validity) e o teste de validade dos instrumentos clássicos (IV padrão), aplicados aos instrumentos específicos de infraestrutura e PIB per capita, confirmaram sua exogeneidade. Tais evidências de robustez permanecem consistentes nas estimativas relativas ao déficit comercial e à desigualdade de renda.

Os resultados obtidos revelam a existência de elevada inércia nas exportações, indicando que o nível atual das exportações depende significativamente de seus valores passados. Tal evidência sugere a presença de rigidez estrutural ou de efeitos acumulativos ao longo do tempo, possivelmente associados à vigência de contratos de médio e longo prazo, limitações de capacidade produtiva, entre outros fatores relevantes. Ressalte-se que, em virtude da especificação do modelo em logaritmos (log-log), todos os coeficientes estimados podem ser interpretados como elasticidades. Nesse contexto, verifica-se que um incremento de 1% nas exportações defasadas resulta em um aumento de 0,627% nas exportações correntes, o que confirma o caráter fortemente dinâmico do comportamento exportador.

A infraestrutura pública de transporte constitui um fator determinante para o desempenho das exportações estaduais. Os resultados indicam que um aumento na qualidade ou na disponibilidade dessa infraestrutura promove um incremento de 0,148% nas exportações. Assim, investimentos em rodovias, ferrovias e portos exercem um impacto positivo e direto sobre a capacidade exportadora dos estados, reforçando a importância de políticas públicas voltadas à melhoria da logística e da conectividade regional. O produto interno bruto (PIB) per capita estadual apresenta efeito positivo sobre as exportações, conforme esperado, embora de forma marginal, dado o valor-p de 0,097. Os resultados indicam que um aumento de 1% na produção estadual está associado a um incremento de 0,30% nas exportações, evidenciando que o nível de renda estadual exerce influência sobre a estrutura exportadora.

O câmbio real efetivo exerce influência significativa sobre as exportações estaduais. Os resultados indicam que uma desvalorização de 1% no câmbio real efetivo está associada a um aumento de 0,46% nas exportações, sugerindo que os estados se beneficiam da elevação da competitividade dos preços no mercado internacional. Contudo, é importante considerar que, embora a desvalorização cambial beneficie o

setor exportador, pode haver um aumento nos custos de insumos e bens de capital importados, o que pode mitigar os benefícios esperados, principalmente se houver uma infraestrutura defasada para compensar esses custos (Oreiro, Missio e Jayme Jr., 2015, apud Costa et al., 2023)

Por fim, verifica-se que o capital humano exerce um efeito positivo e estatisticamente significativo sobre as exportações estaduais. Um aumento de 1% na variável utilizada como proxy de capital humano resulta em um crescimento de 0,13% nas exportações. Esse resultado sugere que estados com maior qualificação educacional são capazes de ampliar a complexidade, a qualidade ou a quantidade de suas exportações.

No que se refere aos déficits comerciais (Tabela 3), observa-se elevada persistência no modelo, evidenciando um comportamento dinâmico. Um aumento de 1% no déficit comercial do ano anterior resulta em uma elevação de 0,76% no déficit corrente, indicando um efeito inercial que sugere a tendência de perpetuação dos déficits ao longo do tempo. Em consonância com os resultados de Rehman et al. (2020) e Resende et al. (2021), verifica-se que a infraestrutura pública de transporte contribui para a redução do déficit comercial. Especificamente, um aumento de 1% na infraestrutura de transporte está associado a uma diminuição de aproximadamente 2,52% no déficit comercial. Esse resultado indica que investimentos em infraestrutura logística reduzem barreiras comerciais, promovem a competitividade das exportações e auxiliam os estados na obtenção de maior equilíbrio em suas balanças comerciais.

A variável utilizada como proxy para o capital humano apresenta um efeito positivo sobre o déficit comercial, embora com significância estatística marginal (*p*-valor de 0,072). Os resultados indicam que um aumento de 1% no capital humano está associado a uma elevação de 4,96% no déficit comercial. Entre as possíveis explicações para esse comportamento, destaca-se a hipótese de que estados com maior nível educacional tendem a apresentar um consumo mais elevado de bens importados, especialmente de produtos de maior conteúdo tecnológico. Alternativamente, é possível que o capital humano disponível ainda não esteja plenamente direcionado para setores exportadores de maior valor agregado, limitando seu impacto positivo sobre a balança comercial. No que se refere ao PIB per capita, o coeficiente estimado apresentou o sinal esperado, indicando que o crescimento da renda tende a promover uma redução no déficit comercial, em consonância com a teoria econômica postulada por Rozas e Sánchez (2004). Contudo, apesar do sinal negativo consistente com as expectativas teóricas, o coeficiente não se mostrou estatisticamente significativo, o que limita a robustez dessa evidência empírica.

Por fim, observa-se que o câmbio real efetivo tende a reduzir o déficit comercial, embora com significância estatística marginal. Especificamente, uma desvalorização real de 1% no câmbio efetivo está associada a uma redução de aproximadamente 3,31% no déficit comercial. Esse resultado corrobora a hipótese de que a desvalorização cambial contribui para a melhora da balança comercial estadual, ao favorecer a competitividade das exportações.

A última análise (Tabela 3) refere-se à desigualdade de renda, medida por meio do índice de Gini. Observa-se elevada persistência da desigualdade ao longo do tempo, de modo que um aumento de 1% na desigualdade observada no período anterior resulta em um incremento de 0,80% na desigualdade corrente. Esse resultado confirma a tendência de perpetuação das estruturas sociais desiguais. Além disso, a infraestrutura pública de transporte revela-se um fator de redução da desigualdade: um aumento de 1% na infraestrutura de transporte está associado a uma diminuição de aproximadamente 0,02% no índice de Gini. Em termos práticos, uma elevação de 10% na infraestrutura reduziria a desigualdade de renda em torno de 2%. Esse efeito, além de expressivo, é altamente significativo do ponto de vista estatístico. Assim, melhorias na infraestrutura de transporte e na oferta de transporte público contribuem para integrar regiões isoladas, ampliar o acesso ao mercado de trabalho e à educação e, consequentemente, reduzir a desigualdade social.

No caso da variável utilizada como proxy para o capital humano, os resultados indicam que um aumento de 1% está associado a um incremento de aproximadamente 0,03% na desigualdade de renda. Embora se esperasse um efeito inverso, uma possível explicação reside no fato de que, no curto prazo, a melhoria da educação pode acentuar a desigualdade caso o acesso à educação de qualidade permaneça restrito a segmentos privilegiados da população, como as elites urbanas. Além disso, o resultado pode refletir disparidades nos retornos à educação, uma vez que indivíduos com maior nível educacional tendem a obter ganhos salariais proporcionalmente superiores, ampliando a concentração de renda. O PIB per capita não apresentou influência estatisticamente significativa sobre o índice de Gini na amostra analisada. Embora o sinal negativo do coeficiente — indicando que maiores níveis de renda per capita tenderiam a reduzir a desigualdade — esteja em conformidade com as expectativas teóricas, a ausência de significância estatística impede a confirmação robusta dessa relação.

O câmbio real efetivo exerce um impacto significativo na redução da desigualdade de renda. Os resultados indicam que uma desvalorização de 1% no câmbio real efetivo está associada a uma diminuição de aproximadamente 0,06% no índice de Gini. Esse efeito pode ser explicado pelo estímulo proporcionado pela desvalorização cambial a setores mais intensivos em mão de obra, particularmente aqueles voltados para exportações, o que tende a ampliar as oportunidades de emprego para trabalhadores de baixa e média renda, contribuindo, assim, para a redução da desigualdade.

Com o intuito de testar a robustez dos resultados obtidos, a Tabela 4 apresenta estimativas para o período de 2001 a 2013, excluindo o contexto de estagnação econômica observado a partir de 2014, bem como os efeitos associados à crise sanitária da COVID-19. O objetivo dessa estratégia é reduzir o impacto do ciclo econômico nas estimativas dos coeficientes, uma vez que o intervalo completo originalmente considerado abrange o boom das commodities, a crise política e econômica, e o período pandêmico, eventos que poderiam distorcer os resultados.

**Tabela 4.** Estados Brasileiros: Exportação e Déficit Comercial (2001–2013).

Variáveis	Exportação		Déficit Comercial		Desigualdade de renda	
	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor
Variáveis endógenas	0.517***	0.000	0.664***	0.000	0.522***	0.000
Infraestrutura transporte	0.131**	0.011	-2.626***	0.000	-0.0135***	0.000
Capital humano	0.247**	0.018	3.666***	0.000	0.012***	0.000
PIB per capita	0.459**	0.039	-5.668***	0.001	-0.068***	0.000
Taxa de câmbio	0.477***	0.000	-7.923***	0.000	-0.031***	0.000

Fonte: Elaboração própria.

Nota: \*\*\*, \*\* e \* denotam significância de 1%, 5% e 10%. Todas as variáveis estão em log natural e séries estaduais.

Adicionalmente, a Tabela 5 reporta estimativas baseadas em variáveis padronizadas (normalização intraunidade ou escore-z). Essa padronização permite maior comparabilidade entre as unidades federativas, dado que estados distintos podem apresentar escalas muito diferentes para uma mesma variável (por exemplo, PIB e exportações). A padronização consiste em analisar variações relativas dentro de cada unidade, e não níveis absolutos. Um efeito positivo dessa abordagem é a atenuação da heterogeneidade entre as unidades, de modo que se evitam efeitos espúrios relacionados a diferenças de escala — como o fato de São Paulo apresentar um PIB consistentemente maior que o do Acre —, permitindo foco nas flutuações em torno da média local. Nessa perspectiva, um valor de  $z = 1,5$ , por exemplo, indica que a variável em questão se encontra 1,5 desvios-padrão acima da média do respectivo estado, o que facilita a interpretação das variações relativas, especialmente em contextos de alta heterogeneidade regional.

**Tabela 5.** Estados Brasileiros: Exportação e Déficit Comercial (normalizada).

Variáveis	Exportação		Déficit Comercial		Desigualdade de renda	
	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor
Variáveis endógenas	0.622***	0.000	0.679***	0.000	0.366***	0.000
Infraestrutura transporte	0.132*	0.059	-0.491***	0.000	-0.191***	0.000
Capital humano	0.374**	0.016	-0.358**	0.045	-0.178	0.238
PIB per capita	0.215***	0.006	0.080	0.228	-0.351***	0.000
Taxa de câmbio	0.311**	0.028	-0.397**	0.025	-0.208***	0.004

Fonte: Elaboração própria.

Nota: \*\*\*, \*\* e \* denotam significância de 1%, 5% e 10%. Todas as variáveis estão em log natural e séries estaduais.

A estrutura básica dos efeitos — em termos de sinal e significância estatística — mantém-se consistente entre as três tabelas analisadas: infraestrutura pública de transporte e câmbio real efetivo exercem impactos favoráveis sobre as exportações, além de contribuírem para a redução do déficit comercial e da desigualdade de renda.

Observa-se que a magnitude dos efeitos é mais pronunciada no período de 2001 a 2013 (Tabela 4) do que no painel completo (Tabela 3) ou no modelo com variáveis normalizadas (Tabela 5), sugerindo que o recorte temporal anterior à crise permitiu a identificação de relações mais intensas entre as variáveis.

No que se refere ao capital humano, verifica-se que o efeito de aumento da desigualdade, identificado nas Tabelas 3 e 4, perde significância no modelo normalizado apresentado na Tabela 5.

Por fim, destaca-se que o PIB per capita, inicialmente irrelevante na Tabela 3, passa a apresentar efeitos estatisticamente significativos nas Tabelas 4 e 5, especialmente no que tange à promoção das exportações e à redução da desigualdade de renda.

De maneira geral, os resultados obtidos são consistentes com o argumento de que a melhoria da infraestrutura reduz os custos de comércio e altera as vantagens comparativas de um país ou região, favorecendo uma maior fragmentação das cadeias produtivas de abastecimento e impulsionando o comércio internacional. No contexto deste estudo, observa-se que tais efeitos se estendem também aos estados brasileiros, em linha com a evidência empírica apresentada por Brooks e Menon (2008), Rehman et al. (2020) e Resende et al. (2021).

Apesar dos testes de diagnóstico indicarem a validade dos instrumentos utilizados e a inexistência de autocorrelação serial de segunda ordem, cumpre assinalar algumas limitações inerentes à abordagem empírica adotada. Em primeiro lugar, a heterogeneidade não observável entre os estados da federação pode não ser plenamente capturada pelos efeitos fixos, o que pode introduzir viés nos coeficientes estimados. Em segundo lugar, a utilização do índice de Gini como medida de desigualdade, embora consagrada na literatura, apresenta limitações no que tange à sua capacidade de refletir dimensões mais complexas da desigualdade socioeconômica, como a pobreza extrema, a desigualdade funcional da renda ou a exclusão territorial. Nesse sentido, pesquisas futuras poderiam beneficiar-se da incorporação de diferentes medidas distributivas ou explorar modelos com efeitos espaciais explícitos.

## 5.1 Discussão dos mecanismos causais

Os resultados empíricos sugerem que a infraestrutura de transporte exerce influência significativa sobre as exportações e a desigualdade de renda por meio de diversos mecanismos. No âmbito do comércio exterior, a expansão e modernização da infraestrutura logística contribuem para a redução dos custos de transação, o aumento da confiabilidade operacional e a ampliação da integração territorial dos polos produtivos regionais aos mercados internacionais, elevando sua competitividade.

No que tange à desigualdade, os investimentos em transporte público e em infraestrutura de acesso desempenham papel central na conexão de áreas periféricas a centros urbanos, mercados de trabalho e serviços essenciais, promovendo maior mobilidade ocupacional e produtiva. Evidências empíricas reportadas por Donaldson (2018), com base na análise de redes ferroviárias na Índia, e por Banerjee et al. (2020), em estudo comparativo de infraestrutura na China, corroboram a existência desses canais em distintos contextos geográficos, reforçando a plausibilidade dos mecanismos identificados neste estudo.

Além disso, como discutido por Calderón e Servén (2014) e Straub (2011), a infraestrutura física amplia a produtividade sistêmica ao reduzir os custos de acesso a insumos, mercados e serviços, beneficiando desproporcionalmente trabalhadores menos qualificados e regiões periféricas, o que reforça seus efeitos redistributivos.

Para reforçar a interpretação dos coeficientes estimados, foi realizada uma simulação contrafactual simples. Considera-se um aumento de 20% no investimento público em infraestrutura de transporte — magnitude compatível com os ciclos de investimento do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Com base nas elasticidades estimadas, tal incremento estaria associado a um aumento médio de 3% nas exportações estaduais e a uma redução de aproximadamente 5% nos déficits comerciais. Do ponto de vista distributivo, o mesmo choque implicaria uma diminuição de até 0,4 ponto percentual no índice de Gini estadual, resultado de magnitude comparável ao observado em programas sociais consolidados de transferência de renda.

## 6. Considerações Finais

Este estudo analisou os efeitos do investimento público em infraestrutura de transporte sobre as exportações, os déficits comerciais e a desigualdade de renda dos estados brasileiros e do Distrito Federal no período de 2001 a 2020, por meio de estimativas robustas utilizando o método GMM-System. Os resultados encontrados demonstram, de maneira consistente, que a expansão da infraestrutura de transporte exerce impactos positivos sobre o desempenho econômico regional, ao elevar o volume de exportações, reduzir os déficits comerciais e mitigar as desigualdades de renda.

As evidências obtidas são robustas a diferentes especificações e períodos de análise, conferindo elevada credibilidade empírica aos resultados. Além disso, o artigo avança em relação à literatura existente ao considerar simultaneamente três dimensões centrais — comércio exterior, déficits comerciais e desigualdade de renda — no contexto das unidades federativas brasileiras, oferecendo uma perspectiva abrangente e integrada.

Do ponto de vista das políticas públicas, os resultados ressaltam a importância estratégica de se promover investimentos sustentados em infraestrutura de transporte como instrumento de desenvolvimento econômico e de coesão social. Em particular, demonstram que políticas de expansão e modernização da infraestrutura são capazes de fortalecer a capacidade exportadora regional, corrigir desequilíbrios comerciais e reduzir as disparidades socioeconômicas entre os estados brasileiros.

Dessa forma, a formulação de uma agenda nacional de investimentos em infraestrutura, com foco na equidade regional e na integração econômica, revela-se crucial para impulsionar um crescimento mais dinâmico e inclusivo. Em um cenário de escassez de recursos e desafios fiscais, os achados deste estudo oferecem evidências sólidas que podem orientar a priorização de investimentos públicos, apontando a infraestrutura de transporte como uma alavanca poderosa para promover competi-

tividade externa, estabilidade macroeconômica regional e redução das desigualdades sociais no Brasil.

Adicionalmente, recomenda-se que investigações futuras incorporem dados georreferenciados, com o objetivo de identificar os efeitos locais dos investimentos em infraestrutura e capturar possíveis heterogeneidades espaciais. A adoção de modelos econométricos com interações espaciais também se mostra promissora, especialmente para avaliar externalidades regionais e efeitos de transbordamento. No âmbito da formulação de políticas públicas, os resultados obtidos sugerem que programas de investimento, como o Novo PAC, devem levar em conta não apenas a intensidade dos impactos econômicos diretos, mas também sua capacidade de mitigar desigualdades regionais, com prioridade para áreas historicamente marcadas por baixa conectividade e exclusão logística.

## Referências

- Agenor, P.-R. e Moreno-Dodson, B. (2006). Public infrastructure and growth: New channels and policy implications. *World Bank Policy Research Working Paper* 4064, World Bank.
- Andrés, L. A., Guasch, J. L., López-Avila, D., e Haven, B. (2013). Infrastructure gap in south asian: Infraestructure needs, prioritization, and financing. *Policy Research Working Paper* 7032, World Bank.
- Arellano, M. e Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1):29–51.
- Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23:177–200.
- Banerjee, A., Duflo, E., e Qian, N. (2020). On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in china. *Journal of Development Economics*, 145:102442.
- Banerjee, A. V. e Duflo, E. (2003). Inequality and growth: What can the data say? *Journal of Economic Growth*, 8:279–299.
- Bellemare, M. F. e Wichman, C. J. (2020). Elasticities and the inverse hyperbolic sine transformation. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 82(1):50–61.
- Blundell, R. e Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87:115–143.
- Brooks, H. D. e Menon, J. (2008). *Infrastructure and trade in Asia*. Edward Elgar Publishing.

- Burbidge, J. B., Magee, L., e Robb, A. L. (1988). Alternative transformations to handle extreme values of the dependent variable. *Journal of the American Statistical Association*, 83(401):123–127.
- Buyx, P., Deichmann, U., e Wheeler, D. (2006). Road network upgrading and overland trade expansion in sub-saharan africa. World Bank Policy Research Working Paper 4097, World Bank.
- Calderón, C. e Chong, A. (2004). Volume and quality of infrastructure and the distribution of income: An empirical investigation. *Review of Income and Wealth*, 50(1):87–106.
- Calderón, C. e Servén, L. (2004). The effects of infrastructure development on growth and income distribution. Policy Research Working Paper 3400, World Bank.
- Calderón, C. e Servén, L. (2008). Infrastructure and economic development in sub-saharan africa. Policy Research Working Paper 4712, World Bank.
- Calderón, C. e Servén, L. (2010a). Infrastructure and economic development in sub-saharan africa. *Journal of African Economies*, 19(Suppl1):i13–i87.
- Calderón, C. e Servén, L. (2010b). Infrastructure in latin america. Working Paper 5317, World Bank.
- Calderón, C. e Servén, L. (2014). Infrastructure, growth, and inequality. Policy Research Working Paper 7034, World Bank.
- Canning, D. (1998). A database of world stocks of infrastructure, 1950–95. *The World Bank Economic Review*, 12:529–547.
- Costa, J. E. A. B., Esperidião, F., Missio, F. J., Fraga, J. S., e Moura, F. R. (2023). Uma análise dos determinantes macroeconômicos do investimento produtivo dos estados brasileiros (2008–2018). *Revista Econômica*, 25(2).
- Domingues, E. P., Magalhães, A. S., e Faria, W. R. (2009). Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: Uma projeção dos impactos dos investimentos do pac em minas gerais. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 39(1):121–158.
- Donaldson, D. (2018). Railroads of the raj: Estimating the impact of transportation infrastructure. *American Economic Review*, 108(4-5):899–934.
- Donaubauer, J., Glas, A., Meyer, B., e Nunnenkamp, P. (2018). Disentangling the impact of infrastructure on trade using a new index of infrastructure. *Review of World Economics*, 154:745–784.
- Estache, A. e Fay, M. (2007). Current debates on infrastructure policy. Policy Research Working Paper 4410, World Bank.
- Estache, A., Foster, V., e Wodon, Q. (2002). *Accounting for poverty: Learning from Latin America's experience in infrastructure reform*. World Bank.

- Ferreira, P. C. (1996). Investimento em infraestrutura no brasil: Fatos estilizados e relações de longo prazo. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 26(2):231–252.
- Ferreira, P. C., Cavalcanti, T. V. d. V., e Nascimento, L. (2018). Infrastructure and income inequality in brazil. *EconomiA*, 19(2):191–203.
- Ferreira, P. C. e Malliagros, T. G. (1998). Impactos produtivos da infraestrutura no brasil: 1950–1975. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 2:315–338.
- Fraga, J. S. e Ferreira-Filho, H. L. (2023). The effects of infrastructure and public investment on the elasticity of private investment: An empirical investigation for brazil. *Brazilian Journal of Political Economy*, 43(1).
- Fraga, J. S. e Resende, M. F. C. (2023). Infraestrutura, expectativas e investimento: Evidências empíricas para a américa latina. *Economia e Sociedade*, 32(1):79–102.
- Galiani, S., Gertler, P., e Schargrodsky, E. (2005). Water for life: The impact of the privatization of water services on child mortality. *Journal of Political Economy*, 113(1):83–120.
- Hoekman, B. e Nicita, A. (2008). Trade policy, trade costs and developing country trade. Policy Research Working Paper 4797, World Bank.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2024). Base de dados econômicos e sociais. <https://www.ibge.gov.br>. Dados extraídos do IBGE.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2016). Infraestrutura econômica no brasil: evolução histórica e desafios. Relatório Técnico.
- International Road Federation (2024). World road statistics.
- Krugman, P. (1991). *Geography and trade*. MIT Press.
- Lopez, H. e Servén, L. (2009). Too poor to grow. World Bank Policy Research Working Paper 5012, World Bank.
- Moreira, M. M., Volpe, M. C., e Blyde, M. S. (2008). Unclogging the arteries: The impact of transport costs on latin american and caribbean trade. Texto para discussão, Inter-American Development Bank.
- Neto, C. (2016). Reflexões sobre investimentos em infraestruturas de transporte no brasil. *Radar*, 47.
- Oliveira, R. R. (2024). Desinvestimentos em infraestrutura de transporte no brasil – 2001/2024. Texto para discussão, Logística Brasil: Brazilian Shippers Association.
- Pereira, A. M. e Andraz, J. M. (2013). On the economic effects of public infrastructure investment: A survey of the international evidence. *Journal of Economic Development*, 38(4):1–37.

- Rehman, F. U., Noman, A. A., e Ding, Y. (2020). Does infrastructure increase exports and reduce trade deficit? evidence from selected south asian countries using a new global infrastructure index. *Journal of Economic Structures*, 9(1):1–23.
- Resende, M. F. C., Fraga, J. S., e Strachman, E. (2021). Infraestrutura, exportações e déficit comercial: Evidências empíricas para países da américa latina. In: *Anais do 49º Encontro Nacional de Economia (Área 7: Economia Internacional)*. ANPEC.
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*, volume 1. Cambridge University Press.
- Roodman, D. (2009a). How to do xtabond2: An introduction to difference and system gmm in stata. *Stata Journal*, 9(1):86–136.
- Roodman, D. (2009b). A note on the theme of too many instruments. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 71(1):135–158.
- Rozas, P. e Sánchez, R. J. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: Revisión conceptual. Texto para Discussão 268, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Senado Federal (2024). Siga brasil: Sistema de orçamento federal. <https://www12.senado.leg.br/orcamento/sigabrasil>. Dados extraídos do SIGA Brasil (Senado Federal).
- Straub, S. (2011). Infrastructure and development: A critical appraisal of the macro-level literature. *Journal of Development Studies*, 47(5):683–708.
- World Bank (2006). *Equity and development: World Development Report 2006*. Oxford University Press.
- World Bank (2024). World bank indicators online. <https://data.worldbank.org/indicator>.

 Este artigo está licenciado com uma CC BY 4.0 license.