

# INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE E EMPREGO

UMA ABORDAGEM DE ACESSO A MERCADO<sup>1</sup>



CLIMATE  
POLICY  
INITIATIVE



RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE EFETIVIDADE V.4, N.11 (2022)  
FEVEREIRO 2022

## SUMÁRIO

### INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE E EMPREGO

Investimentos em infraestrutura de transportes são fundamentais para promover desenvolvimento econômico. Todavia, computar os efeitos desses investimentos é difícil devido à existência de efeitos que vão além da vizinhança imediata dos projetos, criando efeitos sobre todo o sistema de transportes.

Nesse relatório, utilizamos dos modelos mais recentes da literatura de economia de comércio regional para investigar os efeitos globais da infraestrutura de transporte no emprego no Brasil entre 1990-2019.

### ACESSO A MERCADO

A abordagem do relatório é construída em volta de uma medida de acesso a mercado. O acesso a mercado mede o quão bem conectada cada região está com todas as outras regiões da economia e depende dos custos de transporte bilaterais e da distribuição espacial da população. Com a abordagem de acesso a mercado, uma modificação na infraestrutura de transporte afetará o custo de transporte entre regiões, o que modifica o acesso a mercado e impacta no emprego.

### DADOS

O acesso a mercado é gerado com dados espaciais de estradas federais para as décadas entre 1990 e 2010, dados de frete, e dados de população. Com os dados espaciais de estradas, construímos uma ferramenta que nos permite computar o custo de transporte entre qualquer par de municípios no Brasil.

### RESULTADOS

Os resultados mostram que acesso a mercado afeta positivamente o emprego. Um aumento de 1% em acesso a mercado gera um aumento de 0,5%-0,8% no emprego.

Adicionalmente, os efeitos são heterogêneos entre regiões. As regiões inicialmente mais isoladas ou mais pobres se beneficiam mais de uma melhoria na infraestrutura de transporte.

Dessa forma, os resultados apontam para uma diminuição de desigualdade regional gerada pela melhoria da infraestrutura de transporte.

O BNDES, como um importante financiador de projetos de logística, pode se beneficiar desses resultados e da metodologia de acesso a mercado para ranquear ex-ante seu portfólio de projetos potenciais, levando em consideração os efeitos globais de alterações na infraestrutura de transporte. Adicionalmente, a metodologia pode ser empregada para avaliar ex-post projetos já completados, de forma a enriquecer o entendimento do impacto da instituição na atividade econômica.

<sup>1</sup> Esse trabalho foi desenvolvido no âmbito de Acordo de Cooperação Técnica com o objetivo de formar parceria para intercâmbio de informações e realizar estudos e pesquisas conjuntos referentes a atividades de monitoramento e avaliação de efetividade com o BNDES. Os autores agradecem os comentários e discussões com o corpo técnico do BNDES ao longo do desenvolvimento da metodologia. Os autores agradecem em particular André Albuquerque Sant'Anna, Luciano Machado, Fábio Brener Roitman, o Departamento de Efetividade e Pesquisa Econômica e a Área de Saneamento, Transporte e Logística pelos comentários e sugestões. Todos erros e omissões são de responsabilidade dos autores.

## INTRODUÇÃO

Investimentos em infraestrutura de transportes são considerados fundamentais para promover desenvolvimento econômico. Esses investimentos têm potencial de reduzir custos de transporte tanto domésticos quanto internacionais e, conseqüentemente, gerar ganhos de bem-estar associados a redução de preços, maior mobilidade de trabalhadores e maior competitividade das firmas (Limão & Venables 2001, Atkin & Donaldson 2015, Costinot & Donaldson 2016).

Todavia, computar os efeitos desses investimentos é difícil devido à existência de efeitos que vão além da vizinhança imediata dos projetos, criando efeitos sobre todo o sistema de transportes. Esses efeitos dificultam a estimação dos impactos econômicos globais desses investimentos utilizando métodos quase-experimentais, uma vez que esses métodos têm por hipótese que os indicadores econômicos dos grupos mais afetados por esses investimentos (“tratamento”) não influenciam os indicadores dos grupos menos afetados por esses investimentos (“controle”). Isso é um problema recorrente da estimação de efeitos econômicos de grandes choques econômicos em áreas como infraestrutura, comércio internacional e regulação. Nesse tipo de contexto, a comparação de grupos mais e menos afetados por esses choques econômicos identifica somente seus efeitos locais e não globais.<sup>2</sup>

Nos últimos anos, entretanto, a literatura de economia regional desenvolveu métodos que permitem recuperar os efeitos globais de investimentos em infraestrutura de transportes combinando modelos de equilíbrio espacial com dados georeferenciados da rede de transportes e de localização da atividade econômica. Esses trabalhos mostram que medidas de acessibilidade que dependem da estrutura de custos de transporte da economia são estatísticas suficientes dos efeitos de equilíbrio geral de melhorias na infraestrutura de transportes sobre indicadores como emprego, preços e renda. Isso significa que é possível computar os efeitos totais e abrangentes da infraestrutura de transportes utilizando a elasticidade dos indicadores de interesse nessas medidas de acessibilidade. A literatura explorando essa ideia tem crescido rapidamente, com aplicações para estimar os efeitos de ferrovias (Donaldson & Hornbeck 2016, Hornbeck & Rotemberg 2020), rodovias (Jaworski & Kitchens 2019, Jedwab & Storeygard 2020) e infraestrutura urbana (Tsivanidis 2019).

Este relatório contribui para essa literatura ao estudar, de forma ampla, os efeitos da infraestrutura de transporte no emprego entre 1990 e 2019. Nosso arcabouço teórico considera um modelo de comércio inter-regional a la Eaton & Kortum (2002), onde o fluxo de comércio é afetado pelos custos de transporte que, por sua vez, são afetados pela infraestrutura de transporte da economia. Nesse modelo, o efeito da infraestrutura de transporte sobre o emprego é capturado pela análise entre a relação entre indicadores de emprego e uma estatística suficiente de acessibilidade a mercado análoga à definida por Donaldson & Hornbeck (2016) e Bartelme (2018). Essa estatística suficiente mede o quão bem conectada cada região está com todas as outras regiões da economia e depende dos custos de transporte bilaterais e da distribuição espacial da população.

Nós construímos o acesso ao mercado utilizando uma base de dados inédita combinando informações georreferenciadas de rodovias, ferrovias, estações ferroviárias, hidrovias e portos

---

<sup>2</sup> Há uma ampla literatura identificando os efeitos locais (ou relativos) desses choques econômicos. Ver Baum-Snow (2007), Michaels (2008) e Asher et al. (2018) para efeitos de investimentos em infraestrutura, Autor, Dorn & Hanson (2013) e Kovak (2013) para efeitos de choques comerciais e Bertrand & Kramarz (2002) para efeitos de mudanças regulatórias.

com dados sobre fretes ao longo dos últimos 30 anos. Esses dados são utilizados para estimar os custos de transporte de mercadorias entre todos os pares de municípios no Brasil nos anos de 1990, 2000 e 2010. Já os dados de emprego e número de estabelecimentos são da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

Um potencial problema para a estimação da elasticidade entre emprego e acesso a mercado é que o acesso a mercado é uma função da infraestrutura local, potencialmente correlacionada com o dinamismo da economia local. Por exemplo, uma região em processo de crescimento econômico talvez invista mais em infraestrutura de transporte do que uma em período de recessão. Para lidar com esse potencial problema, nós utilizamos medidas de acesso a mercado excluindo municípios em *buffers* de 200 quilômetros no entorno do município como instrumento do acesso a mercado. A ideia é que mudanças de acesso a mercado derivadas de mudanças na infraestrutura e/ou população de lugares mais distantes são exógenas a condições econômicas locais (Donaldson & Hornbeck 2016, Jaworski & Kitchens 2019, Jedwab & Storeygard 2020).

Os resultados indicam que a relação entre emprego e acesso a mercado é positiva e estatisticamente significativa. Os coeficientes obtidos utilizando Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) indicam uma elasticidade entre emprego e acesso a mercado em torno de 0,7-0,8 enquanto os coeficientes obtidos utilizando Variáveis Instrumentais (VI) indicam uma elasticidade em torno de 0,5. Ou seja, um aumento de 1% no acesso a mercado gera um crescimento entre 0,5%-0,8% em emprego. O aumento de emprego é motivado pelo crescimento relativo de setores *tradables* (agricultura e manufatura) em relação a setores *non-tradables* (comércio e serviços).

Os resultados ainda indicam que a elasticidade entre acesso a mercado e emprego é heterogênea entre municípios. Vemos que o emprego é mais sensível à acessibilidade em municípios inicialmente menores, mais pobres e mais isolados. Isso sugere que investimentos em infraestrutura de transportes em regiões periféricas do país tem potencial para diminuir a desigualdade regional tanto por diminuir as desigualdades regionais de acessibilidade quanto por estimularem mais o emprego nessas localidades.

O emprego medido na RAIS é uma medida imperfeita do emprego total devido à presença de trabalhadores informais. Nós utilizamos informações de número de firmas na RAIS para entender a robustez dos nossos resultados à presença de trabalhadores informais. Na medida que existem empresas formais que contratam trabalhadores formais e informais, o número de firmas é potencialmente um indicador de demanda por trabalho ainda melhor que o emprego medido na RAIS. As estimativas indicam que a elasticidade entre número de firmas e acesso a mercado é cerca de  $\frac{1}{4}$  maior que a elasticidade de emprego formal. Dado que o número de firmas é uma medida que captura em parte o mercado informal – firmas formais podem contratar trabalhadores informais – isso sugere que é improvável que mudanças na taxa de informalidade expliquem os resultados encontrados.

## METODOLOGIA

Dentro da literatura que estuda os impactos de estradas em atividade econômica, o modelo empírico mais utilizado conecta indicadores econômicos de uma região com uma medida de custo de transporte. Exemplos das medidas usadas são: distância para estrada mais próxima, densidade de estradas na região, custo de transporte até o porto mais próximo. Nesse estudo, tomamos um caminho diferente. Utilizamos uma metodologia que nos possibilita estudar o impacto de infraestrutura de transporte em um contexto de equilíbrio geral. Em contraponto com um contexto de equilíbrio parcial, o equilíbrio geral reconhece que impactos econômicos em uma região podem ter efeito sobre outras regiões. Essas outras regiões, por sua vez, podem impactar tanto outras regiões quanto novamente a região onde houve o impacto inicial. Essa metodologia nos permite delimitar de maneira muito flexível a área de influência de diferentes projetos de infraestrutura.

Para ilustrar essa distinção, considere por exemplo o efeito de uma rodovia conectando o sul do Mato Grosso a um porto internacional. O efeito de equilíbrio parcial capturaria como o sul do Mato Grosso reagiria a esse choque positivo de custo de transporte. Já o efeito de equilíbrio geral levaria em consideração que o choque positivo na região pode afetar outras regiões, por exemplo, aumentando a demanda por insumos para o setor agrícola.

A interpretação de equilíbrio geral provém de um modelo teórico que disciplina como os diferentes choques em diversas regiões chegam ao equilíbrio que observamos nos dados. Donaldson e Hornbeck (2016) e Bartelme (2018) indicam que uma medida de acesso a mercado sumariza os efeitos de equilíbrio geral de custos de transporte sobre indicadores econômicos em uma série de modelos de comércio inter-regional. Em outras palavras, essa medida é uma estatística suficiente dos efeitos de custos de transporte sobre indicadores econômicos que contém toda a informação necessária para mapearmos como as regiões interagem em equilíbrio. Esses trabalhos definem o acesso a mercado de um município  $o$  no período  $t$  como:

$$MA_{ot} = \sum_d \tau_{odt}^{-\theta} N_{dt}$$

em que  $\tau_{odt}$  o custo de transporte entre as regiões  $o$  e  $d$  no ano  $t$  e  $N_{dt}$  a população da região  $d$  no ano  $t$ .  $\theta$  é um parâmetro que controla como o custo de transporte afeta o acesso a mercado. Esse parâmetro é conhecido como elasticidade de troca (*trade elasticity*), quanto menor esse parâmetro maior são os ganhos de troca em uma economia.

Para incluirmos o mercado internacional na nossa medida de acesso a mercado, substituímos a variável  $\tau_{odt}$  por uma medida de custo de transporte até o porto mais próximo e a variável de população  $N_{dt}$  por uma população equivalente que represente o peso dos mercados internacionais.

A proposta dessa medida de acesso a mercado é que cada região exerce sobre as demais regiões uma força econômica, capturada pelo tamanho da população. No entanto, essa força econômica é diminuída conforme aumenta o custo de transporte entre as regiões. Essa medida é comumente utilizada em estudos de comércio internacional e ficou conhecida como um modelo de gravidade. Em analogia à física, cada corpo exerce uma força gravitacional determinada pela sua massa e pela distância entre diferentes corpos.

Com essa medida de acesso a mercado, a construção ou a melhoria de infraestrutura de transporte afeta a economia via alterações em  $\tau_{odt}$ . Diferentes malhas de transporte implicam em diferentes  $\tau_{odt}$  para toda economia.

Para conectar emprego com infraestrutura de transporte, conectamos infraestrutura de transporte com acesso a mercado e posteriormente conectamos indicadores econômicos com acesso a mercado utilizando o seguinte modelo:

$$\log y_{ot} = \alpha + \beta \log MA_{o,t-\tau} + \epsilon_{ot}$$

em que  $y_{ot}$  é emprego em cada município e  $\epsilon_{ot}$  é um termo de erro idiossincrático. O acesso a mercado é incluído com uma defasagem de  $\tau$  anos com o objetivo de excluir eventuais efeitos transitórios de melhorias de infraestrutura (empregos diretos e indiretos gerados por obras) e permitir que os indicadores econômicos do município se ajustem às melhorias de infraestrutura. Nossa especificação principal utiliza  $\tau = 5$  o que implica que investigamos a elasticidade entre o acesso a mercado no período com indicadores econômicos observados cinco anos depois.

A estimação da equação (2) por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) recupera a elasticidade entre emprego e acesso a mercado sob a hipótese que  $E[\log MA_{o,t-\tau} \epsilon_{ot}] = 0$ . Sob essa hipótese, é possível computar os efeitos de investimentos em infraestrutura de transporte sobre o emprego em cada município em três etapas<sup>3</sup>:

1. Computa como o investimento influencia os custos de transporte bilaterais entre os municípios ( $\tau_{od}$ );
2. Computa como a mudança de custos de transporte bilaterais entre os municípios ( $\tau_{od}$ ) influencia o acesso a mercado de cada município  $o$ ;
3. Utiliza a elasticidade entre emprego e acesso a mercado ( $\beta$ ) para recuperar o efeito de equilíbrio geral do investimento em infraestrutura sobre o emprego de cada município  $o$ .

Existem dois motivos pelos quais a hipótese de identificação  $E[\log MA_{o,t-\tau} \epsilon_{ot}] = 0$  pode ser violada na prática. A primeira é a presença de causalidade reversa. É provável que o crescimento do emprego estimule investimentos em infraestrutura de transporte. A segunda complicação é viés de variável omitida. É possível que o dinamismo econômico local influencie tanto o crescimento do emprego quanto os investimentos em infraestrutura de transportes.

Nós utilizamos diferentes estratégias para mitigar os problemas de causalidade reversa e viés de variável omitida. Nós começamos excluindo o município  $o$  do cálculo do seu próprio acesso a mercado. Isso mitiga os problemas de causalidade reversa e viés de variável omitida porque elimina mecanicamente qualquer correlação entre choques que ocorrem no município com o seu próprio acesso a mercado. Em seguida, nós incluímos efeitos fixos de município e de estado  $x$  ano na estimação. Isso elimina qualquer correlação entre acesso a mercado e o termo de erro derivada de características dos municípios que são invariantes no tempo e de choques comuns aos estados. Depois, nós incluímos controles pré-determinados (interagidos com *dummies* de

<sup>3</sup> Essa sequência supõe que os investimentos sendo analisados não são grandes o suficiente para modificar o nível de utilidade médio dos trabalhadores dessa economia. Donaldson & Hornbeck (2016) discutem em detalhe como é possível recuperar os efeitos agregados de investimentos em infraestrutura quando os investimentos são grandes o suficiente para mudar esse nível de utilidade.

ano) na estimação de forma a permitir que municípios tenham dinâmicas econômicas distintas de acordo com características como posição geográfica e aptidão agrícola.

O modelo empírico utilizado depois dessas modificações é:

$$\log y_{ot} = \alpha_o + \alpha_{st} + \beta \log MA_{ot-\tau} + \mathbf{X}'_o \theta_t + \epsilon_{ot}$$

$$\text{em que, } MA_{ot} = \sum_{d \neq o} \tau^{-\theta} N_{dt}$$

$\alpha_o$  é um efeito fixo de município,  $\alpha_{st}$  é um efeito fixo de estado x ano e  $\mathbf{X}_o$  é um vetor de controles pré-determinado.

A equação (3) é o principal modelo empírico utilizado no estudo. Note que a estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) dessa equação recupera a elasticidade entre emprego e acesso a mercado utilizando somente mudanças ao longo do tempo de emprego e acesso a mercado de municípios localizados no mesmo estado como características geográficas parecidas.

Entretanto, ainda assim é possível que existam choques não observados no município correlacionados com a dinâmica dos investimentos em infraestrutura e do emprego nesse município. Por ex., a abertura de uma fábrica ou a introdução de uma tecnologia agrícola inovadora no município podem elevar o emprego e atrair investimentos em infraestrutura para o município e seu entorno.

Para lidar com esse problema, nós também estimamos a equação (3) utilizando como instrumento do acesso a mercado o acesso a mercado desse município calculado excluindo todos os municípios dentro de um *buffer B* em torno desse município. A exclusão dos municípios dentro desse *buffer* expurga qualquer correlação entre a infraestrutura dos municípios dentro do *buffer* e choques não observáveis no município *o*. Formalmente, o instrumento é dado por:

$$MA^I_{ot} = \sum_d 1[d \notin B] \times \tau^{-\theta} N_{dt}$$

em que  $1[d \notin B]$  é uma função indicadora que é 0 quando *d* pertence ao *buffer B* e 1 quando *d* não pertence ao *buffer B*. Nós utilizamos três diferentes tamanhos de *buffer* - 100km, 200km e 400km.

A estimação com  $MA^I_{ot}$  como instrumento é feita utilizando Mínimos Quadrados de Dois Estágios (MQ2E). A hipótese de identificação desse modelo é que  $E[\log MA_{o,t-\tau} \epsilon_{ot}] = 0$ . Essa hipótese será satisfeita se choques no município *o* não afetarem a infraestrutura ou a distribuição da população em distâncias maiores que o raio do *buffer* utilizado.

## DADOS

### ACESSO A MERCADO

Para construir nossa medida de acesso a mercado precisamos de dados de população, custos de transporte e da elasticidade de troca ( $\theta$ ). Os dados de população são do Censo Demográfico do IBGE para os anos de 1991, 2000, 2010. Como os municípios brasileiros se alteram com o tempo - com a criação de novos municípios, por exemplo - para podermos compatibilizar e comparar regiões ao longo dos anos, usaremos como definição de região a AMC (Área Mínima Comparável) como em Ehrl (2017). Uma AMC define um grupo de municípios cuja área pode ser comparada ao longo das décadas.

A elasticidade de troca ( $\theta$ ) é calibrada com base em valores encontrados na literatura. Para esse estudo usamos  $\theta = 8$ ,<sup>4</sup> como em Donaldson & Hornbeck (2016).

Para construir os dados de custo de transporte combinamos dados georreferenciados de estradas, ferrovias, hidrovias, estações ferroviárias, portos e custos de fretes para diferentes produtos. A ideia é construir uma aplicação que nos permita calcular o custo de transporte entre duas regiões quaisquer do Brasil, para uma dada infraestrutura de transporte.

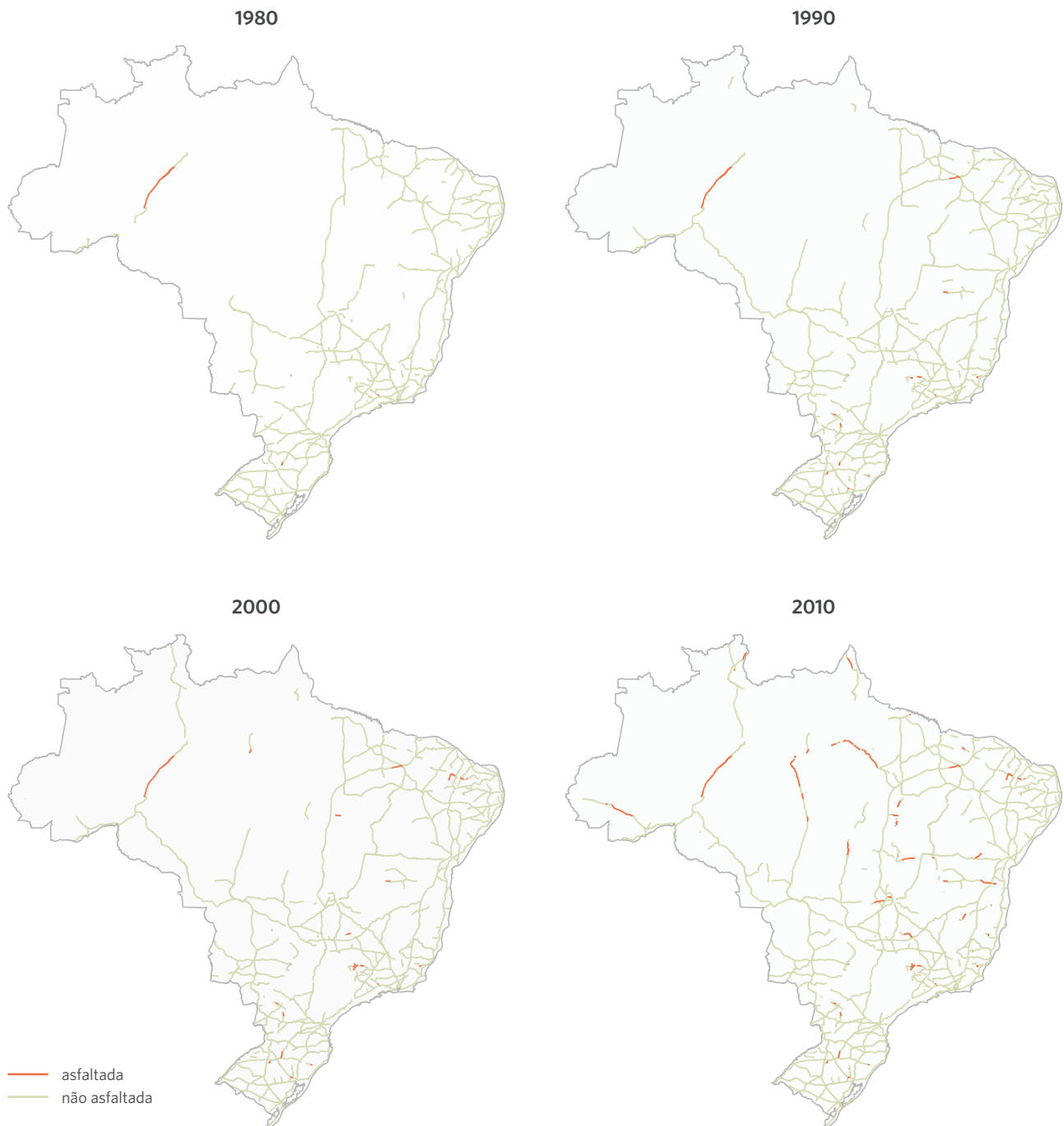
Para construir um painel das principais estradas trafegáveis, coletamos dados de estradas federais no Brasil do Ministério dos Transportes. Os dados consistem em estradas federais mapeadas para os anos de 1980, 1990, 2000 e 2010.<sup>5</sup> Cada estrada é classificada como pavimentada ou não pavimentada. A Figura 1 mostra a evolução das estradas ao longo das décadas. A região amazônica passou por uma intensa transformação por meio da construção e melhoria de estradas após a década de 1980. Observe que, embora a maioria das estradas sejam pavimentadas para o Brasil, para a região amazônica uma proporção significativa de estradas não é.

---

4 Como um exercício de robustez, experimentamos o modelo com outras elasticidades de troca ( $\theta = 4$  e  $\theta = 12$ ). Com uma elasticidade de troca diferente a elasticidade estimada do modelo se altera. No entanto, isso acontece devido ao fato de que a elasticidade de troca muda a magnitude da medida de acesso a mercado. Quando calculados os contrafactuais, valores diferentes de  $\theta$  não apresentam resultados muito diferentes, embora exista uma relação inversa entre os ganhos econômicos estimados e  $\theta$ , dado que para um  $\theta$  maior, menores são os ganhos de troca na economia.

5 É importante destacar que não utilizamos dados de estradas estaduais. Diferentemente das estradas federais para o qual temos um painel de dados, informações da localização de estradas estaduais estão disponíveis apenas para um ano. Na medida em que as estradas federais representam grandes corredores de transporte que induzem o surgimento de outras estradas - estaduais, municipais e até ilegais - a mensuração do acesso a mercado restrito a estradas federais deve ser fortemente correlacionada com uma mensuração de acesso a mercado com outros tipos de estradas.

**Figura 1.** Evolução das Estradas no Brasil

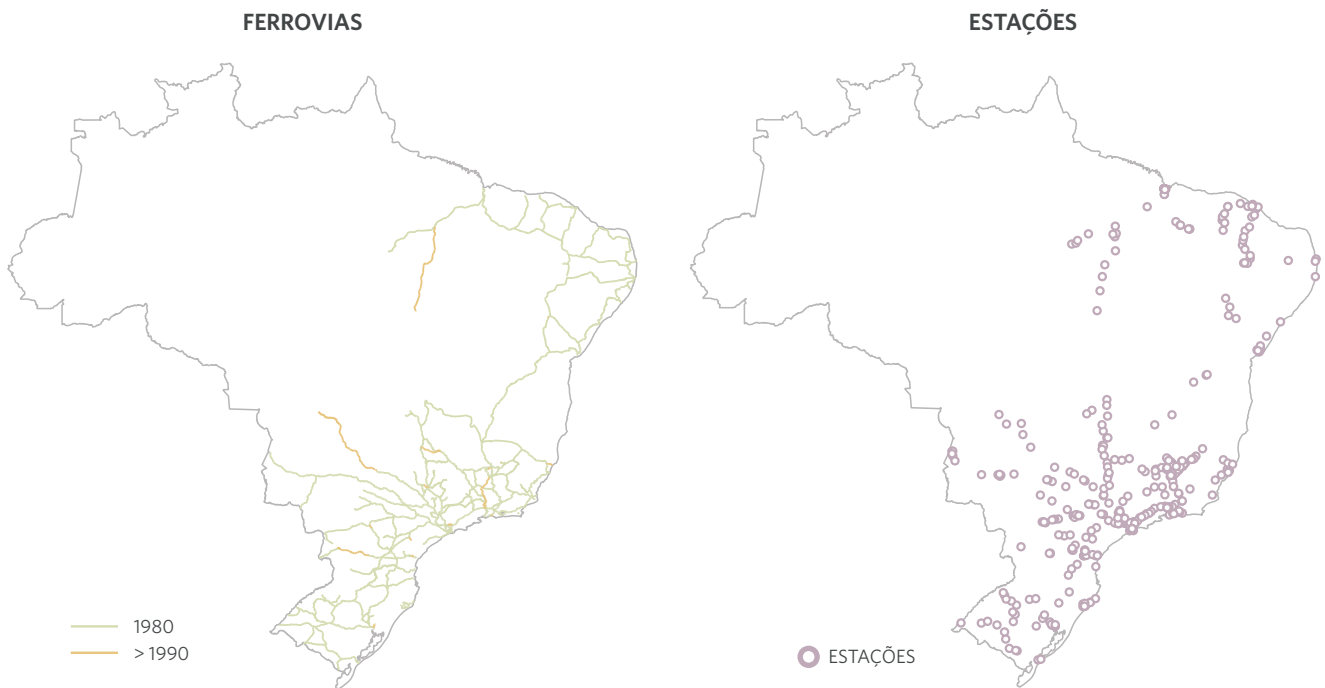


**Fonte:** CPI/PUC-Rio com dados do Ministério dos Transportes, 2021



Mapas de ferrovias estão disponíveis para os anos de 1980, 1990, 2000 e 2010 no Ministério dos Transportes. No entanto, a construção de novas ferrovias após a década de 1980 foi muito limitada, conforme ilustrado na Figura 2. As estações ferroviárias mapeadas estão disponíveis apenas para o ano 2017 na Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Mantemos então, para cada ano, apenas as estações que se sobrepõem às ferrovias existentes presentes naquele ano.

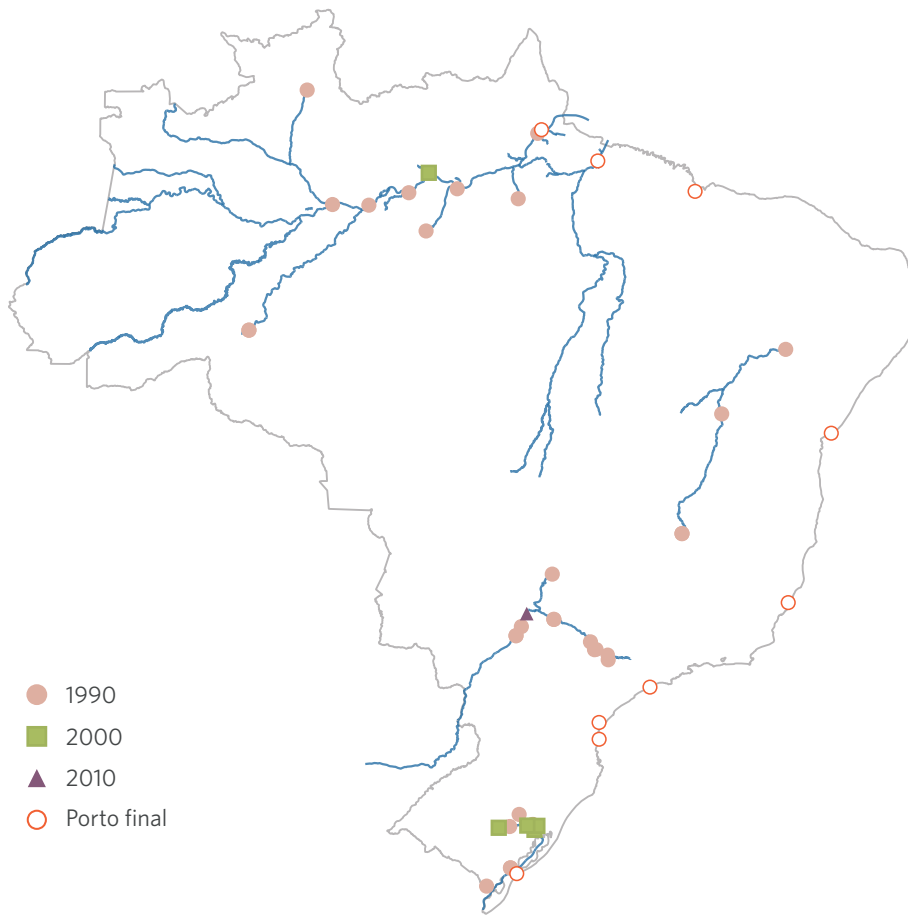
**Figura 2.** Ferrovias e Estações Ferroviárias



**Fonte:** CPI/PUC-Rio com dados do Ministério dos Transportes, 2021

Mapa de hidrovias e portos também estão disponíveis no Ministério dos Transportes, Figura 3. O dado de hidrovias não possui variação ao longo do tempo, no entanto, observamos variação ao longo do tempo da construção de novos portos. Classificamos os portos em duas categorias: portos finais e portos intermediários. Os portos finais têm acesso direto aos mercados internacionais. Esses portos têm infraestrutura suficiente para navios marítimos. Portos intermediários são aqueles que são utilizados como meio de acesso à hidrovia, para então acessar um porto definitivo ou para trocar de meio de transporte para rodovias ou ferrovias.

**Figura 3.** Hidrovias e Portos



**Fonte:** CPI/PUC-Rio com dados do Ministério dos Transportes, 2021

Uma vez coletados os mapas de diferentes estruturas de transportes, juntamos essas informações para cada ano em um grafo. Um grafo define vértices (*nodes*) e arestas (*edges*) em que um vértice representa uma localização e uma aresta conectando dois vértices representa a possibilidade de transporte entre os vértices. Na nossa aplicação um vértice representa um pixel de 1 km de resolução sobre o mapa do Brasil. Um pixel é conectado aos seus pixels vizinhos, por onde um agente pode se mover por terra, terra dentro de áreas protegidas, estradas pavimentadas ou não pavimentadas. Um pixel que possui uma ferrovia só pode se conectar com um pixel vizinho que possui ferrovia ou uma estação ferroviária. Assim como um pixel que possui uma hidrovia só pode se conectar com um pixel vizinho que possui hidrovia ou um porto. Dessa forma, agentes precisam necessariamente utilizar estações e portos para acessar ferrovias e hidrovias. Assim, conseguimos incluir custos de transbordo na mudança de modos de transporte que capturam importantes não-linearidades. Com essa estrutura de grafos, podemos utilizar um *shortest-path algorithm* que encontra, dado uma origem e um destino, o caminho mais eficiente – com menor custo – entre eles.

Um aspecto importante do grafo é que as arestas representam não apenas a possibilidade de transporte entre pixels, mas também o custo de transporte entre eles. Um passo importante é determinar o custo de transporte entre diferentes tipos de pixels.

Para determinar esses valores, coletamos dados de custo de transporte do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agrícola da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-LOG) de 2008 a 2013. Este conjunto de dados fornece estimativas de custo transporte por estradas para diferentes produtos entre múltiplos municípios. No modelo, a variável  $\tau_{od}$  mede o custo de transporte *iceberg* entre as regiões *o* e *d*. O custo de transporte *iceberg* nos dá um custo definido como uma proporção do total transportado e é comumente utilizado em modelos de comércio. Transformamos o custo de transporte em *iceberg* dividindo o custo estimado por uma média de preços de produtos, coletados da ESALQ-CEPEA.

Com esses dados, podemos escolher o custo de transporte entre diferentes tipos de pixel que possuem terra, terra dentro de áreas de proteção, estradas pavimentadas ou não pavimentadas. Estabelecemos um *grid* de possíveis valores e escolhemos aqueles que para os mesmos pares de município de origem e município de destino dos dados, entregam um custo de transporte próximo ao observado. Mais especificamente, estimamos uma regressão não linear (*non-linear least squares*) entre os possíveis valores de pixels e o custo de transporte observado nos dados. Na melhor especificação o custo de se mover entre pixels de estradas pavimentadas é 10, não pavimentadas é 20, por terra 50 e por terra dentro de áreas de proteção é 100. Note que esse modelo é identificado a menos de uma constante, i.e., ele recupera os custos relativos dos diferentes modais e não seu nível absoluto. A magnitude proporcional (*iceberg cost*) é recuperada posteriormente utilizando a regressão resultante do *non-linear least squares*.

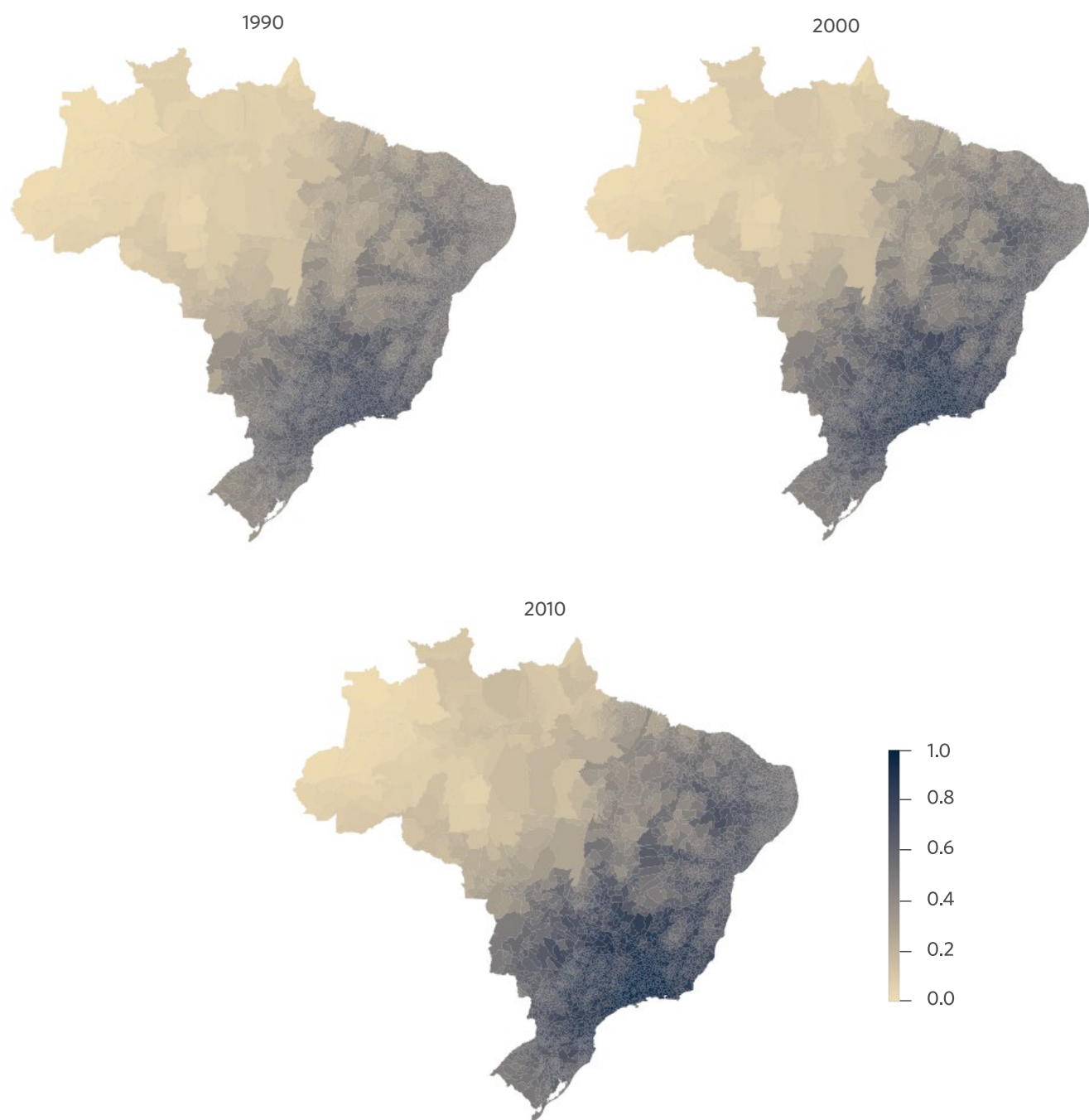
Uma primeira limitação desses dados é que a imensa maioria dos fretes ali disponíveis são para trechos entre cidades localizadas fora da Amazônia. Isso significa que os fretes estimados não consideram as condições específicas de tráfego na região. Nós calibramos esses custos como sendo 50% maiores que no restante do país seguindo a especificação de Souza-Rodrigues (2018).

Uma segunda limitação dos dados da ESALQ-LOG é que eles não incluem de custos de transporte em outros modais como hidrovias e ferrovias. Esses custos são calibrados utilizando dados das médias de valores máximos que podem ser cobrados pela operadora de uma ferrovia – conforme descritos nos mais recentes contratos de concessão disponíveis no site da ANTT – comparados com o custo médio de transporte rodoviário de mercadorias conforme a ESALQ-LOG. Com isso, calibramos o custo de um pixel com ferrovia para 9 e o custo de transbordo para ferrovias e hidrovias para 800. Finalmente, calibramos o custo de hidrovia como sendo metade do custo de rodovia pavimentada, ou seja, calibramos esse valor para 5.

Com o grafo completamente especificado, computamos, para cada década, o custo de transporte entre todas as AMCs do Brasil e entre cada AMC e um porto final. Dessa forma, para cada década temos uma matriz com milhões de observações, em que cada linha-coluna nos dá o custo de transporte entre a AMC na linha para a AMC na coluna. Para recuperarmos a magnitude monetária desse custo de transporte, plugamos esse custo estimado na regressão de custo de transporte.

Para visualizar a dimensão espacial dos dados, a Figura 4 mostra mapas com o acesso a mercado para o Brasil.

**Figura 4.** Acesso a Mercado



**Fonte:** CPI/PUC-Rio com dados do Ministério dos Transportes e IBGE, 2021

## EMPREGO E NÚMERO DE FIRMAS

Dados de salário e emprego são da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Nessa base de dados temos informações ao longo dos anos de trabalho formal ao nível do município para diferentes setores da economia. Investigamos o efeito de acesso a mercado em emprego total – como medido pelo número de vínculos empregatícios – e no número de firmas.

Como os dados da RAIS são anuais e o painel de acesso a mercado é decenal, utilizamos os dados para os anos de 1995, 2005 e 2015. Dessa forma, possibilitamos um atraso de até 5 anos entre a mensuração do acesso a mercado e o efeito em emprego e salário. Os resultados são robustos para outras *lags*.

## RESULTADOS

### RESULTADOS PRINCIPAIS

Nessa seção mostramos a estimação do modelo empírico sobre a relação entre emprego e acesso a mercado, descrito pela equação (3). A Tabela 1 apresenta as estimativas da elasticidade entre emprego e acesso a mercado e emprego e número de firmas. O painel A apresenta os resultados obtidos utilizando o emprego como variável dependente, o painel B os resultados obtidos utilizando o número de firmas como variável dependente. As colunas 1-3 apresentam os resultados da estimação do modelo utilizando Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e a coluna 4 os resultados obtidos utilizando Mínimos Quadrados de Dois Estágios (MQ2E).

**Tabela 1.** Acesso a Mercado em Empregos e Número de Firmas

Modelo (log-log)	Vínculos (painel A)			
Variáveis				
Acesso a Mercado	0,8020***	0,8445***	0,7191***	0,4767*
	(0,3069)	(0,3054)	(0,2494)	(0,2445)
	Número de estabelecimentos (painel B)			
	0,9927***	1,010***	0,9839***	0,7671***
	(0,1694)	(0,1672)	(0,1579)	(0,1582)
Geografia	Sim	Sim	Sim	Sim
Produtividade	Não	Sim	Sim	Sim
Valor inicial vínculos	Não	Não	Sim	Sim
Instrumento	-	-	-	200km
Efeitos fixos	-	-	-	-
Município	Sim	Sim	Sim	Sim
Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Ano-Região	Sim	Sim	Sim	Sim

**Nota:** Erros clusterizados ao nível de município entre parênteses. Níveis de significância: \*\*\*:0,01, \*\*:0,05, \*:0,1

A Tabela 1, painel A mostra que o acesso a mercado impacta positivamente o emprego. A elasticidade entre emprego e acesso a mercado estimada obtida utilizando MQO é de cerca de 0,7-0,8 enquanto a elasticidade obtida utilizando MQ2E cai para cerca de 0,5. A redução da elasticidade estimada com MQ2E em relação a elasticidade estimada com MQO sugere que o dinamismo local está positivamente correlacionado com a população e os investimentos em infraestrutura observados no entorno. Quantitativamente, os coeficientes obtidos indicam que um aumento de 10% no acesso a mercado gera um aumento de 5-8% no emprego local.

O emprego medido na RAIS é uma medida imperfeita do emprego total devido à presença de trabalhadores informais. Por esse motivo, nós utilizamos informações de número de firmas na RAIS para entender a robustez dos nossos resultados à presença de trabalhadores informais. Na medida que existem empresas formais que contratam trabalhadores formais e informais, o número de firmas é potencialmente um indicador de demanda por trabalho ainda melhor que o emprego medido na RAIS.

A Tabela 1, painel B mostra que o acesso a mercado impacta positivamente o número de firmas. As elasticidades obtidas são um pouco maiores que as obtidas utilizando emprego como variável dependente. A elasticidade entre número de firmas e acesso a mercado estimada obtida utilizando MQO é de cerca de 1 enquanto a elasticidade obtida utilizando MQ2E cai para cerca de 0,8. Quantitativamente, os coeficientes sugerem que um aumento de 10% no acesso a mercado gera um aumento de 8-10% no número de firmas no município.

Como essas elasticidades se comparam com elasticidades estimadas em outros contextos? Os efeitos de acesso a mercado sobre emprego que encontramos para o Brasil são três a seis vezes maiores que a elasticidade de 0,15 estimada por Jedwab & Storeygard (2020) para cidades africanas no período 1960-2010, mas três a seis vezes menores que a elasticidade de 2,5 estimada por Bartelme (2018) para cidades norte-americanas. Curiosamente os resultados encontrados são próximos da elasticidade entre acesso a mercado e emprego calibradas por Bartelme (2018) utilizando o modelo de Eaton & Kortum (2002) (0,75) e o modelo de competição monopolística de Helpman (1998) (1,11).

## COMPOSIÇÃO DE EMPREGO

A Tabela 2 examina se melhorias de acessibilidade mudam a composição setorial do emprego. Os resultados indicam que os ganhos de emprego decorrem sobretudo de crescimento dos setores *tradables* (agricultura e indústria). Um crescimento de 10% no acesso a mercado aumenta a participação dos setores *tradables* em 1,85 pontos percentuais. Dada a fração do emprego nesses setores (~ 0,25) e a elasticidade entre acesso a mercado e emprego (~ 0,5), isso significa que cerca de 40% dos empregos criados em decorrência de melhorias de acessibilidade ocorrem no setor de *tradables*.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Seja E o emprego total e T o emprego total no setor de bens comercializáveis. Defina  $t = T/E$  como a razão entre essas variáveis. O efeito de um aumento unitário no acesso a mercado sobre essas variáveis é:

$$\Delta E = E_1 - E_0 = (\beta^E + 1) E_0 - E_0 = \beta^E \times E_0$$

$$\Delta T = T_1 - T_0 = t_1 E_1 - t_0 E_0 = (\beta^E + 1)(\beta^T + 1) t_0 E_0 - t_0 E_0 = [(\beta^E + 1)(\beta^T + 1) - 1] t_0 E_0$$

em que  $\beta^E$  é a elasticidade do emprego total com respeito ao acesso a mercado e  $\beta^T$  é a semi-elasticidade da fração do emprego no setor de bens comercializáveis com respeito ao acesso a mercado.

Utilizando  $\beta^E \approx 0,5$ ,  $\beta^T \approx 0,2$  e  $t_0 = 0,25$ , obtemos:

$$\Delta E = 0,5E_0, \Delta T = 0,2E_0$$

Portanto, a proporção dos empregos gerados que é no setor de bens comercializáveis é:

$$\Delta T / \Delta E = 0,4$$

**Tabela 2:** Acesso a Mercado em Composição Setorial

Modelo (%-log)	% Tradables	% Não Tradables
<b>Variáveis</b>	-	-
<b>Acesso</b>	0,1854** (0,0829)	-0,1854** (0,083)
<b>Geografia</b>	Sim	Sim
<b>Produtividade</b>	Sim	Sim
<b>Instrumento</b>	200km	200km

**Nota:** Erros clusterizados ao nível de município entre parênteses. Níveis de significância: \*\*\*:0;01, \*\*:0,05, \*:0,1

A Tabela 3 examina se melhorias de acessibilidade mudam a composição educacional do emprego. Não encontramos evidência que a elasticidade entre acesso a mercado e emprego é distinta entre diferentes grupos educacionais.

**Tabela 3:** Acesso a Mercado em Composição Educacional da Força de Trabalho

Modelo (%-log)	% Sem EM completo	% EM completo	% Superior completo
<b>Variáveis</b>	-	-	-
<b>Acesso</b>	0,027 (0,0451)	-0,0037 (0,0513)	-0,0233 (0,0299)
<b>Geografia</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Produtividade</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Instrumento</b>	200km	200km	200km

**Notas:** Erros clusterizados ao nível de município entre parênteses. Níveis de significância: \*\*\*:0;01, \*\*:0,05, \*:0,1

## HETEROGENEIDADE

A Tabela 4 examina se os efeitos de melhorias de acesso a mercado são heterogêneos dependendo de características dos municípios. O painel A utiliza emprego como variável dependente e o painel B o número de firmas.

**Tabela 4.** Heterogeneidade de Acesso a Mercado em Emprego e Número de Firmas por Tamanho e Renda Inicial do Município

Modelo (log-log)	Vínculos (painel A)		Nº estabelecimentos (painel B)	
<b>Variáveis</b>	-	-	-	-
<b>Acesso</b>	-	-	-	-
<b>Mediana</b>	Tamanho	Renda	Tamanho	Renda
<b>Abaixo da mediana</b>	0,8739*** (0,3051)	0,4762 (-0,3471)	1,062*** (0,2033)	1,116*** (0,2816)
<b>Acima da mediana</b>	-0,2131 (0,2846)	0,2302 (0,2676)	0,2776* (0,156)	0,5744*** (0,1766)
<b>Baseline vínculos</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Geografia</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Produtividade</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Heterogeneidade - ano</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Instrumento</b>	200 km	200 km	200 km	200 km

**Notas:** Erros clusterizados ao nível de município entre parênteses. Níveis de significância: \*\*\*:0,01, \*\*:0,05, \*:0,1

A colunas 1 e 2 examina a heterogeneidade dos efeitos em relação ao tamanho e ao nível de renda dos municípios. Os resultados indicam que os efeitos em municípios pequenos e mais pobres são muito mais fortes que em municípios maiores e mais ricos (apesar das elasticidades serem não negativas nos dois grupos).

A heterogeneidade dos efeitos sugere que melhorias de infraestrutura de transportes tem potencial para reduzir a desigualdade regional através de dois mecanismos. Primeiro, melhorias de infraestrutura de transportes beneficiam mais municípios menores, pobres e isolados. Segundo, melhorias de infraestrutura de transportes podem diminuir as desigualdades regionais de acesso a mercado mostradas na Figura 4.



## CONCLUSÃO

Melhorar a infraestrutura de transporte e aumentar a conectividade das regiões brasileiras é crucial para o desenvolvimento econômico. No entanto, mensurar esses efeitos econômicos apresenta uma série de dificuldades empíricas. Em particular, grandes projetos de infraestrutura provavelmente impactam várias regiões, mesmo regiões que não estão sendo diretamente afetadas pelo projeto. Dessa forma, é necessário a utilização de um modelo de equilíbrio geral, que capture os efeitos diretos e indiretos de melhorias em infraestrutura de transporte.

Nesse estudo, a metodologia de acesso a mercado é utilizada para investigar o efeito da melhoria de infraestrutura de transporte em emprego. Encontramos que infraestrutura afeta positivamente o emprego, principalmente em regiões mais pobres e isoladas. Assim, melhorias em infraestrutura possuem o potencial de elevar o nível de atividade econômica, mas também de diminuir desigualdades regionais. Também encontramos que o setor de *tradables* é o setor mais beneficiado com melhorias em infraestrutura de transportes, destacando a importância de custos de transporte na composição setorial da economia.

Todo estudo possui limitações, a utilização da RAIS como base de dados para emprego restringe nossos efeitos a uma porção particular do mercado de trabalho onde os trabalhadores são formais ou onde firmas formais contratam trabalhadores formais e informais. A extensão dessa análise para dados de emprego formal e informal pode melhor informar como infraestrutura afeta a composição do mercado trabalho.

## CONSIDERAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO

O Departamento de Efetividade e Pesquisa Econômica é a unidade organizacional gestora do Macroprocesso de Monitoramento e Avaliação de Efetividade do BNDES. Vinculado à Área de Planejamento Estratégico, o departamento é responsável pela execução das avaliações de efetividade. A Área de Saneamento, Transporte e Logística (AST) é a unidade organizacional responsável por operacionalizar os financiamentos da modalidade direta para os setores de saneamento, transporte e logística.

## COMENTÁRIOS DO DEPARTAMENTO DE EFETIVIDADE E PESQUISA ECONÔMICA

O BNDES e a PUC-Rio/CPI celebraram o primeiro acordo de cooperação técnica em 2014. Desse primeiro acordo, foi realizada avaliação de impacto de efeitos locais de usinas hidrelétricas.<sup>7</sup>

A colaboração que resultou neste relatório de avaliação de impacto teve início em 2019, com a Análise Econômica do Departamento de Efetividade e Pesquisa Econômica (DEPEC) n. 64. Nessa nota técnica, o objetivo era, com base na mesma metodologia apresentada neste relatório, apresentar estimativa dos efeitos de investimentos em logística sobre desmatamento na Amazônia Legal.

Este relatório, embora não traga avaliação estrita de operações levadas a cabo pelo BNDES, cumpre papel importante ao estimar efeitos de infraestrutura logística, tendo em vista que projetos dessa carteira são importantes para o BNDES. Desse modo, este relatório lança luz sobre potenciais efeitos de projetos de logística, área em que o BNDES tem papel fundamental na provisão de financiamento de longo prazo.

Desse modo, a avaliação em tela complementa os esforços do DEPEC para gerar conhecimento acerca da efetividade de projetos de infraestrutura (já foram produzidas avaliações sobre usinas eólicas, hidrelétricas, água e esgoto, além de outras na carteira futura de avaliações).

Os resultados neste relatório permitem duas conclusões importantes. Em primeiro lugar, investimentos em logística estão relacionados a um aumento no nível de emprego formal. Em outras palavras, mais acesso a mercado está associado a mais emprego local. Pode-se dizer que se trata de confirmação empírica para o Brasil do conhecimento econômico existente desde Adam Smith: a extensão do mercado determina a divisão do trabalho. Em suma, ao ampliar o mercado relevante para seus produtos, os municípios observam um aumento no número de firmas e de empregos, de acordo com os resultados aqui encontrados.

Em seguida, o trabalho avalia a heterogeneidade dos resultados encontrados em relação a: (i) acesso a mercado inicial, (ii) tamanho e (iii) nível de renda dos municípios. Os resultados apontam que municípios mais pobres, menores e com menos acesso inicial a mercados se beneficiam mais da abertura de infraestrutura logística que lhes conceda acesso a mercado. Esses resultados trazem luz sobre a discussão de desenvolvimento regional e permitem ao BNDES reflexões em um tema historicamente caro à instituição.

<sup>7</sup> <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/hidreletricas-desmatamento>

A partir dos resultados deste relatório e do Relatório de Avaliação de Efetividade v.2 n.4,<sup>8</sup> que analisa os efeitos locais de grandes plantas industriais, é possível vislumbrar uma interessante avenida de pesquisa. Os resultados daquele relatório apontam que a implantação de grandes plantas industriais tem um efeito dinamizador na economia local. A compreensão de uma possível intersecção entre ampliação da infraestrutura logística e seu respectivo aumento de acesso a mercados e a instalação de novas plantas industriais pode representar um caminho importante a ser explorado por um banco de desenvolvimento como o BNDES.

Por fim, cabem ainda dois comentários acerca do aprendizado relativo a este relatório para a atuação do BNDES. Em primeiro lugar, trata-se de uma excelente ferramenta para análise *ex-ante* de efeitos de projetos de logística que não fica restrita apenas aos seus impactos locais. Prever com antecedência os efeitos econômicos e sobre emprego e uso da terra em todos os municípios do país de uma obra de infraestrutura logística pode auxiliar na construção de uma boa análise custo-efetividade.

Além disso, o método utilizado permite simulações com preços de frete e abre espaço para discussão acerca da organização industrial do setor. Por exemplo, uma pergunta interessante diz respeito ao que ocorre com acesso a mercado (e como as distintas regiões são afetadas) com um choque de preço de óleo diesel. Em um cenário desses, qual seria a reação das empresas de ferrovias? Roubariam mercado mantendo preços mais baixos ou tentariam extrair mais renda acompanhando a variação no custo do frete rodoviário? Todas essas perguntas são importantes para o desenho de políticas públicas mais eficientes para o setor, bem como para o potencial de pagamento de financiamentos de longo prazo. Em ambos os casos, são assuntos cruciais para o BNDES.

O segundo comentário diz respeito ao papel do BNDES e do mercado de capitais em uma perspectiva de desenvolvimento regional. Entre 2014 e 2021, foram contratados junto ao BNDES cerca de R\$ 48 bilhões em investimentos em logística (foram excluídos os investimentos em mobilidade urbana, na construção de embarcações e em silos agrícolas), em diversos estados do país. O prazo médio dessas operações, considerando carência mais amortizações é de 12,6 anos.

As cinco maiores contratações pelo BNDES respondem por 36% do valor total e se divide em investimentos mais dispersos geograficamente, tais como construção de porto no interior do Rio de Janeiro, construção de ramal ferroviário no sudeste do Pará, rodovias em São Paulo e no Mato Grosso do Sul.

No mesmo período, foram realizadas 44 emissões de emitidos em debêntures incentivadas, que totalizaram R\$ 23 bilhões de acordo com dados da ANBIMA. O prazo médio dessas emissões é de 9,8 anos, tendo sido emitidas com remuneração baseada em IPCA mais um spread médio de 5,8%. A maior parte dos recursos captados foi concentrada para rodovias já concedidas ou grandes empresas ferroviárias. De fato, as cinco maiores emissões dizem respeito a empresas ferroviárias e concessões rodoviárias em São Paulo que respondem por 43% do valor total emitido em debêntures incentivadas sob a Lei 12.431/2011.

8 Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/19983>

Apesar de investimentos em transportes e logística serem naturalmente de alto montante, uma análise que coteje financiamentos por debêntures subsidiadas vis-à-vis a atuação do BNDES sinaliza que o Banco tende a ter investimentos menos concentrados em valor, com maior dispersão geográfica e maior prazo. Portanto, com base nos resultados deste relatório, uma hipótese a ser investigada reside na diferença potencial em efeitos sobre desenvolvimento regional e acesso a mercado a partir de financiamentos via BNDES ou utilização de subsídios via mercado de capitais.

## CONSIDERAÇÕES DA ÁREA DE SANEAMENTO, TRANSPORTE E LOGÍSTICA

O trabalho destaca o papel do investimento na infraestrutura logística e o desenvolvimento econômico manifesto através da redução de custos de transporte e seu consequente ganho de bem-estar social que se revela através da redução de preços, maior mobilidade da população atendida e ganho de competitividade das firmas. Procura particularmente medir os efeitos do investimento na infraestrutura de transportes e os ganhos na geração de empregos.

Os resultados mostram uma relação causal positiva da conectividade sobre o emprego e que quanto menor a densidade e conectividade da infraestrutura de transporte nos municípios, maior é o potencial de geração de empregos através dos investimentos neste setor da economia. Naturalmente, infere-se que aqueles municípios mais pobres que carecerem de investimentos na infraestrutura de transportes e encontram-se mais isolados dos demais, apresentam maior potencial de geração de emprego e renda, contribuindo para a diminuição de desigualdades regionais, algo almejado pelos bancos de desenvolvimento.

O Brasil investe entre 0,6% e 0,7% do PIB no setor de transportes anualmente. A fim de reequipar e modernizar todo o sistema seriam necessários inversões da ordem de 2,5% do PIB mantidos ao longo de duas décadas (Inter.B, 2020). Para o período de 2001 a 2016 o investimento rodoviário médio foi de 0,39% do PIB, enquanto para ferrovias foi de 0,11%, para portos 0,08% e para hidrovias 0,01% (Inter.B, 2019). Passamos a caracterizar brevemente os setores de interesse desse trabalho e seus principais desafios.

O setor ferroviário brasileiro tem passado por substantivas transformações a partir de 1996, com o início da desestatização da rede federal, então operada pela RFFSA. Pode-se afirmar que o modelo foi exitoso, tendo em vista o montante dos investimentos realizados a partir de 1997 pelas concessionárias (R\$ 113 bilhões atualizados pelo IPCA<sup>9</sup>), o crescimento da produção ferroviária no período (aumento do TKU em 166%<sup>10</sup> contra 55% de avanço do PIB<sup>11</sup>), bem como a substantiva redução do número relativo de acidentes na malha (queda de 86%<sup>12</sup>).

Atualmente o sistema ferroviário brasileiro dispõe de uma rede de cerca de 30 mil Km operado por 14 concessionárias. A malha ferroviária estrutura-se no formato de corredores de exportação, havendo pouca capilarização, especialmente nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte do país, com pequena interconexão entre as concessões.

9 ANTF, 2021.

10 ANTT, 2021.

11 The World Bank, 2021.

12 Todo os dados citados neste texto referem-se ao ano de 2020.

A velocidade média operacional é baixa (13,1 Km/h) e a infraestrutura não é utilizada de maneira uniforme, estando apenas 1/3 da extensão em operação plena. A ociosidade média do sistema é alta (61%). Entretanto, os principais corredores de exportação de granéis minerais e agrícolas têm baixa capacidade ociosa e necessitam de expansão conforme o aumento da demanda (ANTT, 2021).

O sistema é, portanto, heterogêneo, com concessionárias operando grandes volumes de carga em longos percursos, com origem e destino bem conhecidos e com equipamentos e terminais de alta produtividade, e operadores de menor escala de produção, com equipamentos arrendados da RFFSA, muitos deles obsoletos.

As ligações de maior distância e grande volume conferem significativa vantagem comparativa à ferrovia frente ao modo rodoviário, seu principal concorrente. Tais operações podem ser realizadas por trens longos (120 ou mais vagões), com elevadas economias de escala (modelo de transporte denominado *heavy-haul*), demandas quase cativas e receitas futuras (e custos) relativamente previsíveis.

A organização do transporte ferroviário é caracterizada por se tratar de um monopólio regional verticalizado em cada subtrecho concedido, onde os concessionários atuam com prioridade (ou mesmo exclusividade) sobre a oferta ferroviária, com o direito de uso e exploração da via permanente e de operador principal.

A ferrovia brasileira responde por 21,5% da matriz de transportes, medida em TKU (PNL, 2021), que é ainda bastante concentrada em rodovias (67,6%). O país possui a 9ª rede mais extensa do mundo, porém a densidade de trilhos por território é baixa (3,61 Km/1.000 Km<sup>2</sup>). Comparativamente ao principal *benchmarking*, a ferrovia brasileira equivale a 10,5% da americana em extensão e 12,1% em densidade (The World Factbook, 2021). Quanto ao perfil de carga, 76% correspondem a minérios e carvão; 17,3% a cargas agrícolas e fertilizantes; 5% são cargas industriais e 1,7% combustíveis (ANTT, 2021).

O sistema ferroviário tem como principais desafios o tratamento das linhas abandonadas ou subutilizadas, a correções de problemas de infraestrutura em linhas antigas (especialmente traçado e gabarito de túneis e vãos), o tratamento de passagens em nível nas cidades e de invasão da faixa de domínio, o aumento da velocidade média operacional, a expansão da rede, inclusive com a criação de *short lines*, a interconexão das diversas malhas, maior inserção em commodities agrícolas, ampliação do transporte de carga geral, a inserção de operadores ferroviários independentes, o transporte de passageiros nas distâncias interestaduais, a atração de novos investidores e operadores e a financiabilidade a projetos de longa maturação, especialmente os *greenfield*.

O transporte rodoviário é responsável pela maior parte do fluxo de cargas e pessoas no Brasil, tendo participação de 67,6% da matriz de transportes de cargas e 95% do transporte de pessoas (EPL, 2021). Sua vocação natural no transporte de mercadorias é atuar de forma alimentadora aos modos mais eficientes e na distribuição final das mercadorias. No entanto, tem presença importante nas longas distâncias em função da escassez de ligações ferroviárias e hidroviárias no território nacional e da suboferta de opções na cabotagem.

As rodovias movimentam 87% da carga industrial, 60% dos graneis agrícolas e 25% dos graneis líquidos (EPL, 2016). O custo rodoviário médio para movimentar 1 tonelada por 1.000 Km no Brasil é estimado em R\$ 425. Para o modal aquaviário é de R\$ 168 e para o ferroviário R\$ 66. (ILOS, 2020), ou seja, da ordem de 2,5 vezes mais caro do que o modo aquaviário e 6,4 vezes mais caro que o ferroviário.

O Brasil possui mais de 1,5 milhão de Km de rodovias, porém apenas 14% são pavimentadas (CNT, 2019). Outra característica da malha nacional é o baixo nível de serviço (pistas simples, curvas e rampas acentuadas, pavimento deteriorado, ausência de acostamento etc.), contribuindo para o aumento dos custos operacionais, dos acidentes e da emissão de poluentes.

Na década de 90 foi iniciado o programa federal de concessões rodoviárias. Em sua primeira etapa foram concedidos 857 Km. Em 2007 novo ciclo de concessões adicionou 3.300 Km, com diversos aprimoramentos nas obrigações impostas aos concessionários. Em 2013 foi inaugurado o PIL que adicionou 5.348 Km ao portfólio das concessões. A quarta etapa, iniciada em 2019 já acrescentou mais 1.115 Km à malha concedida. Para os próximos anos estima-se a concessão de mais de 17 mil Km de rodovias federais (PPI, 2021).

Alguns programas estaduais também merecem destaque, principalmente o do Estado de São Paulo, que iniciou em 1998 e já conta com mais de 7,5 mil Km concedidos. Nos próximos anos, as iniciativas de diferentes estados, devem conceder, no total, mais de 8 mil Km. Atualmente, o país conta com 68 concessionárias com mais de 23 mil Km concedidos (ABCR, 2021).

Como principais desafios para o setor rodoviários podem ser destacados o aumento na extensão de rodovias públicas pavimentadas, a manutenção de todo o portfólio de rodovias, tendo em vista a escassez de recursos públicos, o tratamento de pontos críticos mais sujeitos a acidentes, a dificuldade na implantação de uma quantidade simultânea de muitos projetos concedidos, o desafio de viabilizar projetos mais arriscados e a financiabilidade desses mesmos projetos.

O setor aquaviário (cabotagem e hidroviário) é responsável por 9,5% da matriz de transportes brasileira. Este tipo de transporte, que também abrange a navegação de longo curso (transporte internacional) se utiliza dos terminais portuários onde são efetuadas as trocas de mercadorias (movimentação portuária).

O Brasil possui 367 instalações portuárias registradas pela Antaq. Desse conjunto, 175 são Terminais de uso Privado (TUP), 34 são Estações de Transbordo de Carga ETC), 156 são terminais em portos organizados e 2 são instalações de turismo. Os portos organizados são em número de 36, sendo 20 administrados pela União (Cias Docas como Autoridades Portuárias), 13 administrados por Estados e 3 por municípios. Nos portos organizados há terminais arrendados à exploração privada, mas a maioria está sob gestão pública. Trata-se de um setor bastante pulverizado (ANTAQ, 2021).

No ano de 2020 os TUPs registraram movimentação de 745 milhões de t. Nos portos públicos, os terminais arrendados movimentaram 106 milhões de t, enquanto os terminais públicos registraram 286 milhões de t. As ETCs, somaram 17 milhões de t. No total foram movimentados 1.154 milhões de t (ANTAQ, 2021).

O principal marco que regula o setor é a Lei 12.815/2013 (nova lei dos portos) que dispõe sobre a exploração dos portos e suas instalações e atividades desempenhadas pelos operadores portuários, tendo sido regulamentada pelo Decreto 8.033/2013. Como uma das principais alterações, a nova lei permitiu que os TUPs pudessem movimentar cargas próprias e de terceiros, sem restrições, sob o regime de outorga de autorização, contribuindo para o surgimento de novos TUPs, especialmente para a movimentação de contêineres.

Quanto ao tipo de carga movimentada, o setor portuário pode ser subdividido em 3 principais grupos: granel sólido, granel líquido e contêineres mais carga geral, cada qual com uma representatividade em termos de toneladas embarcadas de 60%, 25% e 15% (ANTAQ, 2021). O grupo granel sólido por sua vez, apresenta como principais produtos os graneis minerais (majoritariamente minério de ferro) e os graneis agrícolas (com soja, milho e açúcar como principais representantes).

A estrutura de mercado, tanto no caso de graneis sólidos quanto de graneis líquidos, apresenta predominância de operações verticalizadas. No caso do minério de ferro e petróleo e derivados é mais comum que o dono da carga seja proprietário de terminal. Já para graneis agrícolas é usual que as *tradings* e operadores ferroviários possuam terminais próprios. O mercado de contêineres apresenta maior concorrência, entretanto, também é comum a estrutura verticalizada em que os *mega carriers* e suas alianças de transportes operam em terminais próprios ou de parceiros.

Quanto ao tipo de navegação, a divisão se dá entre o longo curso, respondendo por 70% da movimentação portuária; cabotagem que responde por 24% e navegação interior com representatividade de 6% na movimentação portuária. Cabe destacar que cerca de 95% do comércio internacional brasileiro passa pelos portos (ANTAQ, 2021).

A BR do Mar, ora em tramitação no congresso, trará grande incentivo ao transporte de cabotagem, atraindo maior movimentação para os portos. A principal proposta dessa regulamentação é facilitar o uso de embarcações estrangeiras na cabotagem, especialmente de carga geral containerizada, por empresas brasileiras. O aumento da oferta (frota) pode incentivar o desenvolvimento da cabotagem com a redução do custo de capital, dos custos operacionais, com a redução dos fretes e aumento da competição. Naturalmente espera-se como resultado um aumento da participação do transporte aquaviário na matriz de transportes brasileira.

Quanto ao transporte hidroviário, o país possui 15,5 mil Km de vias navegadas, entre as principais destacam-se os corredores Madeira-Amazonas-Negro; Tapajós; Atlântico Sul (Lagoa dos Patos) e Tietê-Paraná. A participação isolada da navegação de interior na matriz modal brasileira é de apenas 1,5% (BRASIL, 2021).

Entre os principais produtos transportados destacam-se soja e milho com participação de 41%, bauxita, com 18%, petróleo e derivados com 9% e contêineres com 9% (ANTAQ, 2021).

O setor de portos e navegação pode passar por importantes transformação com a privatização de portos públicos, hidrovias e infraestrutura de acesso que constam no pipeline de projetos do PPI. Também passa por importantes transformações a troca eletrônica de documentos que pode agilizar a permanência dos navios nos portos.

Como principais desafios dos setores de portos e navegação, destacam-se a melhoria dos acessos terrestres e aquaviários aos terminais, a maior inserção brasileira no comércio internacional, a continuidade nos programas de desburocratização do setor, o concessão de hidrovias e o investimento para transposição de barragens em alguns rios com potencial de navegação.

O Programa de Parcerias e Investimento do Governo Federal lista um conjunto relevante de projetos já outorgados e outros em pipeline nos setores abordados neste trabalho. Acredita-se em um novo ciclo robusto de investimentos privados já em andamento, além de outros que continuam com aporte público, especialmente no setor rodoviário. Ademais, parte relevante desses investimentos contemplam áreas menos assistidas por infraestrutura de transportes, como é o caso das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Estima-se que a avaliação dos resultados desses investimentos em termos do desenvolvimento das diferentes regiões, especialmente no que tange à geração de emprego e renda, possa proporcionar importantes estudos de caso para melhor calibração dos resultados propostos por este trabalho.



## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ. Anuário Estatístico Aquaviário. Disponível em: <http://anuario.antaq.gov.br/QvAJAXZfc/opedoc.htm?document=painel%5Cantag%20-%20anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=pt-BR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>. Acesso em: 25/11/2021.

Agência Nacional de Transportes Terrestres-ANTT. Anuário do Setor Ferroviário. 2021. Tabelas Resumo. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/anuario-do-setor-ferroviario>. Acesso em: 22/10/21.

Associação Brasileira de Concessionária de Rodovias - ABCR. Relatório Anual 2020. Disponível em: <https://abcr.org.br/setor/concessionarias/relacao-de-empresas>. Acesso em: 25/11/2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Plano Hidroviário Estratégico - PHE. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/plano-hidroviario-estrategico>. Acesso em: 25/11/2021.

Central Intelligence AgencyCIA. The World Factbook. Country Comparisons - Railways. 2021. Disponível em: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/railways/country-comparison>. Acesso em: 22/11/21.

Confederação Nacional de Transportes-CNT. Pesquisa CNT de rodovias 2019. - Brasília : CNT : SEST SENAT, 2019. Disponível em: <https://cnt.org.br/pesquisas>. Acesso em: 25/11/2021.

EPL (2016). Transporte inter-regional de carga no Brasil. Panorama 2015. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil-panorama-2015>. Acesso em 25/11/2021.

ILOS, [Matriz de transportes do Brasil à espera dos investimentos](https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/). 21/08/2020. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/>. Acesso em: 25/11/2021.

INTER.B. - Consultoria Internacional de Negócios. Carta de Infraestrutura. Política pública, regulação e desempenho do setor ferroviário no Brasil. Ano VII, nº 19. 01/10/2020. Disponível em: <https://interb.com.br/carta/19a-carta-de-infraestrutura/>. Acesso em: 24/11/21.

INTER.B. - Consultoria Internacional de Negócios. Carta de Infraestrutura. Os investimentos em infraestrutura em 2018 e as projeções para 2019. Ano VII, nº 18. 09/09/2019. Disponível em: <https://interb.com.br/cartas-de-infra/>. Acesso em: 24/11/2021.

Programa de Parcerias de Investimentos - PPI. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/projetos1#/s/Em%20andamento/u//e/Rodovias/m//r/>. Acesso em: 25/11/2021.

Asher, S., Garg, T., & Novosad, P. (2020). The ecological impact of transportation infrastructure. *The Economic Journal*, 130(629), 1173-1199.

Autor, D., Dorn, D., & Hanson, G. H. (2013). The geography of trade and technology shocks in the United States. *American Economic Review*, 103(3), 220-25.

- Atkin, D., & Donaldson, D. (2015). Who's getting globalized? The size and implications of intra-national trade costs (No. w21439). National Bureau of Economic Research.
- Bartelme, D. (2018). Trade costs and economic geography: evidence from the US. Work. Pap., Univ. Calif., Berkeley.
- Baum-Snow, N. (2007). Did highways cause suburbanization?. *The quarterly journal of economics*, 122(2), 775-805.
- Bertrand, M., & Kramarz, F. (2002). Does entry regulation hinder job creation? Evidence from the French retail industry. *the quarterly journal of economics*, 117(4), 1369-1413.
- Costinot, A., Donaldson, D., & Smith, C. (2016). Evolving comparative advantage and the impact of climate change in agricultural markets: Evidence from 1.7 million fields around the world. *Journal of Political Economy*, 124(1), 205-248.
- Donaldson, D., & Hornbeck, R. (2016). Railroads and American economic growth: A "market access" approach. *The Quarterly Journal of Economics*, 131(2), 799-858.
- Eaton, J., & Kortum, S. (2002). Technology, geography, and trade. *Econometrica*, 70(5), 1741-1779.
- Ehrl, P. (2017). Minimum comparable areas for the period 1872-2010: an aggregation of Brazilian municipalities. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 47, 215-229.
- Faber, B. (2014). Trade integration, market size, and industrialization: evidence from China's National Trunk Highway System. *Review of Economic Studies*, 81(3), 1046-1070.
- Helpman, E. (Ed.). (1998). *General purpose technologies and economic growth*. MIT press.
- Hornbeck, R., & Rotemberg, M. (2021). *Railroads, Market Access, and Aggregate Productivity Growth*.
- Jaworski, T., & Kitchens, C. T. (2019). National policy for regional development: Historical evidence from Appalachian highways. *Review of Economics and Statistics*, 101(5), 777-790.
- Jedwab, R., & Storeygard, A. (2020). The average and heterogeneous effects of transportation investments: Evidence from Sub-Saharan Africa 1960-2010. *Journal of the European Economic Association*.
- Kovak, B. K. (2013). Regional effects of trade reform: What is the correct measure of liberalization?. *American Economic Review*, 103(5), 1960-76.
- Limao, N., & Venables, A. J. (2001). Infrastructure, geographical disadvantage, transport costs, and trade. *The world bank economic review*, 15(3), 451-479.
- Tsivanidis, N. (2019). Evaluating the impact of urban transit infrastructure: evidence from Bogotá's TransMilenio. Unpublished manuscript.

---

## AUTORES

### ARTHUR BRAGANÇA

Coordenador de Avaliação de Política Pública, CPI/PUC-Rio  
[arthur.braganca@cpiglobal.org](mailto:arthur.braganca@cpiglobal.org)

### JULIANO ASSUNÇÃO

Diretor Executivo, CPI/PUC-Rio

### RAFAEL ARAUJO

Analista Sênior, CPI/PUC-Rio

### MANUELA MAGALHÃES

Analista Assistente, CPI/PUC-Rio

Os autores gostariam de agradecer a Julia Berry pelo trabalho de design gráfico.

### Citação sugerida

Bragança, Arthur, Juliano Assunção, Araujo Rafael e Manuela Magalhães. *Infraestrutura de transporte e emprego: uma abordagem de acesso a mercado*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2022.

### FEVEREIRO 2022

O Climate Policy Initiative (CPI) é uma organização com experiência na análise de políticas públicas e finanças. Nossa missão é contribuir para que governos, empresas e instituições financeiras possam impulsionar o crescimento econômico enquanto enfrentam mudanças do clima. Nossa visão é a de uma economia global sustentável, resiliente e inclusiva. No Brasil, o CPI é afiliado à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Este trabalho é financiado por Norway's International Climate and Forest Initiative (NICFI) e Gordon and Betty Moore Foundation. Nossos parceiros e financiadores não necessariamente compartilham das posições expressas nesta publicação.

**Contato CPI/PUC-Rio:** [contato.brasil@cpiglobal.org](mailto:contato.brasil@cpiglobal.org)  
[www.climatepolicyinitiative.org](http://www.climatepolicyinitiative.org)



Conteúdo sob licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Os textos desta publicação podem ser reproduzidos no todo ou em parte desde que a fonte e os respectivos autores sejam citados.