

INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS: UM ESTUDO PARA A FERROVIA NORTE SUL NO PERÍODO DE 2007 A 2019

Marianne Costa Oliveira¹
Sabino da Silva Porto Junior²
Gibran da Silva Teixeira³

RESUMO: As políticas públicas de infraestrutura de transporte foram, historicamente, muito importantes no processo de desenvolvimento econômico do Brasil, como é o caso das ferrovias, que, no início da década de 1850, apresentaram um papel estratégico na redução dos custos de transportes, aumentando consideravelmente os fluxos de bens e serviços entre os municípios brasileiros. Nessa perspectiva, após longos períodos de investimentos e rupturas no sistema ferroviário brasileiro, foi reestabelecida a construção da Ferrovia Norte Sul (FNS) e, até o ano de 2014, já apresentava um significativo trecho construído e em operação. Desse modo, o presente artigo estima como a FNS está afetando o nível de emprego formal e a renda dos municípios contemplados pelo investimento. O método de inferência causal denominado controle sintético foi aplicado aos dados municipais para avaliar o impacto da FNS em onze municípios que receberam o tratamento. Os resultados apontaram que quatro municípios que concluíram a construção dos trechos entre 2007 e 2010, portanto, com um tempo maior de finalização, apresentaram efeitos positivos nos níveis de emprego formal, ao contrário dos municípios que tiveram os trechos entregues no ano de 2014. Sobre o nível de renda, duas unidades que também tiveram um tempo de exposição à intervenção maior, apresentaram resultados maiores, embora, com impactos em sentidos contrários.

Palavras-chave: Transporte, Ferrovia, Emprego e Renda, Controle Sintético.

ABSTRACT: Public policies on transportation infrastructure have historically been very important in the process of economic development in Brazil, as is the case of railroads, which, in the early 1850s, played a strategic role in reducing transportation costs, considerably increasing the flows of goods and services between Brazilian municipalities. In this perspective, after long periods of investments and ruptures in the Brazilian railway system, the construction of the North South Railway (FNS) was reestablished and, by 2014, it already had a significant stretch built and in operation. Thus, this article estimates how the railroad is affecting the level of formal employment and income of the municipalities covered by the investment. The causal inference method called synthetic control was applied to municipal data to evaluate the impact of NSF in eleven municipalities that received treatment. The results showed that four municipalities that completed the construction of the stretches between 2007 and 2010, therefore, with a longer completion time, showed positive effects on the levels of formal employment, unlike the municipalities that had the sections delivered in 2014. Regarding the level of income, two units that also had a longer exposure time to the intervention, presented higher results, although with impacts in opposite directions.

Keywords: Transportation, Railroad, Employment, synthetic control.

JEL classification: C39, H54, L92, O18

Área 7 - Infra-estrutura, transporte, energia, mobilidade e comunicação

¹Professora da Universidade Estadual de Santa Cruz (DCEC/UESC).

²Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE/UFRGS).

³Professor da Universidade Federal do Rio Grande (PPGE/FURG).

1 INTRODUÇÃO

Há evidência robusta de que uma melhor condução da política de infraestrutura de transportes, proporciona melhoria nas condições de produção e de orientação dos fluxos de bens e serviços nos mercados nacional e internacional, representando, portanto, uma boa alternativa de estratégia para promover o desenvolvimento regional no Brasil, (BANISTER; BERECHMAN, 2001; HADDAD *et al.*, 2008; BANERJEE; DUFLO; QIAN, 2012; SUMMERHILL, 2018). Um bom exemplo da importância das políticas governamentais de infraestrutura, no Brasil, foi a construção das ferrovias, no início da década de 1850, que proporcionou uma drástica redução no custo de transporte de mercadorias dos produtores rurais para os consumidores finais nos mercados domésticos ao integrar mercados locais e regionais, antes isolados. Consequentemente, essa integração regional gerou oportunidades para imigração de mão de obra e liberou recursos, que eram escassos, para outros usos (SUMMERHILL, 2018; GALVÃO, 1996).

No entanto, a implantação do sistema ferroviário no território brasileiro ocorreu alternando períodos de continuidades e rupturas no atendimento das diferentes necessidades do país relacionadas ao transporte de produtos e de pessoas (VENCOVSKY, 2011). O período entre 1996 e 2007, por exemplo, foi marcado pela desestatização e recuperação do sistema ferroviário brasileiro que passou, nos períodos anteriores e seguintes, por quase trinta anos de relativa estagnação. Uma provável causa para essa estagnação é a indefinição do marco regulatório de exploração das ferrovias, embora, a partir da década de 1990 novos agentes passaram a protagonizar a regulação do território brasileiro, como é o caso da mineradora Vale, que realizou investimentos privados em ferrovias importantes, como a Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) e a Estrada de Ferro Carajás (EFC) (VENCOVSKY, 2011). Porém, a partir de 2008, com o lançamento do PAC - Programa de Aceleração do Crescimento e a inclusão de novas ferrovias no PNV - Plano Nacional de Viação, reativou-se, de certa forma, investimentos públicos e privados na malha ferroviária do país, com o objetivo de viabilizar a sua expansão no território brasileiro (VENCOVSKY, 2011).

Nesse contexto, foi reestabelecida, por exemplo, a construção da Ferrovia Norte-Sul (FNS) que, embora tenha o seu projeto inicial idealizado em meados da década de 1980, até o ano de 1996 tinha apenas 215 km já construídos, no trecho entre Açailândia (MA) e Porto Franco (MA). Em 2010, o trecho da FNS entre Açailândia (MA) e Porto Nacional (TO) foi totalmente construído, abrangendo 720 km de extensão e um investimento de R\$ 2,6 bilhões. Já no ano de 2014 foram concluídos 855 Km do trecho entre Porto Nacional (TO) e Anápolis (GO), compreendendo um custo de R\$ 5,1 bilhões. Portanto, o traçado original da ferrovia que previa cortar os Estados do Maranhão, Tocantins e Goiás, atualmente, encontra-se construído e em operação (VALEC, 2021; PIRES; CAMPOS, 2019).

Segundo Castilho e Arrais (2017) a extensão da malha ferroviária do Brasil, instalada a partir da primeira metade do século XX, não é adequada ou suficiente para atender a diversidade das demandas locais, tendo um papel cada vez mais restrito ao atendimento das demandas das grandes empresas. Então, uma questão importante a ser levantada é como a ferrovia interfere nas economias municipais, ou seja, quais as melhorias socioeconômicas o investimento em infraestrutura de transporte proporciona para as comunidades atendidas pela cobertura das novas ferrovias? Há justificativas socioeconômicas para implementação dessas ferrovias naquelas comunidades?

Com a finalidade de contribuir para o entendimento desses questionamentos, o artigo busca avaliar o efeito da construção da ferrovia Norte Sul sobre a geração de emprego formal e sobre a renda nos municípios afetados pela intervenção pública, no período de 2007 a 2019, especificamente dos trechos já em operação pertencentes aos Estados do Maranhão, Tocantins e Goiás. Para tanto, a estratégia empírica adotada leva em consideração o uso do método de controle sintético, proposto por Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), uma vez que esta metodologia é apropriada em contextos em que o efeito do tratamento ocorre de maneira agregada como, por exemplo, sobre uma dada região ou sobre um dado município. A ideia é construir um contrafactual sintético de cada município que recebeu a intervenção pública e identificar o que teria acontecido com ele caso não tivesse sido beneficiado com a política implementada. Em outras palavras, o contrafactual sintético deverá ser capaz de simular o comportamento da variável de interesse na ausência da intervenção.

O debate em torno da relevância do investimento em infraestrutura de transportes associado à dificuldade da economia brasileira em apresentar um crescimento econômico sustentado, merece atenção, pois, permite elencar possíveis fatores a serem estimulados, ou seja, tratados em uma estratégia de políticas regionais no Brasil. Dessa forma, o presente artigo contribui com o avanço nas discussões que analisam a importância dos investimentos em infraestrutura de transporte, em especial o investimento em transportes ferroviário, sobre o desenvolvimento econômico regional.

O artigo está organizado em mais quatro seções além desta introdução. A seção 2 apresenta uma breve revisão da literatura que abarca as iniciativas empíricas relacionadas às avaliações de impactos em projetos de infraestrutura de transportes. A seção 3 discorre sobre a descrição dos dados e a estratégia empírica utilizada. Na seção 4 são apresentados e discutidos os resultados e por fim, na seção 5, são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Um dos primeiros autores a analisar o efeito de construção de ferrovias para os Estados Unidos foi Fogel (1964), que, segundo Summerhill (2018), fez um trabalho inovador dentro da área denominada de nova historiografia quantitativa, buscando mensurar a magnitude do crescimento econômico dos Estados Unidos, no final do século XIX, num cenário hipotético no qual o transporte ferroviário não tivesse sido implementado, ou seja, Fogel (1964) realizou uma análise contrafactual pioneira. Para isso, ele modelou formalmente o que chamou de poupança social e, construiu um contrafactual, que permitia o ajuste da economia ao uso do segundo melhor modo tecnológico de embarque na ausência da ferrovia. Os resultados mostraram que a poupança social promovida pelas ferrovias foi de, no máximo, 8,9% do PIB dos EUA em 1890.

Na mesma perspectiva, porém com pressupostos teóricos deferentes, Fishlow (1965) fez um exercício de análise contrafactual semelhante ao de Fogel (1964), ou seja, baseando-se nos modos de transportes alternativos de embarque, historicamente relevantes para os Estados Unidos e foi ainda mais pessimista, encontrando uma poupança para o ano de 1859, de apenas 3,7% do PIB. Porém, ao extrapolar para o ano de 1890, a economia social estimada foi de pelo menos 15% do PIB, valor superior ao estimado por Fogel (1964).

Uma análise contrafactual semelhante para o Brasil foi realizada por Summerhill (2018). O autor comparou uma mistura hipotética de carroça e mula como a alternativa de embarque terrestre historicamente relevante para as ferrovias e utilizou-se o valor do frete da região cujas estradas ficaram significativamente mais trafegáveis com as melhorias decorrentes das construções das novas ferrovias. O resultado indicou que o Brasil acumulou grande parte da sua renda nacional como decorrência do desenvolvimento das ferrovias entre 1854 e 1913, ou seja, a poupança social estimada foi da ordem de 18% do PIB para o ano de 1913.

Outras estimações nessa mesma linha de abordagem, relacionada à nova historiografia quantitativa, foram feitas para verificar o efeito das ferrovias em países como Rússia, Inglaterra, Espanha e México (METZER, 1973; HAWKE, 1968; MENDOZA, 1982; COATSWORTH, 1979). No entanto, como afirma Grandi (2009), nada garante que os modelos contrafactuais adotado pelos autores sejam confiáveis ou que possam ser testados adequadamente, uma crítica óbvia, afinal todo exercício de análise contrafactual tem limitações, porém são melhores do que juízos de valor contra ou a favor das ferrovias.

Mais recentemente, a utilização dos métodos denominados experimento natural⁴ ou quase experimento passaram a ser utilizados por autores na área de avaliação de impacto de políticas públicas e alguns trabalhos foram desenvolvidos na área de avaliações de infraestrutura de transportes. Antecipadamente, vale destacar que esses métodos são capazes de lidar com o problema de viés de seleção relacionado às características não observáveis dos indivíduos e que são invariantes no tempo.

Um dos principais trabalhos sobre o tema pode ser observado em Banerjee, Duflo e Qian (2012) que examinaram o efeito causal do acesso à malha ferroviária no desempenho econômico em diferentes regiões da China com base em variáveis instrumentais para o período 1986 a 2003. Os autores encontraram que as áreas médias próximas à linha reta que conectam o mesmo conjunto de cidades e que coincidem com as ferrovias construídas no início do século XX foram beneficiadas economicamente por se encontrarem próximas às ferrovias instaladas. Nessa mesma linha de aplicação, Mu e Van de Walle (2007) utilizaram os métodos de dupla diferença e *propensity score matching* (PSM), para avaliar os impactos da reabilitação de estradas no desenvolvimento do mercado em comunidades rurais no Vietnã e encontraram que houve um impacto positivo sobre a densidade dos mercados locais, sendo que, as comunidades mais pobres foram mais impactadas positivamente com a reabilitação das estradas.

Lokshin e Yemtsov (2005), em um trabalho mais amplo, analisaram o efeito de projetos de reabilitação de infraestrutura social e econômica, (escolas, estradas e sistemas de abastecimento de água), em comunidades rurais da Geórgia. Também utilizaram métodos da análise de causalidade e encontraram que os benefícios gerais estimados foram positivos no combate à pobreza nas comunidades locais, porém, a análise de dados desagregados indicou que as oportunidades de emprego foram restritas aos trabalhadores rurais não pobres e às mulheres pobres. No mesmo sentido, o trabalho de Escobal e Ponce (2002) avaliou o impacto da reabilitação das estradas sobre a renda e o consumo das famílias rurais que vivem em distritos pobres do Peru. Utilizando a técnica de PSM para construir o grupo de controle com base em localidades familiares próximas dessas estradas encontraram que houve aumento das oportunidades de renda não agrícola, especialmente de fontes de emprego assalariado. No entanto, esse aumento não foi acompanhado por um aumento equivalente no consumo.

⁴Uma situação na qual a ocorrência de um evento fortuito ou imprevisto permite formar grupos de tratamento e controle parecidos em diversos aspectos.

Já o trabalho de Khandker, Bakht e Koolwal (2009), avaliou o Projeto de Desenvolvimento Rural (RDP) e o Projeto de Melhoria e Manutenção de Estradas e Mercados Rurais (RRMIMP), apoiados pelo Banco Mundial e obtiveram evidências de que o impacto nas despesas de transporte das famílias é muito grande, sendo mais ligado às economias de transporte relacionadas à produção do que às despesas com consumo. Nas áreas afetadas pelo projeto RDP houve crescimento dos salários agrícolas e do emprego. Também encontraram que a melhoria das estradas levou a uma redução média da pobreza de 3% a 4% nas áreas do RDP e de 5% a 6% nas áreas do RRMIMP, em 5 anos.

Dias e Simões (2013) utilizaram a estratégia de diferenças em diferenças para analisar como o Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios - PROACESSO afetou a dinâmica do emprego e dos salários nos municípios mineiros. Eles encontraram que a maior acessibilidade favoreceu os setores que vendem para outras localidades (indústria) e compram insumos produzidos em outras localidades (comércio e indústria). No entanto, o setor de serviços foi prejudicado com a competição de serviços diversificados e competitivos. Já Castro (2016) utilizou o mesmo método para avaliar o programa PROACESSO, porém, sobre a ótica do crescimento econômico dos 225 municípios de Minas Gerais beneficiados, no período 2000-2010. O autor não observou impactos significativos do PROACESSO sobre o crescimento econômico dos municípios avaliados.

Utilizando o método de controle sintético voltado para o modal portuário do Brasil, Menegazzo e Petterini (2018), avaliaram o impacto do Programa Nacional de Dragagem sobre a movimentação de cargas por navio e apontou que o programa é estratégico para o comércio exterior. No entanto, dos 11 portos analisados, o programa provocou o aumento da movimentação de carga em apenas quatro deles e, portanto, precisa ser aprimorado. Já Resende (2017) utilizou o método de controle sintético para avaliar o impacto de seis anos de privatização dos principais aeroportos do Brasil sobre as receitas comerciais dos aeroportos. Os resultados apontaram impactos de grande magnitude e imediatos em praticamente todos os aeroportos, sinalizando que as empresas privadas têm se mostrado muito mais eficientes na operação dos aeroportos do que a Infraero.

De maneira geral, os trabalhos apresentaram métodos variados para investigar a relação da infraestrutura de transporte com os impactos econômicos de diversos âmbitos e, especialmente os trabalhos que adotaram o método de controle sintético, avaliaram impactos sobre questões inerentes à própria atividade do modal em si, como impacto sobre a movimentação de carga ou sobre as receitas comerciais. Em nenhum desses trabalhos foi utilizado o método controle sintético para avaliar os efeitos do setor de transporte sobre variáveis agregadas como emprego e renda, assim como o estudo desenvolvido neste artigo. Acredita-se que esse método apresenta robustez nos resultados, por utilizar todas as regiões que não foram afetadas pela infraestrutura como possíveis controles.

3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

3.1 Controle Sintético³

O método de Controle Sintético consiste em estimar o impacto de um evento (intervenção política) sobre uma determinada variável que ocorre de forma agregada em uma região ou grupo demográfico a partir da construção sintética dessa unidade com base em informações das demais unidades não tratadas. Isso acontece pois, como na prática não é possível saber como seria essa unidade sem a intervenção (tratamento), é necessário utilizar um método estatístico para simular de maneira objetiva como a unidade que sofreu a intervenção se comportaria sem essa intervenção.

A unidade de controle sintética será representada por meio de uma combinação convexa do conjunto de unidades que não foram afetadas pela política em questão. Vale destacar que os autores utilizam os termos “região” ou “unidade” que podem ser substituídos por “país”, “estado”, “cidade”, etc, e da mesma forma, os termos “intervenção” ou “tratamento” podem ser substituídos por “choque”, “lei”, “política”, etc. A discussão formal do método de controle sintético é encontrada em Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) e em Cunningham (2021), dentre outros.

A hipótese central assumida é a de que na ausência do impacto tanto as unidades tratadas (municípios com FNS) quanto as de controle (municípios sem FNS) se sustentariam na mesma trajetória e qualquer alteração ocorrida nas trajetórias das variáveis de interesse desses dois grupos, no período pós-intervenção serão consideradas como os efeitos da política (construção da FNS) sobre os municípios afetados.

Suponha a existência de um painel de informações para um conjunto de $J + 1$ unidades (por exemplo, municípios). Suponha, ainda, que somente a primeira região seja exposta ininterruptamente à determinada intervenção em algum momento do tempo e, assim, as J unidades restantes que não foram tratadas serão dadas como potenciais controles, denominado de “*donor pool*”.

³Essa seção se baseia em Abadie e Gardeazabal (2003), Abadie, Diamond e Hainmueller (2010, 2011) e Cunningham (2021)

Considera-se Y_{jt}^I e Y_{jt}^N como sendo os resultados que seriam possíveis de se observar na região j no tempo t na presença da intervenção e na ausência da intervenção, respectivamente, para $j = 1, 2, \dots, J + 1$ e $t = 1, 2, \dots, T$. Note que T_0 é o tempo em que a intervenção ocorre, portanto, o período pré-intervenção compreende $t = 1, 2, \dots, T_0$, de forma que, $1 \leq T_0 < T$.

Assume-se que antes do período de implantação da política, não é verificado nenhum efeito sobre o resultado, assim, para $t \in \{1, \dots, T_0\}$ e para todo $j \in \{1, \dots, N\}$, é verdade que $Y_{jt}^I = Y_{jt}^N$. No entanto, após a intervenção, esse resultado poderá mudar e é justamente a mensuração dessa alteração, ou seja, o efeito da intervenção sobre a unidade tratada no tempo t que se deseja estimar:

$$\alpha_{1t} = Y_{1t}^I - Y_{1t}^N$$

No artigo, deseja-se obter o efeito da ferrovia Norte Sul sobre as variáveis de interesse em cada período após a sua ocorrência, assim, será considerada uma variável *dummy* que apresentará valores 1 caso a unidade j seja afetada pela ferrovia no tempo t , e valor 0 caso contrário. Chega-se, dessa forma, ao resultado observado na unidade j no tempo t , conforme Abadie, Diamond e Hainmueller (2010):

$$Y_{jt}^I = Y_{jt}^N + \alpha_{jt} D_{jt}$$

Como somente a região “um” será exposta ao tratamento e apenas depois do período T_0 , tem-se que:

$$D_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{se } j=1 \text{ e } t > T_0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O objetivo, no caso, é estimar os parâmetros $(\alpha_{1T_0+1}, \dots, \alpha_{1t})$. Dado que Y_{jt}^I é um valor observado, será necessário calcular o valor de Y_{jt}^N , que não é observado. A ideia aqui é construir um contrafactual sintético que consiga simular a trajetória de Y_{jt}^N para os períodos após a intervenção, assim, a unidade sintética tem que conseguir reproduzir a unidade a ser tratada em um conjunto de variáveis relevantes e não somente na variável de interesse.

Será considerado, por hipótese, que as características pré-tratamento da unidade de interesse terão maior aproximação quando utilizada uma combinação das unidades não tratadas do que utilizando, isoladamente, uma das unidades não tratadas. Assim, entende-se o controle sintético como uma média ponderada das unidades do *donor pool* e este será comparado com a unidade tratada.

Para construir a unidade de controle sintético é necessário criar um vetor ($J \times 1$) de pesos $W = (w_2, \dots, w_{J+1})'$ sendo $w_j \geq 0$ para qualquer $j = 2, \dots, J + 1$ e $\sum_{j=2}^{J+1} w_j = 1$, de forma que, cada valor particular de W representa um controle sintético específico ligado ao peso w_j para a região j no *donor pool*. Essa restrição estabelecida para os valores de w_i entre 0 e 1, é importante para evitar que a contribuição de cada unidade extrapole o conjunto convexo formado pelas unidades de controle. Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) propõem escolher o vetor de pesos W^* , tal que a unidade sintética de controle obtida replique da melhor forma as características pré-intervenção da unidade que foi tratada e a trajetória de sua variável de interesse. Seja U_i um vetor ($r \times 1$) de variáveis relevantes observadas para cada unidade antes do tratamento, o objetivo dessas variáveis é funcionar como previsores do comportamento da variável de interesse.

Defina também o vetor $K = (K_1, \dots, K_{T_0})'$, como um vetor ($T_0 \times 1$) que representa os pesos de uma combinação linear das observações pré-intervenção, tal que $\bar{Y}_i^K = \sum_{s=1}^{T_0} k_s Y_{js}$. Pode-se selecionar quantas $M \leq T_0$ combinações lineares de observações, antes do tratamento, desejar. Tais combinações poderão controlar por características cujos efeitos variam ao longo do tempo.

Com a finalidade de implementar o estimador de controle sintético numericamente, define-se uma distância entre a unidade de controle e a unidade que recebeu intervenção. Dessa forma, define-se X_1 como um vetor ($k \times 1$) que contém as características observáveis de U_i e as M combinações lineares das observações das variáveis de interesse da unidade tratada antes do tratamento, isto é, $X_1 = (U', \bar{Y}_1^1, \bar{Y}_1^2, \dots, \bar{Y}_1^{KM})$. Observe que $k = r + M$. Da mesma forma, defina, X_0 como uma matriz ($k \times j$), cuja j -ésima coluna corresponde a $X_j = (U', \bar{Y}_j^1, \bar{Y}_j^2, \dots, \bar{Y}_j^{KM})$, ou seja, as mesmas observações que X_1 para a região $j \geq 2$.

O vetor de pesos ótimo W^* é escolhido para minimizar a diferença entre as características pré-intervenção da unidade tratada e o controle sintético, dada pela distância $\|X_1 - X_0 W\|_V$. Assim, segundo Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), essa escolha deve ser feita de forma a minimizar:

$$\|X_1 - X_0 W\|_V = \sqrt{(X_1 - X_0 W)' V (X_1 - X_0 W)}$$

onde V é uma matriz ($k \times k$) simétrica e positivamente semidefinida, entendida como uma matriz que apresenta na diagonal principal os elementos referentes aos pesos correspondentes à capacidade de previsão de cada variável de X_1 e X_0 . Embora a escolha de V pode ser *ad hoc*, dependendo da experiência do pesquisador, Abadie e Gardeazabal (2003) sugerem um método para essa escolha que minimiza o erro quadrático médio (EQM) entre as observações da variável de interesse da unidade que recebeu a intervenção e o controle sintético pré-intervenção:

$$V = \arg \min_{V \in \Upsilon} (Z_1 - Z_0 W^*(V))' (Z_1 - Z_0 W^*(V))$$

em que, Z_1 é um vetor ($T_p \times 1$) que contém as observações da variável de interesse da unidade tratada (Y_{1t}) para $t = 1, 2, \dots, T_p$ (onde $1 \leq T_p \leq T_0$) e Z_0 é uma matriz ($T_p \times J$), cuja j -ésima coluna refere-se às observações de Y_{jt} , também para o período de $t = 1, 2, \dots, T_p$. O conjunto de todas as matrizes simétricas e positivas semidefinidas é dado por Υ . O V ótimo é aquele capaz de fazer com que a trajetória da variável de interesse pré-intervenção do controle sintético seja a mais próxima possível da trajetória da unidade que recebeu o tratamento no mesmo período.

Por fim, define-se Y_1 como um vetor ($T_p \times 1$) que contém as observações de Y_{1t} para todo o período posterior à intervenção e Y_0 como uma matriz ($T_1 \times J$) cuja j -ésima coluna contém as mesmas observações pós-intervenção da variável de interesse na unidade de controle j . Como apresentado por Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), a variável de interesse do controle sintético pode ser dada por $Y_{1t}^N = Y_0 W^*$ quando a quantidade de períodos de intervenção é suficientemente grande, uma vez que, $Y_0 W^*$ funciona como um estimador não viesado dessa variável. Com isso, um estimador não viesado do efeito agregado da intervenção na unidade tratada no período $t \in T_{0+1}, \dots, T$ é dado por:

$$\begin{aligned} \widehat{\alpha}_1 &= Y_1 - W^* Y_0 \\ \widehat{\alpha}_1 &= Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} W_j^* Y_{jt} \end{aligned}$$

Após a sistematização do processo de estimação dos contrafactuais será realizado o exercício de falseamento, denominado de teste de placebo. Assim, será possível aplicar testes de inferência estatística como, por exemplo, aplicar o controle sintético para identificar o efeito da intervenção sobre as unidades pertencentes ao *donor pool* e, dessa forma, comparar o comportamento da variável de interesse da trajetória relacionada à unidade tratada e dos placebos. Com isso, caso exista algum efeito atribuído ao tratamento é esperado que o efeito seja mais intenso na unidade tratada do que nos placebos.

3.2 Dados e Aplicação do Método

Para implementar o método de controle sintético na análise de impacto dos investimentos da FNS sobre os dados de emprego e renda dos municípios que sofreram a intervenção foram utilizados dados de variáveis socioeconômicas de cada município como possíveis candidatos a previsores que ajudam a explicar o comportamento do emprego e da renda nos municípios tratados. Assim, foram consideradas as seguintes características de cada município: (i) estoque de emprego no mercado de trabalho formal, (ii) renda média dos trabalhadores no mercado de trabalho formal (R\$), (iii) tamanho da população, (iv) PIB *per capita* (mil R\$), (v) arrecadação de impostos municipais (R\$), (vi) porcentagem de crianças de 6 a 14 anos na escola, (vii) % da população com 18 anos ou mais com ensino fundamental completo, (viii) % da população com 25 anos ou mais com ensino fundamental completo, (ix) taxa de analfabetismo da população com 25 anos ou mais, (x) taxa de mortalidade infantil, (xi) IDH longevidade, (xii) porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com energia elétrica, (xiii) porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com água encanada e (xiv) capital humano (R\$).

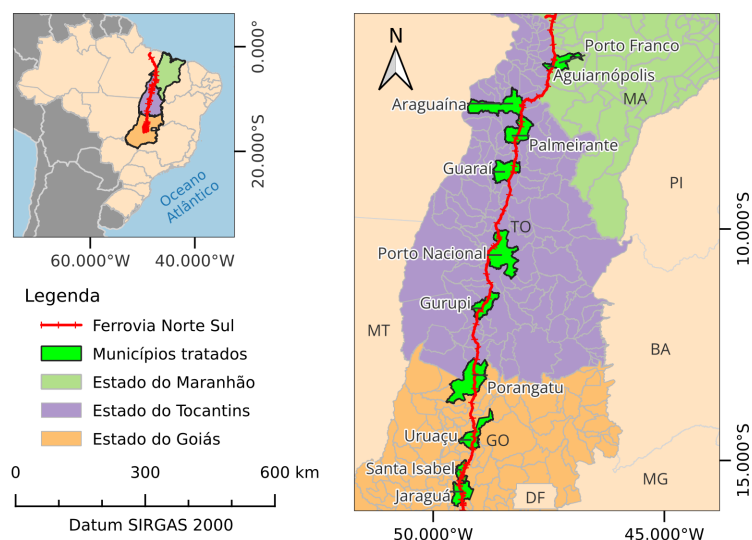
Os dados sobre o número de empregos formais no mercado de trabalho e a renda média no mercado de trabalho formal de cada município foram extraídos da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Os dados de impostos municipais foram retirados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA-Data) – Ministério da Fazenda/Secretaria do Tesouro Nacional e os demais dados foram extraídos dos relatórios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Censo Demográfico. Foram utilizadas apenas as observações dos períodos anteriores às intervenções, exceto para as variáveis dependentes (emprego e renda) que tiveram os períodos estendidos até o ano de 2019. Com isso, os dados de emprego e renda dos municípios foram analisados no período de 2001 a 2019.

O critério adotado para definir o grupo de municípios que recebeu a intervenção da FNS (tratados) e o grupo de municípios que não recebeu (controles) foi o cruzamento ou não do município com a ferrovia e a existência de um polo de cargas em operação ou em instalação, entre os anos de 2007 e 2014. Ou seja, aqueles municípios do Estado do Maranhão, do Tocantins e do Goiás diretamente ligados pela FNS e que possuíam um polo de cargas em operação ou em instalação, entre 2007 e 2014, foram considerados tratados e os demais municípios desses três Estados do Brasil foram considerados controles.

Adicionalmente, foram retirados da base de dados aqueles municípios localizados a uma distância igual ou inferior a 50Km da ferrovia, a fim de, evitar a contaminação do grupo de controle com os possíveis transbordamentos (*spillovers*) dos efeitos da ferrovia.

Na **Figura 1**, portanto, é possível visualizar a distribuição espacial dos municípios selecionados para compor as unidades de tratamento deste estudo, de acordo com os critérios estipulados. Pode-se perceber que todas as unidades de tratamento, representadas em destaque verde, estão diretamente ligadas pela linha em vermelho que representa a FNS.

Figura 1 – Seleção dos municípios tratados



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os polos de cargas existentes ao longo da FNS são centros responsáveis pela transferência de cargas e serviços logísticos VALEC (2021). Segundo Castilho e Arrais (2017), haviam, até o ano de 2014, três polos de cargas em operação ao longo da FNS no Estado do Maranhão (Açailândia, Imperatriz e Porto Franco). No Estado do Tocantins havia três em operação (Palmeirante, Guaraí e Porto Nacional) e, três em instalação (Gurupi, Araguaína e Aguiarnópolis). Já no Estado do Goiás havia quatro polos em instalação (Porangatu, Uruaçu, Santa Isabel e Jaraguá). Vale ressaltar que os municípios de Açailândia (MA) e Imperatriz (MA) não foram considerados no estudo, pois os trechos foram inaugurados em 1989 e 2002, respectivamente, não sendo contemplado na base de dados o período anterior ao investimento para a estimação do método.

Na **Tabela 1** encontra-se a relação dos 11 municípios que foram contemplados com a construção da FNS até o ano de 2014, ordenados de acordo com o ano de inauguração do trecho específico da ferrovia. Dessa forma, o ano do choque considerado na estimação para cada município é equivalente ao ano que cada trecho foi inaugurado.

Tabela 1 – Unidades de tratamento e ano do choque

	Unidades Tratadas	Ano da Instalação (Choque)	Polos de Carga
MA	Porto Franco	2007	Operação
TO	Aguiarnópolis	2007	Instalação
	Araguaína	2008	Instalação
	Palmeirante	2010	Operação
	Guaraí	2010	Operação
	Porto Nacional	2010	Operação
	Gurupi	2014	Instalação
GO	Porangatu	2014	Instalação
	Uruaçu	2014	Instalação
	Santa Isabel	2014	Instalação
	Jaraguá	2014	Instalação

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considera-se a ocorrência de dois momentos distintos de choques da FNS, após a retomada das obras com o PAC. O primeiro, até o ano de 2010, com a entrega do trecho que vai de Açailândia (MA) até Porto Nacional (TO) e o segundo, a partir do ano de 2014, com a entrega do trecho que vai de Porto Nacional (TO) até Jaraguá (GO). No entanto, para os municípios de Porto Franco (MA) e Arguiarnópolis (TO) considerou-se 2007 como o ano do choque e para o município de Araguaína (TO) considerou-se 2008, uma vez que foram os anos de inauguração da ferrovia nessas unidades tratadas.

Já na **Tabela 2** estão expostas as principais características dos municípios tratados. Constata-se que, em média, o município de maior PIB *per capita* e renda média, entre os anos de 2002 e 2019, é Gurupi (TO). O município ainda apresenta a segunda maior população estimada, dentre as unidades selecionadas de tratamento, e também o segundo maior nível de emprego formal, ficando atrás apenas do município de Araguaína (TO) que apresenta a maior população e a maior quantidade de emprego formal. De maneira geral, os municípios listados apresentam características muito diversas entre si e, portanto, o método de controle sintético foi aplicado individualmente para cada unidade.

Tabela 2 – Municípios de tratamento: Valores Médios do Emprego, Renda, População estimada e PIB *per capita* - período 2002 a 2019

UF Município	Emprego Formal	Renda Média	População estimada	PIB <i>Per capita</i>
MA Porto Franco	1.508	1.087,00	22.078	6.972
TO Araguaína	677	974,30	4.543	9.452
TO Araguaína	19.124	1.166,10	134.770	9.408
TO Guaraí	2.039	1.076,50	22.219	8.250
TO Gurupi	10.570	1.194,10	73.623	10.188
TO Palmeirante	262	957,40	4.521	7.296
TO Porto Nacional	5.691	1.184,20	47.801	8.172
GO Jaraguá	4.250	914,60	38.437	6.101
GO Porangatu	4.345	1.023,90	41.778	6.865
GO Santa Isabel	316	897,70	3.621	8.298
GO Uruaçu	3.837	1.092,40	36.060	7.315

Fonte: Elaborado pelos autores com base em RAIS e IBGE.

As regressões para a unidade tratada do Estado do Maranhão foram estimadas com dados de 197 municípios do Maranhão, 55 municípios do Estado de Tocantins e 172 municípios do Estado de Goiás. Já para as regressões estimadas para as unidades tratadas do Tocantins e do Goiás desconsiderou-se todos os municípios do Maranhão como controles, uma vez que, os municípios do Maranhão são muito discrepantes, em termos de características pré tratamento, dos municípios tratados dos Estados do Tocantins e do Goiás. Todas as estimativas foram realizadas utilizando o *software* R. A confiança nos resultados do estimador de controle sintético pode ser alcançada quando for possível atingir um bom ajuste de pré-tratamento e a medida que cresce o número de períodos pré-intervenção, ou seja, aumentando o T_0 , como é o caso das simulações realizadas neste estudo (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010; BOTOSARU; FERMAN, 2019).

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação de Impacto sobre o Mercado de Trabalho

Nesta primeira avaliação, utilizou-se o emprego total no mercado de trabalho formal por município como variável dependente. Como preditores⁴ considerou-se a própria variável dependente defasada, além das variáveis socioeconômicas já informadas. Cabe destacar que a utilização da variável dependente como preditor é justificada por Hahn e Shi (2017) para reduzir o problema de omissão de eventuais preditores importantes, já que inclui os efeitos de quaisquer variáveis preditoras.

Foi construído um município sintético de cada município considerado tratado, a partir da combinação convexa de municípios do *pool* de doadores que mais se assemelhava a cada unidade tratada em termos de valores pré-tratamento dos preditores. Em outras palavras, encontrou-se a estimação de um vetor de pesos (W) para cada grupo de controle⁵ capaz de replicar a trajetória do grupo de tratamento caso não houvesse o tratamento. Esse vetor representa um controle sintético específico e é composto pelos pesos estimados de cada município no *pool* de doadores. Os resultados exibidos nas **Tabelas 3, 4 e 5** comparam as características de pré-tratamento dos municípios reais, dos municípios sintéticos, bem como da média do *pool* de doadores.

De maneira geral, percebe-se que a média dos municípios que não receberam a intervenção da FNS entre 2007 e 2014 não parece fornecer um grupo de controle adequado para os municípios reais. Em contraste, os municípios sintéticos reproduzem com maior precisão os valores que as variáveis preditoras tinham nos municípios reais antes do tratamento. Por exemplo, é verificado na **Tabela 3** que, antes do tratamento, os valores de alguns preditores foram bem menores na unidade real do que o observado para a média do *pool* de doadores. Esse é o caso das variáveis população, imposto, emprego total e capital humano. No entanto, os valores desses preditores na unidade sintética ficaram bem mais próximos aos valores reais.

As características pré-tratamento dos municípios tratados do Estado do Tocantins estão expostas na **Tabela 4** e é possível inferir que os municípios Araguaína, Porto Nacional e Gurupí, por exemplo, apresentam alguns preditores para as unidades reais com valores muito extremos quando comparados com os valores médios do *pool* de doadores. Esse caso é facilmente observado para os preditores população, arrecadação de imposto, emprego total e capital humano,

⁴Variáveis que poderiam ajudar a prever o comportamento da variável de interesse em cada município.

⁵Grupo de controle representa um grupo de comparação estatisticamente idêntico, que não será afetado pela intervenção e possibilitará estimar o resultado contrafactual, ou seja, o resultado que deveria ter ocorrido para o grupo de tratamento caso ele não tivesse recebido a intervenção (GERTLER *et al.*, 2018).

Tabela 3 – Características Pré-Tratamento – Unidade Tratada do Maranhão

Preditores	Real	Sintético	Controles
	Porto Franco (MA)		
População	17,821.43	17,549.90	20,479.80
PIB <i>Per capita</i>	4.67	4.67	5.46
Imposto	731,608.27	676,867.23	893,932.16
Renda Total	488.27	488.25	475.38
Emprego Total	992.71	1,009.00	1,601.23
% Criança na escola	0.92	0.92	0.91
% 18 anos Ensino Fund.	0.26	0.26	0.20
% 25 anos Ensino fund.	0.20	0.20	0.17
Analfabetismo 25 anos	0.31	0.31	0.34
Mortalidade Infantil	0.39	0.39	0.40
IDH Longevidade	0.69	0.69	0.69
Energia Elétrica	0.84	0.84	0.78
Água Encanada	0.48	0.48	0.48
Capital Humano	864,992.44	919,123.88	1,059,334.34

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Tocantins

Preditores	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
	Aguaiarópolis (TO)			Araguaína (TO)		
População	3,505.86	5,382.39	13,268.41	122,193.00	105,990.91	13,491.70
PIB <i>Per capita</i>	7.75	8.20	7.99	8.64	12.29	8.91
Imposto	257,323.87	384,193.94	758,160.69	8,867,523.60	9,933,726.41	925,735.64
Renda Total	386.57	417.78	1,360.18	676.97	673.31	577.64
Emprego Total	666.17	665.65	519.89	17,268.43	17,231.33	1,472.31
% Criança na escola	0.93	0.93	0.93	0.94	0.93	0.93
% 18 anos Ensino Fund.	0.18	0.19	0.24	0.41	0.39	0.24
% 25 anos Ensino Fund.	0.13	0.13	0.20	0.36	0.35	0.20
Analfabetismo 25 anos	0.36	0.37	0.25	0.18	0.16	0.25
Mortalidade Infantil	0.44	0.45	0.30	0.35	0.24	0.30
IDH Longevidade	0.67	0.67	0.74	0.71	0.79	0.74
Energia Elétrica	0.83	0.76	0.86	0.95	0.97	0.86
Água Encanada	0.34	0.39	0.72	0.73	0.88	0.72
Capital Humano	152,633.28	229,954.86	750,709.66	8,135,312.05	6,768,263.94	750,709.66
Palmeirante (TO)			Guaraí (TO)			
População	4,036.33	7,076.76	13,471.27	21,637.75	21,730.30	13,822.18
PIB <i>Per capita</i>	7.30	7.22	8.97	8.59	8.52	10.41
Imposto	872,295.70	563,845.00	941,741.03	1,553,189.45	1,658,112.88	1,213,535.53
Renda Total	314.78	329.56	1,478.14	716.18	716.26	681.57
Emprego Total	601.04	579.78	613.45	2,043.60	1,981.29	1,539.53
% Criança na escola	0.77	0.88	0.95	0.97	0.97	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.20	0.22	0.33	0.43	0.43	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.17	0.18	0.29	0.38	0.38	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.32	0.33	0.22	0.18	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.36	0.35	0.23	0.24	0.24	0.23
IDH Longevidade	0.71	0.71	0.78	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.57	0.56	0.91	0.94	0.94	0.91
Água Encanada	0.42	0.48	0.82	0.82	0.83	0.82
Capital Humano	134,416.74	257,951.94	750,709.66	1,351,708.16	1,339,091.37	750,709.66
Porto Nacional (TO)			Gurupi (TO)			
População	47,003.67	50,169.92	15,154.30	73,759.14	85,342.16	14,087.85
PIB <i>Per capita</i>	8.63	8.82	10.24	10.64	11.38	10.63
Imposto	6,281,093.94	5,535,234.18	1,336,532.46	7,076,349.91	8,012,797.11	1,400,660.80
Renda Total	795.93	783.57	707.41	933.46	890.19	808.90
Emprego Total	6,139.31	5,038.21	1,689.43	11,699.43	11,634.46	1,788.88
% Criança na escola	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.50	0.48	0.33	0.55	0.49	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.44	0.43	0.28	0.51	0.44	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.16	0.15	0.22	0.11	0.12	0.22
Mortalidade Infantil	0.25	0.25	0.24	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.77	0.77	0.81	0.82	0.78
Energia Elétrica	0.93	0.95	0.90	0.98	0.99	0.91
Água Encanada	0.81	0.85	0.81	0.91	0.93	0.82
Capital Humano	3,250,964.61	2,952,871.81	789,926.78	5,222,625.25	4,923,178.10	750,709.66

Fonte: Elaborado pelos autores.

em que, os respectivos valores expostos para as unidades reais são muito superiores aos apresentados pelas médias das unidades de controles. Por outro lado, os municípios de Aguiarnópolis e Palmeirante apresentam os valores reais médios de variáveis como população, renda total e capital humano muito inferiores aos apresentados pelo conjunto de unidades de controle. No entanto, nas respectivas unidades contrafactuais percebe-se uma maior similaridade dos valores médios das variáveis preditoras quando comparadas com os valores apresentados pelas unidades reais.

O mesmo ocorre nos municípios Porangatu, Uruaçu e Jaraguá (**Tabela 5**). Ou seja, os valores extremos dos preditores população, arrecadação de imposto, renda total e capital humano, que neste caso foram bem superiores nas unidades reais do que observado nas médias do *pool* de doadores, foram consideravelmente ajustados nas respectivas unidades sintéticas. Da mesma forma, se obtém uma maior semelhança entre os valores reais e os valores sintéticos das variáveis preditoras no município de Santa Isabel.

Tabela 5 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Goiás

Preditores	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
	Porangatu (GO)			Uruaçu (GO)		
População	41,077.13	42,453.42	13,957.95	35,142.64	36,874.70	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	6.87	7.24	10.16	7.70	8.50	10.55
Imposto	3,008,828.51	3,059,142.27	1,324,419.50	3,253,898.96	3,302,134.85	1,406,735.67
Renda Total	4,583.53	4,564.30	1,730.59	4,221.50	4,200.45	1,796.55
Emprego Total	786.02	788.67	808.90	826.56	824.73	808.58
% Criança na escola	0.97	0.97	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.41	0.41	0.33	0.41	0.41	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.36	0.36	0.29	0.36	0.36	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.17	0.17	0.22	0.17	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.19	0.19	0.23	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.80	0.80	0.78	0.82	0.81	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.97	0.97	0.91
Água Encanada	0.88	0.88	0.82	0.86	0.86	0.82
Capital Humano	2,752,303.36	2,649,926.09	750,709.66	2,249,985.45	2,204,880.46	754,006.11
	Santa Isabel (GO)			Jaraguá (GO)		
População	3,530.55	4,226.04	13,754.92	39,503.79	38,999.02	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	8.72	8.65	10.55	6.34	8.11	10.55
Imposto	871,622.48	571,355.90	1,188,979.30	3,147,867.72	3,329,606.57	1,406,735.67
Renda Total	315.09	575.93	1,612.34	4,982.86	4,578.33	1,796.55
Emprego Total	683.00	686.77	808.58	666.57	668.04	808.58
% Criança na escola	0.98	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.34	0.33	0.33	0.35	0.35	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.20	0.20	0.22	0.16	0.20	0.22
Mortalidade Infantil	0.22	0.23	0.23	0.22	0.22	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.98	0.97	0.91
Água Encanada	0.92	0.91	0.82	0.90	0.87	0.82
Capital Humano	217,925.12	235,722.02	754,006.11	2,002,033.99	1,993,388.89	754,006.11

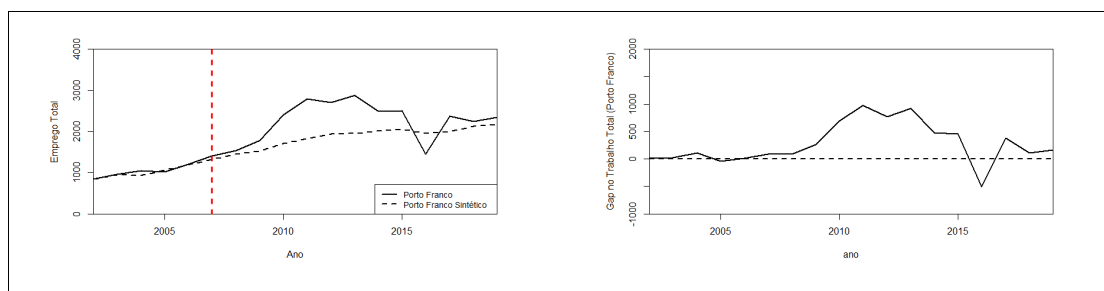
Fonte: Elaborado pelos autores.

As **Figuras 2, 3 e 4** exibem as trajetórias reais do emprego para cada um dos municípios tratados (linha cheia) e a sua contraparte sintética (linha tracejada) durante o período de 2001 a 2019. Percebe-se que em todos os casos as trajetórias do emprego dos municípios sintéticos acompanham de perto a trajetória dos respectivos municípios reais, nos períodos anteriores aos choques. Alinhado ao considerável grau de equilíbrio da maioria dos preditores utilizados (**Tabelas 3, 4 e 5**), isso sugere que os municípios sintéticos apresentados fornecem uma aproximação sensata do número de emprego formal que existiria em cada município, no período pós-tratamento, na ausência da FNS. Em outras palavras, a evolução dos resultados para o grupo de controle sintético resultante é uma boa estimativa do contrafactual do que teria sido observado em cada unidade tratada na ausência da intervenção.

A estimativa do efeito da FNS sobre o emprego formal em cada um dos municípios apresentados é a diferença entre o valor efetivamente observado do emprego formal nos municípios e suas versões sintéticas após o choque da FNS. Em Porto Franco (MA), conforme **Figura 2**, observa-se que imediatamente após o choque da FNS, no ano de 2007, as duas linhas começaram a divergir visivelmente. Enquanto o emprego em Porto Franco sintético continuou com uma tendência de alta moderada, o município de Porto Franco real apresentou uma alta mais acentuada, até aproximadamente, o ano de 2013. No gráfico do Gap esse resultado é evidente, em que a lacuna entre as duas linhas sinaliza o efeito da FNS sobre o emprego formal entre os anos de 2007 e 2019. Nesse período o emprego formal aumentou, em média, em 376 unidades. O maior período de crescimento é percebido entre os anos de 2011 e 2013, em que o emprego formal cresceu, em média, 890 unidades, sendo que o ano de 2011 apresentou o maior registro de aumento, cerca de 980 novos empregos. No entanto, constata-se também que esse efeito reduziu com o tempo, a partir

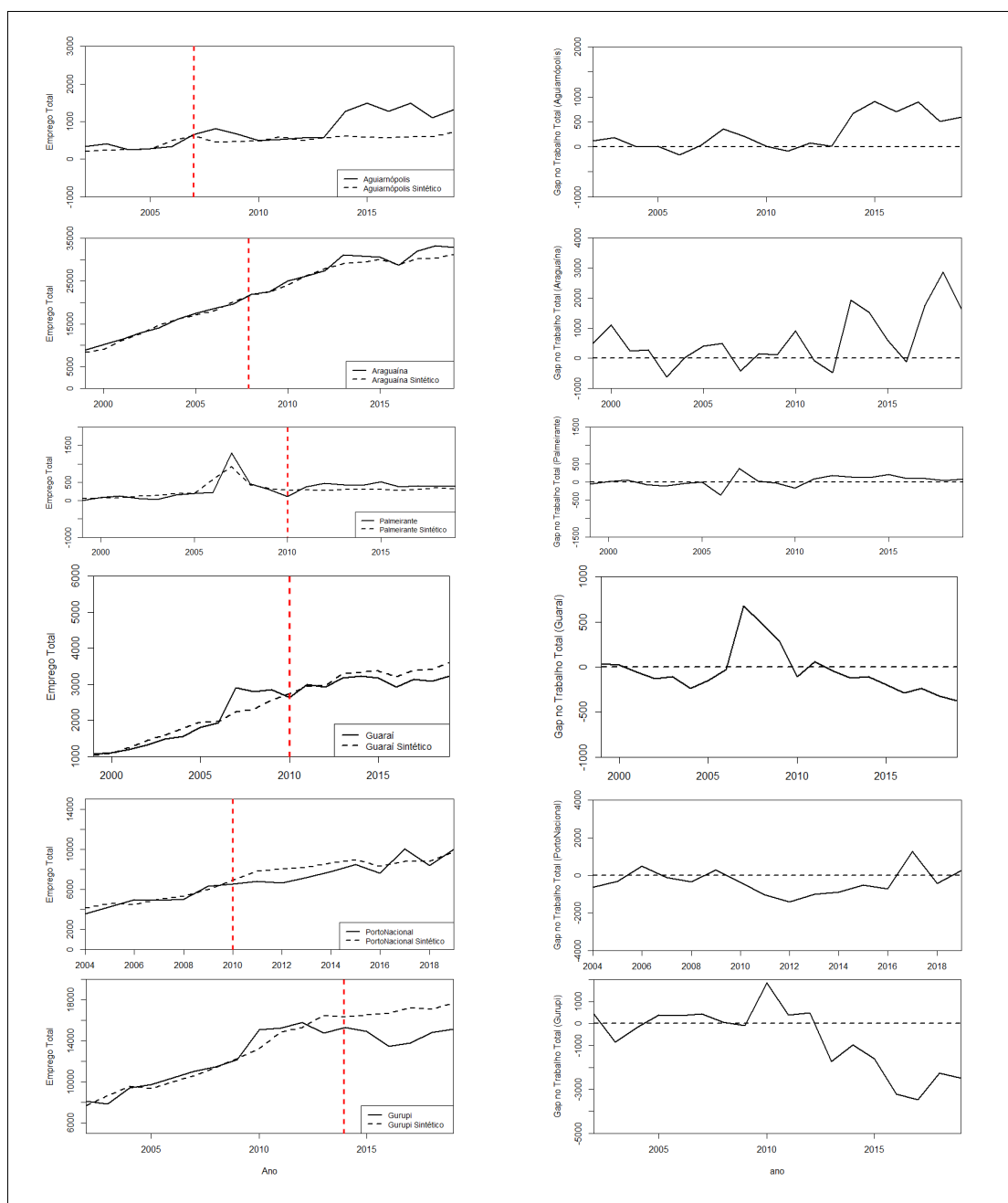
do ano de 2013 e o emprego apresentou um crescimento médio entre 2014 e 2019 da ordem de 182 unidades.

Figura 2 – Trajetória e GAP do emprego no município tratado do Maranhão



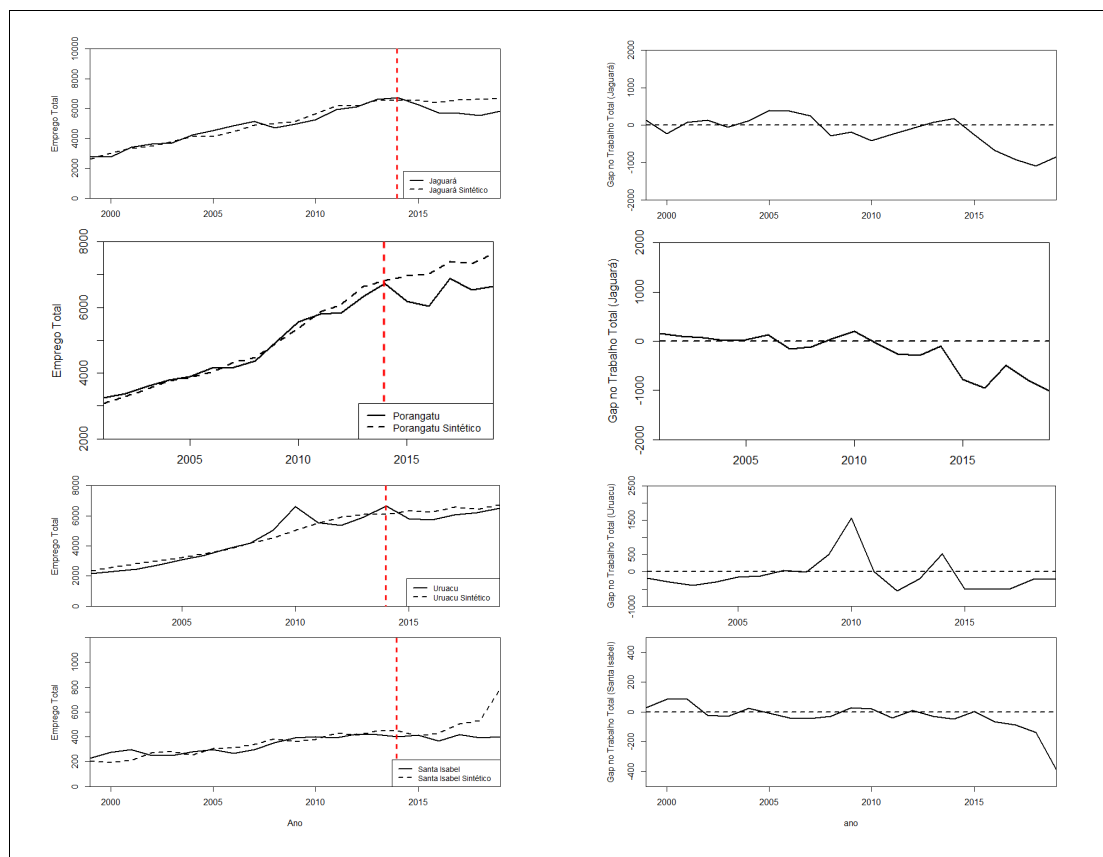
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do pacote *synth* para o *software R*

Figura 3 – Trajetórias e GAPs do emprego nos municípios tratados do Tocantins



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do pacote *synth* para o *software R*

Figura 4 – Trajetórias e GAPS do emprego nos municípios tratados do Goiás



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do pacote *synth* para o *software* R

A mesma lógica de análise realizada para a **Figura 2** é aplicada aos municípios do Estado do Tocantins, expostos na **Figura 3**. No entanto, percebe-se que o efeito da FNS sobre o emprego foi claramente positivo em três municípios (Aguiarnópolis, Araguaína e Palmeirante) e claramente negativo em dois deles (Guaraí e Gurupi). No município de Aguiarnópolis (TO), que sofreu o choque da intervenção no ano de 2007, é possível verificar um efeito positivo médio de 329 empregos, no período de 2007 a 2019, sendo o maior registro observado no ano de 2017 em que foram geradas 852 unidades de emprego formal. Ao longo das duas trajetórias (Aguiarnópolis real e Aguiarnópolis sintética) verifica-se um distanciamento moderado entre as duas linhas no período de 2007 a 2009, e outro distanciamento mais expressivo entre 2014 e 2017. No primeiro caso, foi registrado um aumento médio de, aproximadamente, 131 novos empregos. Já no segundo período, constatou-se um impacto médio de 766 novos empregos.

Araguaína (TO) foi o município que apresentou o maior efeito positivo da intervenção, registrando entre 2008 (ano do choque) e 2019 um aumento médio de 898 unidades de emprego formal, sendo que o maior registro se deu no ano de 2018 com 2.863 novos empregos. Já o município de Palmeirante (TO) recebeu a intervenção da ferrovia no ano de 2010 e apresentou em sua trajetória até 2019 um impacto também positivo, embora menor, cerca de 89 novos empregos foram gerados em média. O maior aumento ocorreu no ano de 2015 onde foram criadas 205 unidades de emprego formal.

Guaraí (TO) é um exemplo de município que apresentou efeito negativo da FNS sobre o emprego após o choque ocorrido em 2010. Claramente, se observa o distanciamento entre as duas trajetórias, principalmente a partir do ano de 2012 e, por meio do gráfico ao lado, que sinaliza o gap existente entre o grupo sintético e a unidade tratada, é possível verificar que o emprego caiu, paulatinamente, entre o período de 2012 a 2019. Em média, observou-se uma redução de 175 unidades de emprego, desde o momento do choque até o ano de 2019, sendo que a maior redução ocorreu em 2019, ano que o emprego apresentou queda de 375 unidades.

Outro município do Estado de Tocantins que registrou queda do emprego formal foi Gurupi (TO). No entanto, diferentemente dos demais municípios, o choque neste caso ocorreu no ano de 2014 e, portanto, vale ressaltar que o período de exposição ao tratamento é menor, não sendo, talvez, suficiente para que o município tenha absorvido de fato os impactos positivos da ferrovia. Aqui, a redução média do emprego, entre 2014 e 2019 foi de 2.336 unidades, destacando o ano de 2017 como o de maior diferença entre as trajetórias de emprego real e sintética, sinalizando a

redução de cerca de 3.462 unidades de emprego.

Em relação ao município de Porto Nacional, embora se observa um período de seis anos de queda do nível do emprego entre o ano do choque, 2010, e o ano de 2016, chegando em média à uma redução de 775 unidades de emprego no período, destaca-se uma possível reversão dessa trajetória de queda nos últimos anos registrados. No gráfico do gap pode-se ver que ocorre uma elevação do emprego no ano de 2017 e também no ano de 2019 com aumentos, respectivos, de 1.345 e 503 unidades.

Já na **Figura 4**, estão expostas as trajetórias do emprego dos municípios tratados do Estado de Goiás, bem como os seus respectivos gaps. Os resultados indicam que após o choque da FNS, ocorrido no ano de 2014, houve queda no número de emprego formal em todos esses municípios nesse primeiro momento. Assim, no período entre 2014 e 2019, os municípios de Jaguará e Porangatu registraram as maiores reduções médias no nível de emprego formal na ordem de 606 unidades e 618 unidades, respectivamente. Em Uruaçu e Santa Isabel a redução no nível de emprego foi um pouco menor, sendo em média de 236 e 119 unidades no mesmo período.

Destaca-se que, assim como ocorrido no município de Gurupi (TO), os choques realizados nos quatro municípios goianos se deram no ano de 2014 e, portanto, espera-se que seja necessário um tempo maior de exposição à finalização das obras para que os efeitos positivos da ferrovia sobre o nível de emprego formal efetivamente ocorram em cada município.

De maneira geral, os resultados apontam que os municípios de Porto Franco (MA), Aguiarnópolis (TO) e Araguaína (TO) que tiveram as obras da FNS concluídas até o ano de 2008 registraram aumento no nível de emprego formal. Mas, aqueles municípios que tiveram a implantação da FNS concluída a partir de 2014 apresentaram impactos negativos sobre o mercado de trabalho, com a redução do número de empregos formais.

4.2 Avaliação de Impacto sobre a Renda

Na avaliação realizada para estimar o impacto da FNS sobre a renda média dos trabalhadores formais utilizou-se a renda média no mercado de trabalho formal por município como variável dependente. Como preditores considerou-se a própria variável dependente defasada e o emprego no mercado de trabalho formal, além das variáveis socioeconômicas consideradas na avaliação anterior. As variáveis previsoras estimadas nos contrafactuais sintéticos apresentam-se, de forma geral, bem mais próximas dos valores reais do que os valores médios do *pool* de municípios doadores, ou seja, dos valores médios para todos os municípios que não receberam a intervenção da FNS. Os resultados são exibidos nas **Tabelas 6, 7 e 8** que mostram a comparação das características de pré-tratamento de cada município real com as dos respectivos municípios sintéticos, bem como com a média dos municípios de controles.

Em algumas variáveis como população, Renda Total, Emprego e Capital Humano é mais clara a constatação do melhor ajuste dos previsores contrafactuais com os respectivos valores verdadeiros, quando comparado com a média do *pool* de municípios doadores. Em particular, é possível ver na **Tabela 6**, que as variáveis população, PIB *per capita*, arrecadação de impostos, emprego total e capital humano eram maiores com a média dos municípios de controle de Porto Franco do que em Porto Franco real. Por outro lado, os valores estimados com as unidades que compõe o município sintético foram bem mais parecidos com os valores observados em Porto Franco real.

Tabela 6 – Características Pré-Tratamento – Unidade Tratada do Maranhão

Preditores	Real	Sintético	Controles
	Porto Franco (MA)		
População	18,084.80	17,987.82	20,805.08
PIB <i>Per capita</i>	5.70	5.70	6.04
Imposto	944,097.29	929,695.07	1,054,799.40
Renda Total	521.09	521.09	518.28
Emprego Total	1,127.00	1,145.63	1,710.07
% Criança na escola	0.92	0.92	0.91
% 18 anos Ensino Fund.	0.26	0.26	0.20
% 25 anos Ensino fund.	0.20	0.20	0.17
Analfabetismo 25 anos	0.31	0.31	0.34
Mortalidade Infantil	0.39	0.39	0.40
IDH Longevidade	0.69	0.69	0.69
Energia Elétrica	0.84	0.84	0.78
Água Encanada	0.48	0.48	0.48
Capital Humano	864,992.44	871,100.87	1,059,334.34

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como exposto na **Tabela 7**, municípios reais como Araguaína, Porto Nacional e Gurupi, apresentaram os valores das variáveis preditoras população, arrecadação de imposto, emprego total e capital humano substancialmente maiores do que os valores observados utilizando as médias dos municípios de controle, diferentemente dos valores observados para os respectivos municípios sintéticos que apresentam valores bem mais semelhantes aos valores das variáveis reais. Da mesma forma, é verificado que os valores estimados dos municípios sintéticos de Aguiarnópolis, Palmeirante e Guaraí são mais próximos dos valores médios das suas respectivas unidades reais do que os valores médios apresentados pelas unidades de controle.

Tabela 7 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Tocantins

Preditores	Agiarnópolis (TO)			Araguaína (TO)		
	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
População	3,505.86	5,754.44	13,268.41	122,193.00	105,990.91	13,491.70
PIB <i>Per capita</i>	7.75	8.48	7.99	8.64	12.29	8.91
Imposto	257,323.87	315,243.22	758,160.69	8,867,523.60	9,933,726.41	925,735.64
Renda Total	666.17	652.13	519.89	676.97	673.31	577.64
Emprego Total	386.57	397.11	1,360.18	17,268.43	17,231.33	1,472.31
% Criança na escola	0.93	0.93	0.93	0.94	0.93	0.93
% 18 anos Ensino Fund.	0.18	0.19	0.24	0.41	0.39	0.24
% 25 anos Ensino fund.	0.13	0.14	0.20	0.36	0.35	0.20
Analfabetismo 25 anos	0.36	0.37	0.25	0.18	0.16	0.25
Mortalidade Infantil	0.44	0.45	0.30	0.35	0.24	0.30
IDH Longevidade	0.67	0.67	0.74	0.71	0.79	0.74
Energia Elétrica	0.83	0.80	0.86	0.95	0.97	0.86
Água Encanada	0.34	0.39	0.72	0.73	0.88	0.72
Capital Humano	152,633.28	242,308.38	750,709.66	8,135,312.05	6,768,263.94	750,709.66
Palmeirante (TO)			Guaraí (TO)			
População	4,088.50	4,624.45	13,589.09	21,637.75	21,730.30	13,822.18
PIB <i>Per capita</i>	7.87	8.90	9.44	8.59	8.52	10.41
Imposto	979,319.28	710,805.02	1,020,544.32	1,553,189.45	1,658,112.88	1,213,535.53
Renda Total	601.04	676.94	613.45	716.18	716.26	681.57
Emprego Total	338.63	367.23	1,532.45	2,043.60	1,981.29	1,539.53
% Criança na escola	0.60	0.88	0.93	0.97	0.97	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.09	0.13	0.24	0.43	0.43	0.33
% 25 anos Ensino fund.	0.08	0.10	0.20	0.38	0.38	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.39	0.37	0.25	0.18	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.45	0.45	0.30	0.24	0.24	0.23
IDH Longevidade	0.66	0.66	0.74	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.33	0.41	0.86	0.94	0.94	0.91
Água Encanada	0.06	0.19	0.72	0.82	0.83	0.82
Capital Humano	134,416.74	179,276.80	750,709.66	1,351,708.16	1,339,091.37	750,709.66
Porto Nacional (TO)			Gurupi (TO)			
População	47,003.67	50,169.92	15,154.30	73,759.14	79,174.26	14,087.85
PIB <i>Per capita</i>	8.63	8.82	10.24	10.64	11.38	10.63
Imposto	6,281,093.94	5,535,234.18	1,336,532.46	7,076,349.91	8,012,797.11	1,400,660.80
Renda Total	795.93	783.57	707.41	933.46	890.19	808.90
Emprego Total	6,139.31	5,038.21	1,689.43	11,699.43	11,634.46	1,788.88
% Criança na escola	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.50	0.48	0.33	0.55	0.49	0.33
% 25 anos Ensino fund.	0.44	0.43	0.28	0.51	0.44	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.16	0.15	0.22	0.11	0.12	0.22
Mortalidade Infantil	0.25	0.25	0.24	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.77	0.77	0.81	0.82	0.78
Energia Elétrica	0.93	0.95	0.90	0.98	0.99	0.91
Água Encanada	0.81	0.85	0.81	0.91	0.93	0.82
Capital Humano	3,250,964.61	2,952,871.81	789,926.78	5,222,625.25	4,923,178.10	750,709.66

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na **Tabela 8** constata-se que o município de Santa Isabel apresentou grande discrepância entre os valores reais de variáveis preditoras como população, emprego total, arrecadação de imposto e capital humano e os respectivos valores apresentados pelas unidades de controle. Ou seja, os valores dessas variáveis foram bem inferiores na unidade real do que os apresentados pelos municípios de controle. Já nos municípios de Porangatu, Uruaçu e Jaraguá tem-se também a ocorrência de valores extremos entre variáveis expostas nas unidades reais e nas unidades de controle, embora, neste caso, os valores estimados pelas unidades de controle que são bem inferiores aos apresentados pelas unidades reais. Os resultados, portanto, mostram como os estimadores de controle sintético apresentaram-se mais ajustados com as regiões expostas à intervenção do que os valores médios dos municípios do *pool* de doadores dessas regiões. Com isso, conforme King e Zeng (2006), o método de controle sintético protegeu contra a estimativa de “contrafactuais extremos”.

Tabela 8 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Goiás

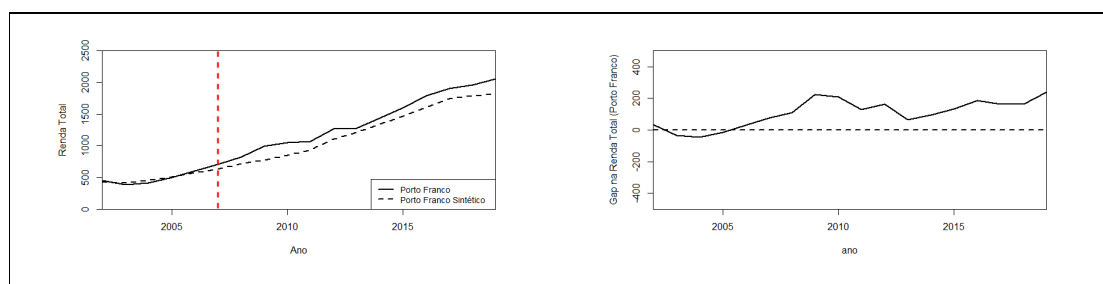
Preditores	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
	Porangatu (GO)			Uruaçu (GO)		
População	40,970.89	41,317.98	14,152.38	35,142.64	36,818.16	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	8.04	8.36	12.00	7.32	7.66	10.09
Imposto	4,076,364.09	4,082,300.38	1,633,272.48	3,253,898.96	3,285,772.74	1,406,735.67
Renda Total	793.57	865.06	808.57	826.56	823.62	808.58
Emprego Total	4,814.31	4,817.29	1,846.21	4,221.50	4,188.87	1,796.55
% Criança na escola	0.97	0.97	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.41	0.41	0.33	0.41	0.41	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.36	0.37	0.29	0.36	0.36	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.17	0.17	0.22	0.17	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.19	0.19	0.23	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.80	0.80	0.78	0.82	0.81	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.97	0.97	0.91
Água Encanada	0.88	0.88	0.82	0.86	0.86	0.82
Capital Humano	2,752,303.36	2,711,638.52	750,709.66	2,249,985.45	2,191,496.07	754,006.11
Santa Isabel (GO)			Jaraguá (GO)			
População	3,530.55	3,507.88	13,754.92	39,503.79	39,501.72	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	8.30	7.06	10.09	6.10	7.79	10.09
Imposto	871,622.48	403,012.76	1,188,979.30	3,147,867.72	3,184,406.97	1,406,735.67
Renda Total	559.51	591.85	662.95	666.57	766.09	808.58
Emprego Total	332.33	335.06	1,738.03	4,835.93	4,833.83	1,738.03
% Criança na escola	0.98	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.34	0.34	0.33	0.35	0.35	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.20	0.20	0.22	0.16	0.17	0.22
Mortalidade Infantil	0.22	0.23	0.23	0.22	0.21	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.98	0.97	0.91
Água Encanada	0.92	0.91	0.82	0.90	0.90	0.82
Capital Humano	217,925.12	213,622.67	754,006.11	2,002,033.99	2,002,619.27	754,006.11

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, é possível verificar, nas **Figuras 5, 6 e 7**, a trajetória da renda no mercado de trabalho formal, bem como o gap da renda para cada município avaliado neste estudo, em outras palavras, o impacto da FNS sobre a renda média dos trabalhadores das unidades que receberam a intervenção.

Tomando como referência o município de Porto Franco - MA, exibido na **Figura 5**, observa-se que após a inauguração desse trecho da FNS, ano de 2007, a trajetória real (linha cheia) e a trajetória sintética (linha tracejada) ficaram mais afastadas. No período de 2007 e 2019 houve um acréscimo médio de, aproximadamente R\$150 reais na renda média dos trabalhadores no mercado de trabalho formal em comparação com o seu grupo sintético. O maior aumento foi de R\$239 reais, e ocorreu no ano de 2019, onde a renda média em Porto Franco sintético (que representa o valor da renda na ausência da intervenção) foi da ordem de R\$1.821 reais e em Porto Franco real foi de R\$2.060 reais.

Figura 5 – Trajetória e GAP da renda do município tratado do Maranhão

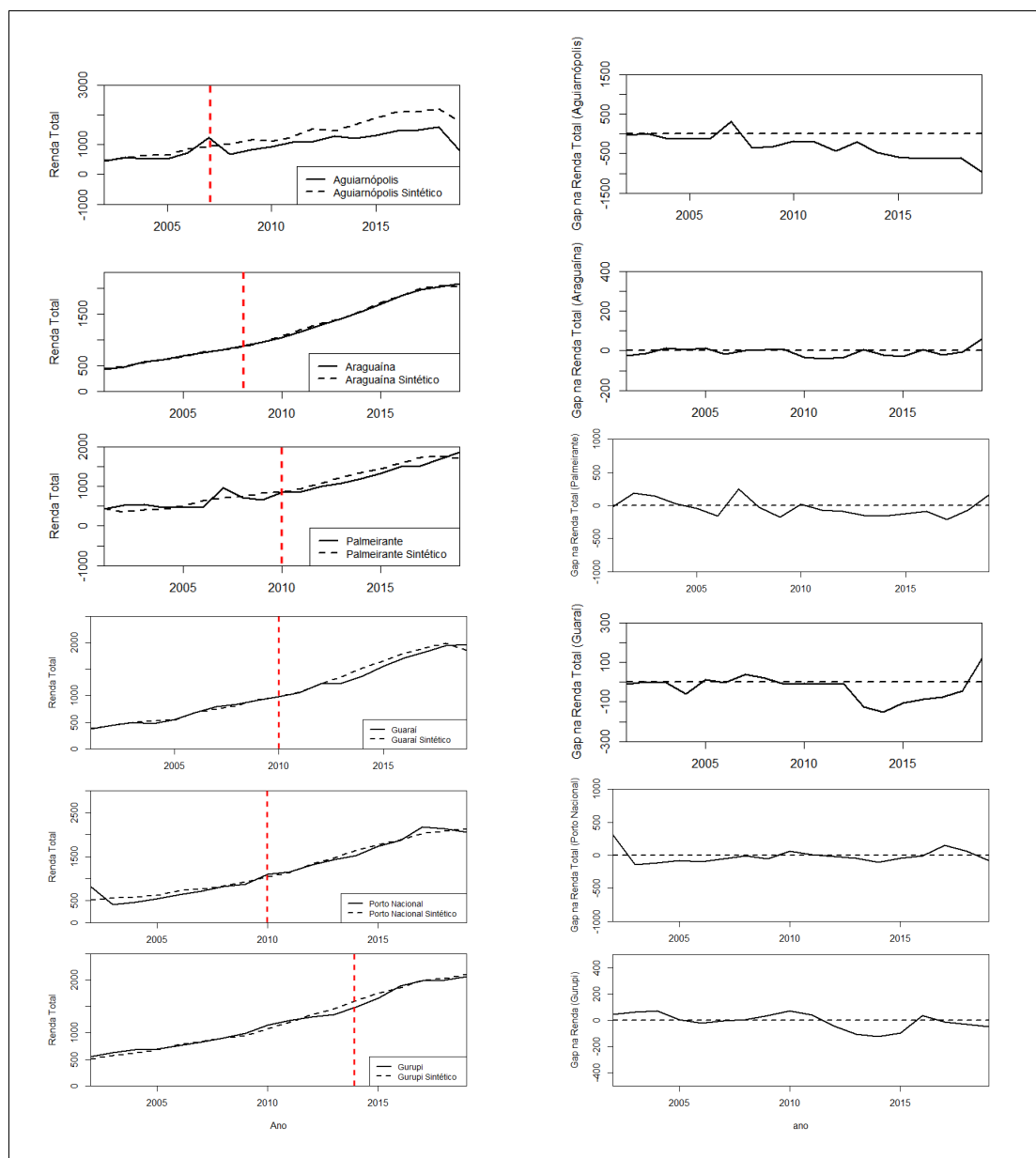


Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do pacote *synth* para o *software* R

Os resultados na trajetória da renda para os municípios do Estado do Tocantins apontaram, de maneira geral, para pequenos impactos negativos na renda média no mercado de trabalho formal (**Figura 6**). O município de Aguiarnópolis, que recebeu o choque no ano de 2007, apresentou a maior redução da renda média ao longo do período de 2007 e 2019, sendo de R\$406 reais. Já Guaraí e Palmeirante, que receberam a intervenção no ano de 2010, apresentaram em média redução na renda dos trabalhadores no período de 2010 a 2019 de, respectivamente, R\$50 reais e R\$80 reais. Mas, vale destacar que, no ano de 2019, ambos os municípios registraram aumento da renda média, sendo de R\$121 reais em Guaraí e de R\$155 em Palmeirante. Este movimento de alta da renda média observada no ano de 2019 também ocorreu

em Araguaína, que embora não apresentou efeito expressivo sobre a renda no período de 2008 (ano do choque) e 2019, registrou neste último ano, uma elevação da renda média em R\$58 reais.

Figura 6 – Trajetórias e GAPS da renda dos municípios tratados do Tocantins



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do pacote *synth* para o *software* R

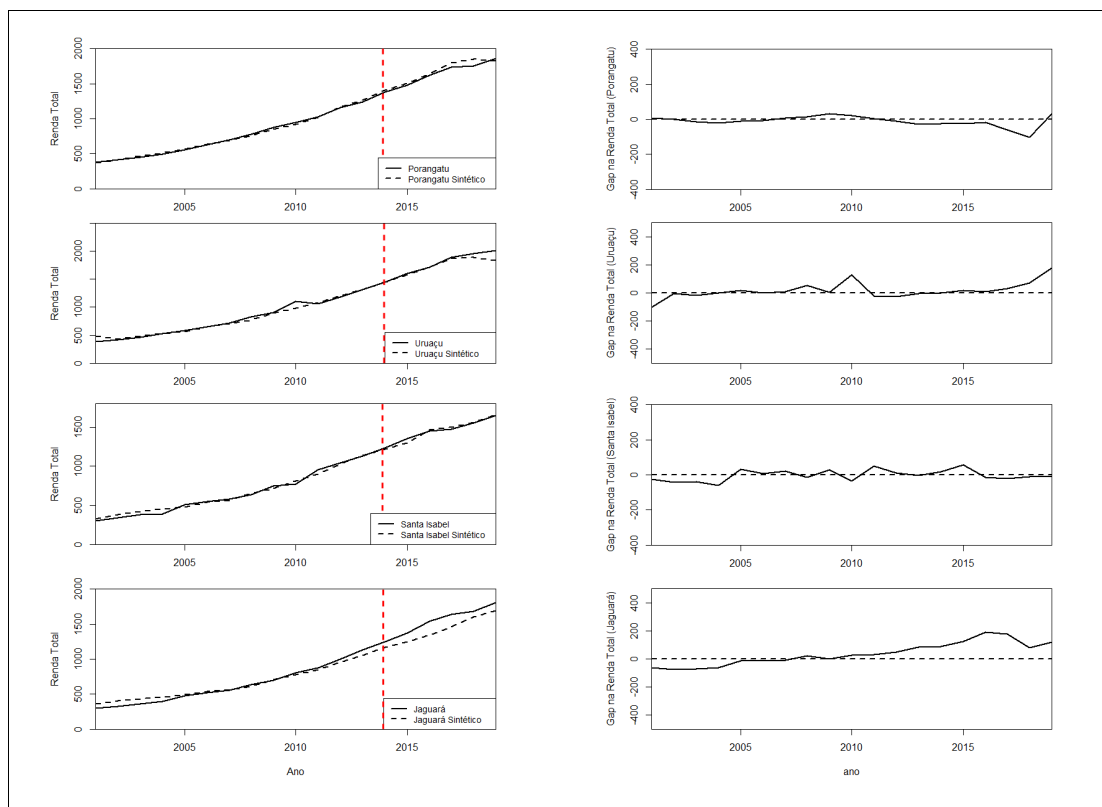
Vale pontuar que o município de Gurupí apresentou, em média, queda de R\$47 reais da renda, no período de 2014 a 2019, no entanto, assim como os municípios de Goiás, este município recebeu a intervenção no ano de 2014 e, portanto, teve um menor período de exposição ao tratamento.

Retornando aos resultados na trajetória do emprego para os municípios de Aguiarnópolis, Araguaína e Palmeirante pode-se inferir que embora tenha ocorrido aumento na quantidade de emprego formal nesses municípios, o valor das remunerações desses novos empregos foi menor do que a média das remunerações já existentes antes da inauguração da FNS.

Já os resultados da FNS sobre a renda média no mercado de trabalho formal para os municípios de Goiás podem ser visualizados na **Figura 7**. Com exceção do município de Santa Isabel que quase não apresentou impacto na renda, após o choque da FNS, que ocorreu no ano de 2014, os municípios de Uruaçu e Jaquará indicaram aumentos da renda que, em média, foi de R\$50 reais e R\$130 reais, respectivamente. O contrário observa-se para o município de Porangatu, que sinalizou, no período de 2014 a 2019, redução de R\$34 reais, em média, na renda desses trabalhadores.

De maneira geral, os resultados aqui mostram que não ocorreram impactos relevantes sobre o nível de renda média dos municípios que receberam a FNS, no entanto, apontam que aqueles municípios com maior tempo de exposição ao

Figura 7 – Trajetórias e GAPS da renda dos municípios tratados do Goiás

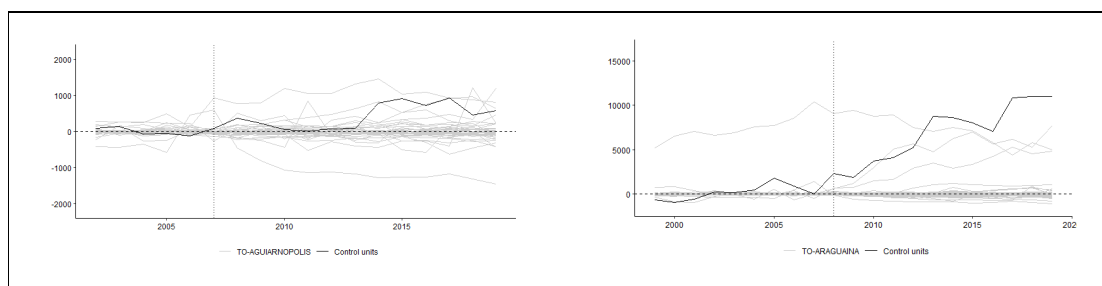


Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do pacote *synth* para o *software* R

tratamento apresentaram impactos relativamente maiores sobre a renda.

Com a comparação relativa das proporções de placebo do próprio grupo de municípios utilizados na composição dos sintéticos é possível verificar se o efeito do tratamento de cada unidade estudada é extremo. Avaliando os gráficos da **Figura 8**, percebe-se que, de forma geral, as unidades tratadas em questão estão na cauda de alguma distribuição dos efeitos do tratamento e como o efeito foi mais intenso na unidade tratada do que nos placebos, considera-se que houve efeito atribuído ao tratamento. O mesmo foi verificado para as demais unidades tratadas, mas a nível de exemplo, estão expostos os resultados para os municípios de Aguiarnópolis (TO) e Araguaína (TO).

Figura 8 – Trajetórias do Emprego: Gaps encontrados nos exercícios de falseamento



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do pacote *synth* para o *software* R

Diante das estimativas e também após a validação dos resultados pelos placebos, é possível concluir que dentre os resultados para os municípios avaliados em relação aos seus sintéticos estimados, nota-se relevante crescimento médio no número de empregos formais nos municípios de Porto Franco-MA (20%), Aguiarnópolis-TO (53%), Palmeirante-TO (29%) e Araguaína-TO (3%). Destaca-se, aqui, que das unidades tratadas, o município de Araguaína-TO apresenta o maior aumento na quantidade de emprego formal em valor absoluto, embora mostre o menor crescimento em termos percentuais. Tomando a média dos valores da trajetória real do emprego ao longo de todo o período após a intervenção e comparando com a média da quantidade de emprego da trajetória sintética, percebe-se que, em média, ocorreu a geração de 898 unidades de empregos formais.

Já nos municípios de Porto Nacional-TO e Uruaçu-GO não foi possível identificar relevantes alterações no

mercado de trabalho que podem estar associados a finalização das obras da FNS. Os demais municípios apresentaram redução no número de empregos formais após a conclusão das obras da FNS, Guaraí-TO (-5,4%), Gurupi-TO (-13,8%), Porangatu-GO (-8,7%), Santa Isabel-GO (-23,1%) e Jaguará-GO (-9%). Esses resultados apontam que os três municípios que receberam o investimento e tiveram suas obras concluídas até o ano de 2008 apresentaram impactos positivos sobre o nível de emprego formal. No entanto, os municípios que tiveram a implantação da FNS concluída a partir de 2014 apresentaram impactos negativos sobre o mercado de trabalho, com a redução do número de empregos formais.

Tomando a média dos valores de cada trajetória real da renda, ao longo de todo o período após a intervenção, e comparando com a renda média da trajetória sintética em cada um dos respectivos municípios se conclui que na maioria dessas unidades tratadas não ocorreu alteração relevante sobre a renda. Ou seja, em cinco municípios observou-se pequena queda no nível da renda, Araguaína (-1%), Guaraí (-3%), Gurupi (-2%), Palmeirante (-6%) e Porangatu (-2%) e, em dois municípios percebeu-se aumento da renda, Uruaçu (3%) e Jaraguá (9%).

No entanto, constata-se que as unidades que receberam a intervenção no ano de 2007, portanto com maior tempo de exposição ao tratamento, apresentaram efeitos maiores no nível de renda, sendo positivo para o município de Porto Franco-MA (12%) e negativo para o município de Aguiarnópolis-TO (-26%). Vale destacar que Aguiarnópolis-TO foi o município que apresentou o maior aumento percentual na quantidade de emprego após a intervenção da ferrovia e, dentre as unidades tratadas é a de menor população estimada, cerca de 4.543 habitantes, em média.

De forma geral, esses movimentos, podem estar associados aos efeitos de curto e médio prazo. Os municípios com maior tempo de exposição à finalização das obras da ferrovia tiveram condições de recuperar seus empregos após a conclusão da FNS, ou mesmo ampliá-los, em função do ganho de eficiência no modal de transporte, ainda mais para municípios com perfil rural, como o caso em análise. Os demais municípios podem estar sendo acometidos pelo efeito na queda de empregos formais associados à construção da FNS, já que obras de infraestrutura acabam tendo relevante demanda por mão de obra e isso se potencializa em municípios pequenos ou médios, como os analisados, mas que podem ser efeitos de curto prazo, e ainda não refletem os ganhos de eficiência gerados pela finalização da FNS.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou contribuir com a literatura que investiga a relação da infraestrutura de transporte com os impactos socioeconômicos de determinada região, utilizando o método de controle sintético, que ainda é pouco explorado no Brasil, como forma de avaliação de impactos de políticas públicas voltadas ao setor de transporte ferroviário.

Especificamente, o setor de transporte ferroviário brasileiro que muito contribuiu para o desenvolvimento de regiões antes isoladas, vem sendo resgatado por meio de políticas pautadas na estratégia de desenvolvimento econômico nacional, como é o caso da FNS que visa interligar as regiões Norte e Nordeste com as regiões Sul e Sudeste do país. O empreendimento que se torna uma alternativa de corredor de transporte para o escoamento de produtos agrícolas e agroindustriais de várias regiões como o Sul do Maranhão, Tocantins e o Norte de Goiás, visa entre outros objetivos a expansão do emprego e da renda das regiões afetadas.

Os resultados deste estudo apontam que, os municípios que receberam o investimento e tiveram suas obras concluídas até o ano de 2008 apresentaram impactos positivos sobre o nível de emprego formal local. No entanto, os municípios que tiveram a implantação da FNS concluída no ano de 2014 apresentaram reflexos negativos sobre o mercado de trabalho, com a redução do número de empregos formais. Em relação ao nível de renda constata-se que os impactos de longo prazo não foram tão expressivos na maioria dos municípios. Isso, possivelmente, porque esse resultado requer uma maior consolidação do nível de emprego. No entanto, duas unidades (Porto Franco-MA e Aguiarnópolis-TO) que tiveram um tempo maior de exposição à intervenção, apresentaram resultados percentuais maiores sobre o nível de renda, embora, com impactos em sentidos contrários.

É esperado que as obras de infraestrutura como as ferrovias melhorem as condições de produção e de orientação dos fluxos de bens e serviços, mas o impacto sobre o nível de emprego formal pode demandar um tempo maior para se consolidar, principalmente pela relação direta com a ampliação da competitividade do setor e ganhos de produtividade dos municípios contemplados. Isso pode explicar, em parte, o efeito positivo na geração de emprego nos municípios que receberam a FNS a mais tempo, quando comparado com o efeito negativo naqueles municípios que receberam a FNS em um tempo mais curto.

Vale investigar, no entanto, se os empregos que foram gerados nos municípios impactados positivamente pela ferrovia demandam uma mão de obra mais ou menos qualificada, uma vez que isso refletirá sobre o nível de renda dos trabalhadores. Tal estudo é sugerida para trabalhos futuros. Nessa perspectiva, se abre um horizonte de pesquisas que

podem avançar em outras dimensões, como renda, produção, níveis de formação de capital humano, dentre outras, que podem sofrer interferência direta da realização de importantes empreendimentos de infraestrutura, como, por exemplo, a FNS.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Synth: An R package for synthetic control methods in comparative case studies. **Journal of Statistical Software**, v. 42, n. 13, 2011.
- ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. **Journal of the American statistical Association**, Taylor & Francis, v. 105, n. 490, p. 493–505, 2010.
- ABADIE, Alberto; GARDEAZABAL, Javier. The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country. **American economic review**, v. 93, n. 1, p. 113–132, 2003.
- BANERJEE, Abhijit; DUFLO, Esther; QIAN, Nancy. On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in China. **National Bureau of Economic Research**, 2012.
- BANISTER, David; BERECHMAN, Yossi. Transport investment and the promotion of economic growth. **Journal of transport geography**, Elsevier, v. 9, n. 3, p. 209–218, 2001.
- BOTOSARU, Irene; FERMAN, Bruno. On the role of covariates in the synthetic control method. **The Econometrics Journal**, Oxford University Press, v. 22, n. 2, p. 117–130, 2019.
- CASTILHO, Denis; ARRAIS, Tadeu Alencar. A Ferrovia Norte-Sul e a economia regional do centro-norte do Brasil. **Sociedade & Natureza**, SciELO Brasil, v. 29, n. 2, p. 209–228, 2017.
- CASTRO, Lucas Siqueira de. **Crescimento econômico e infra-estrutura: o impacto do ProAcesso em Minas Gerais**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.
- COATSWORTH, John H. Indispensable railroads in a backward economy: The case of Mexico. **The Journal of Economic History**, Cambridge University Press, v. 39, n. 4, p. 939–960, 1979.
- CUNNINGHAM, Scott. **Causal inference: The mixtape**. Yale university press, 2021.
- DIAS, Laisa Rachter de Sousa; SIMÕES, Rodrigo Ferreira. **Infraestrutura de transportes ea alocação das atividades econômicas: um estudo do PROACESSO em Minas Gerais**: Texto para discussão, No.476. Belo Horizonte, MG: Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. P. 26.
- ESCOBAL, Javier; PONCE, Carmen. **The benefits of rural roads: Enhancing income opportunities for the rural poor**. Lima, PERU: Grupo de Análisis para el Desarrollo, 2002.
- FISHLOW, A. **American Railroads and the Transformation of the Ante-Bellum Economy**. Cambridge: Mass, 1965.
- FOGEL, Robert William. **Railroads and American economic growth: Essays in econometric history**. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1964.
- GALVÃO, Olimpio J de Arroxelas. Desenvolvimento dos transportes e integração regional no Brasil—Uma perspectiva histórica. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 13, 1996.
- GERTLER, Paul J *et al.* **Avaliação de Impacto na Prática, segunda edição**. World Bank Publications, 2018.
- GRANDI, Guilherme. História econômica ou economia retrospectiva? Robert Fogel e a polêmica sobre o impacto econômico das ferrovias no século XIX. **Territórios e Fronteiras**, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, v. 2, n. 1, p. 204–226, 2009.
- HADDAD, Eduardo Amaral *et al.* Avaliação dos impactos econômicos das políticas de infra-estrutura de transportes no Brasil: uma aplicação a duas rodovias federais em Minas Gerais. **Cadernos BDMG**, Belo Horizonte, n. 16, p. 29–72, 2008.
- HAHN, Jinyong; SHI, Ruoyao. Synthetic control and inference. **Econometrics**, Multidisciplinary. Digital Publishing Institute, v. 5, n. 4, p. 52, 2017.
- HAWKE, Gary Richard. **Railways and economic growth in England and Wales, 1840-1870**. 1968. Tese (Doutorado) – Universidade de Oxford.
- KHANDKER, Shahidur R; BAKHT, Zaid; KOOLWAL, Gayatri B. The poverty impact of rural roads: Evidence from Bangladesh. **Economic development and cultural change**, The University of Chicago Press, v. 57, n. 4, p. 685–722, 2009.
- KING, Gary; ZENG, Langche. The dangers of extreme counterfactuals. **Political analysis**, Cambridge University Press, v. 14, n. 2, p. 131–159, 2006.
- LOKSHIN, Michael; YEMTSOV, Ruslan. Has rural infrastructure rehabilitation in Georgia helped the poor? **The World Bank Economic Review**, Oxford University Press, v. 19, n. 2, p. 311–333, 2005.

- MENDOZA, Antonio Gómez. Ferrocarriles y cambio económico en España (1855-1913). Un enfoque de nueva historia económica. **Madrid: Alianza Editorial**, 1982.
- MENEGAZZO, Luciano; PETTERINI, Francis. Maiores Navios no Mundo, mais um Desafio no Brasil: uma análise do Programa Nacional de Dragagem. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, SciELO Brasil, v. 48, p. 175–209, 2018.
- METZER, Jacob. Some economic aspects of railroad development in Tsarist Russia. **The Journal of Economic History**, Cambridge University Press, v. 33, n. 1, p. 314–316, 1973.
- MU, Ren; VAN DE WALLE, Dominique. **Rural roads and local market development in Vietnam: Policy Research Working Paper**; No. 4340. Washington, DC: World Bank, 2007. P. 47.
- PIRES, Murilo José de Sousa; CAMPOS, Flávia Rezende. **Contribuições das ferrovias Norte-Sul e Centro-Atlântica na expansão do vetor externo da economia do Centro-Oeste**: Texto para discussão, No.2513. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2019. P. 42.
- RESENDE, Caio Cordeiro de. **Ensaio em avaliação de políticas públicas**. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.
- SUMMERHILL, William R. **Trilhos do desenvolvimento: as ferrovias no crescimento da economia brasileira 1854-1913**. São Paulo: Livros de Safra, 2018.
- VALEC – ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. **Polos de Carga**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/polos-de-carga>. Acesso em: 5 set. 2021.
- VENCOVSKY, Vitor Pires. **Ferrovia e logística do agronegócio globalizado: avaliação das políticas públicas e privadas do sistema ferroviário brasileiro**. 2011. 2011. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências da UNICAMP.