

## ESTUDO DE CASO: LOGÍSTICA



JOF 2845/2021 | PNUD Projeto BRA/18/023

### SETE ESTUDOS DE CASO DE AVALIAÇÕES *EX POST* DE PROJETOS DE INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA

Outubro de 2022



SECRETARIA ESPECIAL DE  
PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE



## APRESENTAÇÃO

A Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura, da Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade do Ministério da Economia, tem por competências produzir informações gerenciais econômicas e com vistas a dar transparência dos investimentos e propor a aplicação de metodologias para a priorização de investimentos em infraestrutura (Decreto nº 9.745, de 2019). Para tanto, definiu-se como estratégia o desenvolvimento de técnicas de avaliação socioeconômica de projetos, sejam elas de escopo *ex ante* ou *ex post*, com base nas melhores práticas disponíveis na literatura especializada, de forma a identificar os impactos socioambientais e econômicos dos projetos implementados.

Segundo o relatório *Infrascope* (*Economist Impact*, 2022), embora o Brasil tenha um desempenho razoável no tema de avaliação *ex post*, ainda há muito a se avançar nessa agenda especialmente temática de avaliação dos impactos ambientais e sociais dos projetos de infraestrutura. A adoção de técnicas de avaliação *ex post* de políticas públicas é aderente não apenas às melhores práticas internacionais para o planejamento da infraestrutura, mas também aos princípios da recém promulgada Emenda Constitucional nº109 de 2021 (CF - Art. 37 § 16) que trata sobre avaliação dos resultados e gestão de políticas públicas.

Apesar de muito difundida a avaliação de impacto de políticas públicas, a literatura de avaliação de projetos específicos de infraestrutura é mais restrita. Embora os métodos utilizados em políticas públicas possam, em teoria, ser utilizados para avaliar infraestrutura, na prática, essa aplicação não é trivial. Assim, a partir de uma parceria da Sepec/ME e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), foi contratada uma consultoria especializada para desenvolver sete estudos de caso, uma para segmento da infraestrutura. São eles 1) logística; 2) energia; 3) segurança hídrica; 4) mobilidade urbana; 5) telecomunicações; 6) saneamento básico, e; 7) habitação.

O estudo de caso apresentado nesta publicação é parte integrante de tal série de estudos setoriais que visam identificar as metodologias e as variáveis de interesse usuais em cada segmento da infraestrutura. Ressalta-se, entretanto, que o objetivo de tais estudos, para além de avaliar os resultados de cada projeto especificamente, é principalmente ilustrar a aplicação das metodologias de avaliação *ex post* para cada setor da infraestrutura. A padronização metodológica promovida por essa série de estudos, portanto, oferece não apenas um modelo de avaliação mais transparente dos investimentos passados, mas também informações importantes para se retroalimentar o planejamento de empreendimentos futuros com informações mais realistas dos impactos socioambientais mais comuns em cada setor da infraestrutura.

Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura

Documento elaborado e entregue pela Pezco Consultoria, Editora e Desenvolvimento LTDA como Produto 03 - Relatório de Estudo de Caso: Logística, sobre um estudo de caso de avaliação de impacto *ex post* ao setor de logística, do contrato BRA10-1130-39146/2021, Solicitud de Proposta (SDP) nº JOF 2845/2021, no âmbito de parceria da SEPEC/ME com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Projeto BRA/18/023. Após sua entrega, este produto foi revisado e atualizado pela SDI/SEPEC/ME para sua publicação definitiva. Sua redação final pode divergir pontualmente, portanto, daquela inicialmente apresentada pela consultoria e aprovada pela SDI/SEPEC/ME.

**Equipe técnica da Pezco responsável pela elaboração deste produto:**

Klenio de Souza Barbosa

Raquel Pontes

Frederico Araujo Turolla

Yan Nonato Cattani

Mario Antonio Margarido

Shiro Hirata

Leonardo Baptista Correia

Daniel Komesu

Pedro Nirschl

**Equipe técnica SDI/SEPEC/ME responsável pela revisão e aprovação deste produto:**

Subsecretário de Inteligência Econômica e de Monitoramento de Resultados

Rodolfo Gomes Benevenuto

Coordenador-Geral de Inteligência Econômica

Diego Camargo Botassio

Coordenador-Geral de Monitoramento de Resultados

Renato Alves Morato

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| APRESENTAÇÃO .....   | .1  |
| RESUMO .....   | .6  |
| I. INTRODUÇÃO .....  | .6  |
| I.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....  | .8  |
| II. O PROGRAMA E VARIÁVEIS ANALISADAS .....                              | .13 |
| II.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....                                       | .13 |
| II.2 ASPECTOS REGIONAIS .....  | .14 |
| III. O MODELO E BASE DE DADOS .....                                      | .16 |
| III.1 AR CABO UÇO INSTITUCIONAL E A IDENTIFICAÇÃO DO EFEITO CAUSAL ..... | .16 |
| III.2 MODELO ECONOMÉTRICO .....  | .18 |
| III.3 BASE DE DADOS .....  | .20 |
| III.4 AMOSTRA DOS DADOS .....  | .21 |
| IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....  | .23 |
| IV.1 ESTATÍSTICA DESCRIPTIVAS .....                                      | .23 |
| IV.2 RESULTADOS PRINCIPAIS .....   | .23 |
| IV.3 ROBUSTEZ E RESULTADOS ADICIONAIS .....                              | .29 |
| IV.4 ANÁLISE EM SUB AMOSTRAS .....                                       | .29 |
| IV.5 ANÁLISE PRÉ-TRATAMENTO .....  | .31 |
| IV.6 DISCUSSÃO .....   | .31 |
| IV.6 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS .....  | .33 |
| V. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | .36 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | .37 |
| APÊNDICE A: QUADROS E TABELAS .....                                      | .40 |

## ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIACÕES

| ABREVIACÃO | SIGNIFICADO  |
|------------|--|
| ADA        | Área Diretamente Afetada   |
| AII        | Área de Influência Indireta  |
| AMC        | Área Mínima Comparável   |
| AMS        | Agricultural Marketing Service   |
| ANM        | Agência Nacional de Mineração  |
| ANTT       | Agência Nacional de Transportes Terrestres   |
| CAS        | Coeficiente de Amplitude Sazonal   |
| CEMPRE     | Cadastro Central de Empresas   |
| CNI        | Confederação Nacional da Indústria   |
| CONAB      | Companhia Nacional de Abastecimento  |
| DAG        | Directed Acyclic Graph (Grafo Acíclico Direcionado)                                    |
| EF         | Estrada de Ferro   |
| EFC        | Estrada de Ferro Carajás   |
| EFVM       | Estrada de Ferro Vitória Minas   |
| ES         | Espírito Santo (estado)  |
| FAS        | Foreing Agricultural Service   |
| FCA        | Ferrovia Centro Atlântica  |
| FEPASA     | Ferroviás Paulistas  |
| FNS        | Ferrovia Norte-Sul   |
| GMM        | Generalized Mothod of Moments  |
| GO         | Goiás (estado)   |
| HP         | Horse Power  |
| IAS        | Impactos Ambientais Significativos   |
| IBGE       | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  |
| IDH        | Índice de Desenvolvimento Humano   |
| II PND     | Segundo Programa Nacional de Desenvolvimento   |
| IPEA       | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada   |
| JOF        | Joint Operations Facility (Plataforma da Organização das Nações Unidas)                |
| KG         | Quilograma   |
| KM         | Quilômetro   |
| MA         | Maranhão (estado)  |
| MATOPIBA   | Área entre os Estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia                            |
| MG         | Minas Gerais (estado)  |
| MT         | Mato Grosso (estado)   |
| MW         | Megawatt   |
| PA         | Pará (estado)  |
| PAM        | Produção Agrícola Municipal  |
| PEV        | Produção da Extração   |
| PIB        | Produto Interno Bruto  |
| PIN        | Plano de Integração Nacional   |
| PNUD       | Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento                                      |
| PR         | Paraná (estado)  |
| Proterra   | Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e Nordeste |
| P-valor    | Probabilidade de Significância   |
| R2         | Coeficiente de Determinação  |
| RFFSA      | Rede Ferroviária Federal   |
| RO         | Roraima (estado)   |
| ROM        | Run of Mine  |
| SDI        | Secretaria do Desenvolvimento da Infraestrutura  |
| SIDRA      | Sistema IBGE de Recuperação Automática   |
| SIM        | Sistema de Informação de Mortalidade   |
| SP         | São Paulo (estado)   |
| t. Métrica | Tonelada Métrica   |
| Tegram     | Terminal de Grãos do Maranhão  |
| TI         | Terminal Integrador  |
| TKU        | Tonelada por quilômetro útil   |
| TO         | Tocantins (estado)   |

| ABREVIACÃO | SIGNIFICADO                                   |
|------------|---|
| USDA       | United States Department of Agriculture       |
| VALEC      | VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S/A |

## RESUMO

Este estudo analisa o impacto causal da Ferrovia Norte-Sul (EF-151), Tramo Norte, sobre variáveis socioeconômicas e ambientais dos municípios brasileiros. Explorando o fato da Ferrovia EF-151 ter desde a sua concepção inicial o objetivo de conectar as cidades ao norte de Brasília à costa do Estado do Maranhão, este estudo utiliza a proximidade dos municípios ao meridiano de 48 graus como uma medida exógena de acesso de uma Área Mínima Comparável (AMC) à Ferrovia EF-151. As estimativas mostram que os municípios mais próximos ao referido meridiano possuem uma maior taxa de crescimento do PIB, do PIB per capita, e da população, maior taxa de crescimento e aumento da área colhida e da produção agrícola, aumento da produção de soja e de milho. Ainda, municípios mais próximos ao meridiano de 48 graus tiveram um aumento da proporção de alfabetizados. As estimativas mostram o impacto da Ferrovia EF-151 é maior sobre os municípios próximos dos pátios multimodais/terminais de acesso do que sobre os municípios mais distantes dessas estruturas. De forma geral, a Ferrovia Norte-Sul constitui uma importante fonte propulsora de desenvolvimento agrícola regional.

## I. INTRODUÇÃO

Este estudo estima o impacto causal ex post da Ferrovia Norte-Sul, Tramo Norte (EF-151), sobre variáveis socioeconômicas e ambientais dos municípios brasileiros.

A Ferrovia Norte-Sul foi idealizada no fim do século XIX para funcionar como a espinha dorsal do sistema de transporte de cargas do Brasil em sua dimensão longitudinal, abrindo a saída marítima aos seus portos setentrionais. País de dimensões continentais, o Brasil é importante produtor e exportador de commodities agropecuárias e minerais, mas suas principais áreas de produção agrícola e mineral são localizadas a grandes distâncias dos principais centros processadores, consumidores e dos portos para exportação desses produtos. Tradicionalmente, a produção é escoada por eixos transversais que terminam em saídas marítimas nas regiões Sudeste e Sul. O tramo norte da ferrovia, que abriu o acesso ao porto de Itaqui no estado do Maranhão, por intermédio de conexão com outra ferrovia já existente, teve sua construção efetivamente realizada a partir dos anos 1980.

Mais precisamente, o tramo Norte da Ferrovia Norte-Sul, atravessa a região denominada de MATOPIBA, a qual, é composta pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. A região do MATOPIBA, faz parte do bioma do cerrado, e, corresponde a uma área com expressivo potencial agropecuário, principalmente, em função das suas excepcionais condições edafoclimáticas, pois é composta por extensas planícies, favorecendo a utilização de tecnologias modernas na produção agrícola, como por exemplo, a utilização de tratores e colheitadeiras, possui elevada fertilidade natural, além de ser favorecida com abundância de fontes de água, e com elevado nível insolação no decorrer do ano, permitindo assim, condições para elevada produtividade da produção agrícola, com ênfase nas culturas de soja, milho e algodão.

A implantação do trecho ferroviário da Ferrovia Norte Sul Tramo Norte conectou, acidentalmente, diversos municípios ao longo de seu percurso. O impacto dessas conexões, no modal ferroviário, é distinto do que ocorre no modal rodoviário, em que qualquer cidade ao longo do percurso se conecta, imediatamente, à infraestrutura. Em ferrovias, a conexão depende da disponibilidade de terminais de transbordo de cargas, que são os elos de integração entre a malha logística rodoviária e a ferrovia.

Dessa forma, a implantação da Ferrovia Norte-Sul oferece um “experimento natural histórico” para ser explorado com a avaliação *ex post* do empreendimento. Enquanto a literatura apresenta avaliações de experimentos naturais para a implantação de infraestrutura rodoviária, o modal ferroviário foi pouco explorado nesse tipo de avaliação. Um aspecto relevante é que, enquanto o modal rodoviário apresenta efeitos ambientais mais significativos devido ao acesso imediato de qualquer cidade lindreira, tipicamente causando um aumento do desmatamento em forma de “espinha-de-peixe”, o modal ferroviário apresenta outro padrão de impacto, ainda a ser investigado e comparado com os estudos já existentes para rodovias.

A Ferrovia Norte Sul Tramo Norte (Ferrovia EF-151) tem, desde a sua concepção inicial, o objetivo de conectar as cidades acima do paralelo de 16 graus (onde se situa Brasília) à costa do Estado do Maranhão, ao redor do meridiano de 48 graus. Assim, este estudo utiliza a proximidade dos municípios ao meridiano de 48 graus como uma medida exógena de acesso de um município à Ferrovia EF-151.

Tendo em vista que entre 1970 e 2010 ocorreu uma alteração relevante no número de municípios brasileiros (aumento de 2.767 a 5.564 no período), os quais se tornaram diretamente não-comparáveis ao longo desse período, estimou-se o impacto da Ferrovia Norte-Sul Tramo Norte (EF-151) sobre variáveis socioeconômicas e ambientais nas áreas mínimas comparáveis (AMCs). As AMCs referem-se a uma divisão de área agregada do menor número de municípios necessários para que as comparações intertemporais sejam geograficamente consistentes. Em outras palavras, não se trata de uma divisão política ou administrativa, mas sim um território fixo, para o qual é possível realizar inferências estatísticas ao longo do tempo.

Para avaliar o impacto *ex post* da Ferrovia Norte-Sul Tramo Norte (EF-151) sobre medidas socioeconômicas e ambientais das AMCs brasileiras, foram analisadas as taxas de crescimento do PIB, do PIB per capita, e da população, da área colhida e do aumento do valor da produção agrícola das AMCs entre 1970 e 2010. Ainda, analisou-se o impacto sobre a produção de soja e de milho das AMCs, produtos frequentemente transportados em ferrovias. Tais indicadores são medidas comumente usadas na literatura relacionada para avaliar o impacto de obras de infraestrutura no crescimento local e no desenvolvimento agrícola (Banerjee et al., 2020; Bird e Straub, 2020; Lewis e Severnini, 2020). Também foi avaliado o impacto da Ferrovia EF-151 sobre as taxas de analfabetismo e mortalidade nas AMCs (indicadores adicionais de desenvolvimento econômico local), e sobre o desmatamento (indicador ambiental), as quais são medidas respectivamente analisadas por Cuong (2011), Bell e van Dillen (2012) e Assunção et al. (2020).<sup>1</sup>

A expectativa é que, após a construção/operação da ferrovia Norte-Sul, haverá um crescimento econômico da região, beneficiando, principalmente, as AMCs que estejam dentro do raio de influência da ferrovia. Mais precisamente, espera-se que, quanto mais próximo da ferrovia esteja a AMC, maior será seu crescimento econômico via acréscimo de renda, e, consequentemente, ocorra melhoria de seus indicadores econômicos e sociais, uma vez que a ferrovia reduz os custos para o transporte de produtos agrícolas até o porto de Itaqui, no Maranhão, para posterior exportação, ampliando, dessa forma, a competitividade não somente da região, como também, do país no mercado internacional de commodities agrícolas. Na dimensão ambiental, a expectativa é que ocorra uma relação inversa entre a proximidade da respectiva AMC e a ferrovia, logo, quanto mais próxima da ferrovia estiver AMC, maior será o desmatamento.

Explorando portanto a proximidade das AMCs ao meridiano de 48 graus como uma medida exógena de acesso de uma AMC à Ferrovia EF-151, as estimativas mostram que os

<sup>1</sup> O Quadro 1, no apêndice, contém uma descrição completa de todas as variáveis analisadas.

municípios mais próximos ao meridiano de 48 graus possuem uma maior taxa de crescimento do PIB, do PIB per capita, e da população, maior taxa de crescimento e aumento da área colhida e da produção agrícola, aumento da produção de soja e de milho. Ainda, AMCs mais próximas ao meridiano de 48 graus tiveram uma redução das taxas de analfabetismo. Por outro lado, AMCs mais próximas ao meridiano tiveram um maior desmatamento. Tais efeitos estimados mostram-se economicamente relevantes sobre as variáveis descritas acima, exceto sobre a taxa de analfabetismo, sobre o qual o efeito sugere ser não economicamente importante.

As estimativas também mostram que a Ferrovia EF-151 não afetou as taxas de mortalidade (total, infantil e fetal) e a frequência escolar nas AMCs. Ainda, o efeito da proximidade das AMCs ao meridiano de 48 graus não foi estatisticamente significativo para produtos com baixo volume de transporte em ferrovias (arroz, trigo, algodão e madeira).

As estimativas também mostram que os pátios multimodais e terminais de acesso são significantes nos impactos da ferrovia. As estimativas mostram que o impacto da Ferrovia EF-151 é maior nas AMCs próximas dos pátios multimodais/terminais de acesso do que sobre as AMCs mais distantes dessas estruturas.

Por concluir, diversos testes de robustez foram realizados. Os resultados obtidos se mostram robustos a diversas especificações e subamostras. Ainda, mostra-se ausência de efeito pré-tratamento ao estimar que as AMCs mais próximas do meridiano de 48 graus não apresentavam maiores taxas de crescimento do PIB, PIB per capita e da população na década anterior a construção da Ferrovia EF-151.

## I.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A infraestrutura de transporte é frequentemente apontada como fator central para promoção do crescimento econômico e do desenvolvimento regional. A ideia básica consiste na ampliação de acesso a mercados, maior mobilidade de fatores e, portanto, melhor alocação de recursos, ampliando a competitividade da região.

Contudo, por se tratarem de investimentos geralmente de montantes vultosos, há uma série de dificuldades e considerações que devem ser realizadas da implementação de projetos no setor. Os projetos de infraestrutura são muitas vezes altamente personalizados e específicos para cada local, denotando o que se chama na literatura como custos afundados (sunk costs) (Oliveira & Tuolla, 2013).

De modo a realizar avaliações mais adequadas às idiossincrasias dos projetos, é importante assegurar a validade interna dos estudos. Para tanto, o Banco Mundial desenvolveu um guia (Andres et al., 2013) com o intuito de orientar a avaliação de políticas de infraestrutura existentes. No documento, os autores enumeram cinco problemas de avaliação, costumeiramente enfrentados por técnicos em suas avaliações. São eles: 1) endogeneidade da escolha, 2) viés de seleção, 3) efeitos de transbordamento (spill-over), 4) longo horizonte temporal e 5) atrito e contaminação amostral.

De modo a evidenciar as melhores práticas, o referido estudo apresenta um repertório variado de técnicas e problemas típicos. De forma geral, para o setor de logística, o guia elenca seis outcomes fundamentais para obtenção de resultados robustos na avaliação ex post. São eles: conectividade, acesso à educação, acesso à saúde, acesso ao mercado de trabalho, desenvolvimento da economia local, bem-estar e renda.

Sobre estudos de melhoria de estradas, Khandker, Bakht e Koolwal (2009) utilizam dados em painel de comunidades próximas a dois programas de melhoria de qualidade das estradas rurais de Bangladesh. Os autores utilizaram uma técnica de efeitos fixos para estimar os retornos ao investimento rodoviário em termos de seu impacto no consumo per-

capita das famílias (medida de bem-estar domiciliar), resultados do mercado de trabalho (segmentados de acordo com o sexo) em setores agrícolas e não-agrícolas, bem como oportunidades salariais, taxas de desenvolvimento econômico e evolução de resultados escolares de alunos e meninas do ensino fundamental e médio, agregação de produção e índices de preços, preços de fertilizantes e despesas de transporte doméstico. Os resultados sugerem que o impacto do projeto nas despesas de transporte das famílias é bastante substancial, com impacto positivo significativo na produção agrícola, salários, índices de preços e matrículas no ensino médio.

Em outro estudo, Khandker e Koolwal (2011) avaliam os efeitos das estradas rurais de Bangladesh ao longo de oito anos. Um modelo dinâmico de painel, estimado por método generalizado de momentos (generalized method of moments, GMM), é aplicado para estimar os retornos variados ao investimento em vias públicas contabilizando características não observadas. Os resultados mostram que os efeitos substanciais das estradas em despesas per capita, escolaridade e preços observados no curto prazo são atenuados ao longo do tempo. Os resultados também mostram que a dependência inicial do Estado (características iniciais da comunidade e das famílias, bem como a qualidade das estradas) importa ao estimar os impactos rodoviários ao longo das rotas.

O estudo de Rand (2011) avalia melhoria de estradas rurais na Nicarágua. O artigo analisa o impacto gerador de emprego de um projeto rodoviário, aplicando uma abordagem de diferenças em diferenças (difference in difference ou Diff in Diff) combinada para o controle das condições iniciais e fatores de variante de tempo que influenciam simultaneamente a implementação das estradas e as taxas subsequentes de crescimento do emprego. Os resultados indicam um aumento das horas trabalhadas por semana, de 9,5 para 12,3 horas. Além disso, observa alteração de tendências no mercado de trabalho: os indivíduos que saem do desemprego conseguem emprego no setor agrícola (trabalho por conta própria), enquanto os empregos recém-criados do setor de serviços são assumidos principalmente por trabalhadores que possuíam empregos na agricultura. Adicionalmente, a análise sugere que o efeito gerador de emprego ocorre através de uma combinação de tempo de viagem reduzido e melhor acesso a mercados e redes rodoviárias maiores e mais integradas.

Gonzalez-Navarro e Quintana-Domeque (2012) fornecem evidências sobre o papel da infraestrutura na redução da pobreza para a população de baixa renda ou população pobre do meio urbano por meio de um experimento aleatório de asfaltamento de rua (realizado pela primeira vez). Dois anos após a intervenção, as famílias cujas ruas foram pavimentadas e estiveram presentes antes e depois de sua implantação aumentaram o consumo de bens duráveis, adquiriram mais veículos automotores e investiram mais em melhorias domiciliares. Esses impactos são impulsionados, em parte, pelo aumento da riqueza habitacional, o que alimentou um aumento no uso de crédito.

Já em outra categoria de avaliação, sobre reabilitação de estradas, o estudo de Lokshin e Yemtsov (2005) é feito para escolas, estradas e sistemas de abastecimento de água, na Geórgia rural, entre 1998 e 2001. A análise mostra resultados em relação à magnitude dos ganhos previdenciários em determinada comunidade e permite a diferenciação de benefícios entre os pobres e os não pobres. Os autores empregam uma estratégia de pesquisa para lidar com a escassez de dados sobre os beneficiários para a realização de avaliações de impacto de projetos de nível comunitário. Os microdados do painel de uma pesquisa de amostragem de domicílios são usados para medir o impacto dos projetos. Comparações de diferença em diferenças combinadas com escore de propensão são usadas para controlar fatores invariáveis.

Mu e Van De Walle (2011) avaliam os impactos da reabilitação de estradas rurais no desenvolvimento do mercado local em área rural do Vietnã. No caso, os autores examinam fatores geográficos, comunitários e domésticos de impacto. Métodos de diferenças em

diferenças e pareamento são usados para abordar fontes de viés de seleção na identificação de impactos. Os resultados apontam para impactos médios significativos no desenvolvimento dos mercados locais. Há também evidências de considerável heterogeneidade de impacto, com tendência para que as comunidades mais pobres tenham impactos mais fortes devido aos níveis mais baixos de desenvolvimento inicial do mercado. No entanto, algumas áreas pobres também são influenciadas com outros atributos, os quais, por sua vez, amenizam esses impactos.

Nos estudos de Escobar e Ponce (2002), os autores avaliam os benefícios das estradas rurais reabilitadas, com foco na redução dos custos monetários ou de tempo necessários para acessar mercados de produtos e fatores, serviços sociais públicos essenciais, mas com diferencial de avaliar indicadores de bem-estar, como renda e consumo. Os resultados mostram que a acessibilidade dada pela reabilitação viária pode estar relacionada a mudanças nas fontes de renda, uma vez que a estrada reabilitada aumenta as oportunidades de renda não agrícola, especialmente a partir de fontes de emprego. O estudo também constata que a expansão da renda não é comparada com um aumento de consumo equivalente, uma vez que a renda adicional é alocada para a poupança, através de incrementos na pecuária, possivelmente associado ao fato de que a melhoria da qualidade das estradas é percebida como transitória. Em termos de técnica, o estudo avalia domicílios rurais em bairros pobres do Peru usando técnicas de pareamento pos escore de propensão em domicílios localizados perto de estradas reabilitadas a controles adequados.

Outra linha de avaliação é a de acesso e construção de estradas asfaltadas. Bell e van Dillen (2012) analisam os efeitos ao longo do tempo renda líquida das famílias, educação e saúde em uma região pobre e propensa à seca da Índia. Das 30 aldeias originalmente pesquisadas em 2001 e 2002, duas tinham estradas asfaltadas enquanto outras nove receberam a melhoria entre janeiro de 2007 e dezembro de 2009. Usando um modelo de regressão com dados em corte transversal, os autores avaliaram todas as aldeias em comparações "antes e depois". Os resultados mostraram que a renda líquida das famílias em aldeias com pavimento aumentou mais de 5% que as famílias com acesso a estradas não pavimentadas; que houve perda de menos dias de estudo devido ao mau tempo (em grande parte porque os professores tiveram menos faltas); as pessoas com doenças mais graves receberam tratamento mais oportuno e tiveram maior probabilidade de serem tratados em um hospital do que na clínica primária de saúde mais próxima; e os entrevistados classificaram os benefícios de saúde e da educação como sendo tão relevantes quanto aos benefícios "comerciais".

Dercon, Hoddinott e Woldehanna (2007) estudam o processo de crescimento econômico, pobreza e persistência da pobreza em um conjunto de dados em painel que abrange 15 comunidades na Etiópia rural, de 1994 a 2004. Utilizando um modelo dinâmico de dados em painel com efeitos fixos, os autores constatam que a infraestrutura rodoviária e a expansão (sequencial) dos serviços de extensão contribuíram para esse crescimento econômico, embora seja notada também uma alta sensibilidade do consumo aos eventos climáticos (chuvas). Mostram, ainda, que há um efeito de crescimento latente "fixo" que está altamente correlacionado com a pobreza crônica e que esse efeito (de crescimento latente) se correlaciona com os ativos físicos iniciais (como terra ou pecuária), educação e distanciamento das estradas pavimentadas.

Datta (2012) e Martincus e Blyde (2013) avaliam os efeitos de readequação de infraestrutura nos outcomes sociais e de renda. Datta (2012) avalia o Programa do Quadrilátero Dourado da Índia, um grande projeto rodoviário que visava melhorar a qualidade e a largura das rodovias existentes que ligam as quatro maiores cidades da Índia. Com melhoria da qualidade das rodovias, foi constatado que as empresas reduziram seu estoque médio de insumos entre 6 e 12 dias de produção. As empresas das cidades onde a qualidade das estradas não melhoraram não apresentaram mudanças significativas. A

redução nos estoques de insumos também variou inversamente com a distância entre a cidade em que uma empresa estava localizada e a cidade mais próxima em uma rodovia melhorada. As empresas do Quadrilátero Dourado também foram mais propensas a trocar o fornecedor inicialmente designado, sugerindo que essas empresas otimizaram sua escolha de fornecedor após a chegada de melhores rodovias. Para tanto, foram avaliadas empresas em cidades que ficavam ao longo das rotas das quatro rodovias, deixando como grupo controle as empresas de outras cidades não afetadas. Essa característica do projeto permitiu o uso de estimativa de diferenças em diferenças, onde a situação de rodovias reestruturadas e não-reestruturadas, e a distância delas, foram utilizadas como variáveis de tratamento.

Em linha semelhante, Martincus e Blyde (2013) avaliam os efeitos do terremoto que atingiu o Chile em 2010 e constatam que a diminuição da infraestrutura de transporte teve um impacto negativo significativo nas exportações das empresas. De modo a abordar adequadamente os problemas de endogeneidade que afetam a relação entre infraestrutura interna e comércio, os autores combinam dados de exportação (em nível) com informações geográficas detalhadas sobre o Chile, explorando o terremoto ocorrido no país em 2010 como uma fonte exógena de variação na infraestrutura disponível e, consequentemente, nos custos de transporte.

Seguindo a linha de avaliação de custos de transporte, Jacoby e Minten (2009) calculam a disposição a pagar por uma redução dos custos de transporte para famílias rurais e os benefícios de um projeto rodoviário hipotético. A estimativa baseia-se em dados transversais (cross-section) coletados em uma pequena região de Madagascar com grande variação no custo de transporte, possivelmente derivados de um fator exógeno. A ideia por trás do modelo é que uma estrada que essencialmente reduz os custos de transporte pode aumentar a renda de famílias em regiões mais remotas.

Banerjee, Duflo e Qian (2020) estimam o efeito causal do acesso às redes de transporte sobre a atividade econômica em regional na China utilizando uma estratégia empírica inovadora. Para resolver a principal dificuldade inerente à identificação do impacto das rodovias, cujo exato trajeto é não-aleatório, Banerjee, Duflo e Qian (2020) levam em conta que as redes de transporte na China tendem a conectar cidades históricas. Explorando a proximidade dos municípios aos corredores que ligam cidades históricas chinesas, os autores utilizam a menor distância entre os municípios chineses e linhas retas que ligam tais cidades históricas como medida de exógena de acesso dos municípios às redes de transporte. Seguindo tal abordagem, os pesquisadores estimaram o efeito causal do acesso às redes de transporte sobre os resultados econômicos regionais na China. Os resultados mostram que a proximidade com as redes de transporte tem um efeito causal positivo, porém moderado, sobre os níveis de PIB per capita entre os setores, mas nenhum efeito sobre o crescimento do PIB per capita. Tais resultados evidenciam um papel importante da infraestrutura de transporte sobre o desenvolvimento econômico.

Bird e Straub (2020), inspirados pelo trabalho de Banerjee, Duflo e Qian (2020), avaliam o caso brasileiro de rápida expansão da rede rodoviária, que ocorreu entre os anos 60 e os anos 2000, sobre o crescimento e repartição espacial da população e da atividade econômica em todo país. Os autores abordam o problema da endogeneidade nas infraestruturas locais, utilizando uma estratégia empírica original, baseada na estratégia de “experimento natural histórico” constituída pela criação de Brasília, em 1960. Os resultados revelam um padrão duplo, com melhorias nas ligações de transporte que aumentam a concentração da atividade econômica e população em torno dos principais centros do Sul do país, enquanto fomentam centros econômicos secundários em áreas menos desenvolvidas, como a região Norte. Adicionalmente, durante o período as estradas são mostradas como sendo responsáveis por metade do crescimento do PIB per capita, reduzindo, portanto, a desigualdade de renda em termos regionais.

Por fim, outra linha de atuação dos estudos recentes é a avaliação de outros modais de transporte, como de estruturas ferroviárias. Nessa linha, Donaldson (2018) avalia o impacto econômico da construção da rede ferroviária colonial da Índia de 1861 a 1930. Utilizando técnicas para compreender melhor os efeitos de transbordamento (spillover) das variáveis analisadas, o autor utiliza variáveis instrumentais para a construção de linhas ferroviárias e cria um modelo com efeito "placebo", que usa linhas ferroviárias que foram aprovadas e pesquisadas, mas que nunca foram realmente construídas. O autor estima parâmetros estruturais de um modelo de comércio ricardiano utilizando dados apenas sobre preços de sal e fluxos comerciais. Usando dados de nível distrital recém-coletados sobre a produção anual, os preços e os fluxos de comércio interno, o autor elenca as seguintes conclusões: 1) ferrovias reduziram os custos de transporte ao longo das rotas ideais em 73% ; 2) os menores custos de transporte causados pelas ferrovias aumentaram significativamente o comércio inter-regional e internacional da Índia; 3) a oscilação dos preços agrícolas de uma região em relação aos seus próprios choques pluviométricos caiu acentuadamente depois de estar conectada à rede ferroviária, mas sua resposta a choques em outras regiões da rede aumentou; 4) as ferrovias aumentaram a renda agrícola real em 18% nos distritos onde foram construídas.

Attack et al. (2009) investigam os efeitos da "revolução dos transportes", no assentamento e desenvolvimento dos Estados Unidos no século XIX. De modo a compreender a causalidade do caso das ferrovias, isto é, se o desenvolvimento econômico que incentiva a criação de ferrovias ou o contrário, os autores usam um banco de dados de transportes concentrando-se em dois indicadores de mudança econômica: a densidade populacional e a fração da população que vive em áreas urbanas. Utilizando um modelo de diferenças em diferenças (apoiada por variáveis instrumentais) sugere que a chegada da ferrovia teve pouco ou nenhum impacto sobre a densidade populacional. Contudo, os resultados implicam que a ferrovia foi a "causa" da urbanização do centro-oeste, sendo responsável por mais da metade do aumento da fração da população que vive em áreas urbanas durante a década de 1850.

Donald e Hornbeck (2016) examinaram o impacto histórico das ferrovias na economia dos Estados Unidos, com foco na quantificação do impacto agregado sobre o setor agrícola em 1890. A expansão da rede ferroviária pode ter afetado todos os municípios diretamente ou indiretamente, sendo um desafio econômico que surge em muitos cenários empíricos. No entanto, o impacto total em cada município é capturado pelas mudanças no acesso ao mercado, o qual é uma expressão de forma reduzida derivada do equilíbrio geral da teoria de comércio. Foram medidos os acessos aos mercados dos municípios, construindo uma rede de banco de dados de ferrovias e hidrovias, e foram calculados os menores custos de fretes entre cada município. Com base no modelo de dados em painel com efeitos fixos, foram estimados os valores das terras agrícolas, os quais apresentaram expressiva elevação decorrente do acesso dos municípios com a rede ferroviária, a qual foi expandida entre os anos de 1870 e 1890. Estima-se que a remoção de todas as ferrovias em 1890, diminuiria o valor das terras agrícolas nos Estados Unidos em 60%. Para mitigar parcialmente essas perdas, seria necessário a expansão da extensão navegável das hidrovias e melhorias nas estradas secundárias.

Por fim, vale destacar que esta breve descrição da literatura permite uma contextualização das técnicas adotadas na literatura para identificação dos impactos causais de infraestrutura de transporte. Por isso, é importante mencionar que este estudo utiliza uma estratégia empírica de identificação do efeito causal inspirada em Banerjee, Duflo e Qin (2020) e Bird e Straub (2020), ambos discutidos ao longo dessa seção. Isto porque, conforme apontam tais estudos, o exato trajeto de uma infraestrutura de transporte é não-aleatório (i.e. endógeno), portanto não pode ser utilizado para a identificação do seu efeito causal. Para resolver o problema de endogeneidade da localização de infraestrutura de

transporte, este estudo explora a proximidade de uma localidade ao meridiano de 48 graus como uma medida exógena de acesso de um localidade à Ferrovia EF-151, semelhante a Banerjee, Duflo e Qin (2020) que estimam o efeito das rodovias na economia regional da China explorando a proximidade dos municípios aos corredores que ligam cidades históricas chinesas; e a Bird e Straub (2020) que exploram a proximidade dos municípios brasileiros aos corredores que ligam Brasília às demais capitais brasileiras como medida de exógena de acesso dos municípios sobre crescimento econômico e populacional.

Apesar de tal similaridade, existem importantes diferenças entre esse estudo e os artigos de Banerjee, Duflo e Qin (2020) e de Bird e Straub (2020). Primeiramente, tais artigos analisam o impacto do modal rodoviário, enquanto este estudo analisa o impacto do modal ferroviário. Apesar de ambos serem infraestruturas de transporte, o impacto de uma rodovia tende a ser diferente do impacto de uma ferrovia. Uma rodovia tem a característica de permitir o acesso logístico de qualquer município ao longo do percurso que conecta. Diferentemente, a conexão de um município a uma ferrovia depende da disponibilidade de terminais de transbordo de cargas, que são os elos de integração entre a malha logística rodoviária e a ferrovia. Tal peculiaridade da ferrovia será analisada nesse estudo quando será investigado como o impacto da ferrovia varia com a proximidade das localidades aos pátios e terminais multimodais. Por fim, um outro aspecto relevante é que, enquanto o modal rodoviário apresenta efeitos ambientais mais significativos devido ao acesso imediato de qualquer cidade lindinha, tipicamente causando um aumento do desmatamento em forma de “espinha-de-peixe”, o modal ferroviário apresenta outro padrão de impacto, ainda a ser investigado. Os detalhes metodológicos e os resultados desse estudo serão apresentados e discutidos nas seções subsequentes.

## II. O PROGRAMA E VARIÁVEIS ANALISADAS

### II.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

O traçado incipiente da ferrovia Norte-Sul surgiu em 1882, durante o I Congresso Ferroviário do Brasil. O projeto seria entregue ao governo da época e posteriormente nomeado como Plano Bulhões (Santos, 2018). Inicialmente, a extensão da ferrovia partia de Guairá no Paraná, chegando até Belém do Pará, conferindo ao projeto o status de maior extensão da modalidade ferroviária do país. Outra característica marcante da ferrovia era sua integração modal com sistema hidroviário, aproveitando assim o enorme potencial de navegação dos rios Paraná, Tocantins e Araguaia. Desta forma, haveria - integração de 1.120 quilômetros de linhas férreas e 2.150 quilômetros de rios (Silva, 2010).

Efetivamente, a obra ferroviária teria início em 1913, mas em novo traçado, através dos estudos de Paulo de Frontin, engenheiro e político. Sem avanços significativos, o projeto só seria retomado em 1985, no governo Sarney (Silva, 2010), no segmento denominado “Tramo Norte”. Nas palavras de Santos (2020):

O projeto da Estrada de Ferro EF 151, conhecida como Ferrovia Norte-Sul (FNS) começou a ser elaborado em 1985 e sua implantação se iniciou em 1987. Seu traçado original previa a ligação de Açaílândia, no Maranhão, a Anápolis, em Goiás, com extensão de cerca de 1.550 km. Em Açaílândia, a FNS se encontraria com a Ferrovia do Carajás, alcançando o Porto de Itaqui (MA).

O primeiro trecho ligaria a cidade de Açaílândia no Maranhão até onde viria a ser o município de Colinas do Tocantins (até aquele momento, o município pertencia à Goiás). O objetivo era o de desenvolver a região central e norte do estado através da expansão da fronteira agrícola, ligando o interior às regiões portuárias. Paralelamente, outro trecho, em solo goiano, seria construído entre o município de Luziânia e Porangatu, percorrendo 475

quilômetros. Em 1989 teve início a operação comercial entre os municípios maranhenses de Imperatriz e São Luís (Silva, 2010).

Em decorrência do agravamento da crise econômica da época, no segundo semestre de 1989 as obras foram paralisadas, sendo retomadas apenas entre 1994 e 1997 pelo Batalhão de Ferrovias do Exército, até o município de Estreito (MA). Posteriormente, entre 2000 e 2003, através do plano Avança Brasil, o pequeno trecho de 14 km, com construção da ponte ferroviária seguiu até o município de Aguiarnópolis, em Tocantins (Santos, 2020).

A extensão do tramo norte só seria retomada a partir de 2007, período que compreende as obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Em 2007 houve a ligação entre Aguiarnópolis - Araguaína, no Tocantins, contendo 146 quilômetros, enquanto em 2008 foram inaugurados 94 quilômetros entre Araguaína e Colinas do Tocantins, ligando o trecho já operativo de 132 quilômetros de Colinas do Tocantins e Guaraí. Em 2010 liga-se Guaraí a Palmas e Porto Nacional (Silva, 2010). Por fim, o último trecho foi realizado de Porto Nacional à Anápolis (GO), já correspondente ao tramo central da ferrovia (Santos, 2020). A Tabela 1 resume o período de construção do tramo norte.

TABELA 1: CRONOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DA FERROVIA NORTE-SUL (TRAMO NORTE E PARCIALMENTE TRAMO CENTRAL)

| Trechos                                      | Inauguração (mês/ano) | Trecho (km) | Acumulada (km) |
|--|-----------------------|-------------|----------------|
| Açailândia (MA) a Imperatriz (MA)            | 1989                  | 75          | 75             |
| Imperatriz (MA) a Porto Franco/Estreito (MA) | 1996                  | 126         | 201            |
| Estreito (MA) a Aguiarnópolis (TO)           | 2002                  | 14          | 215            |
| Aguiarnópolis (TO) a Araguaína (TO)          | 2007                  | 153         | 368            |
| Araguaína (TO) a Colinas do Tocantins (TO)   | 2008                  | 94          | 462            |
| Colinas do Tocantins (TO) a Guaraí (TO)      | 2010                  | 133         | 595            |
| Guaraí (TO) a Palmas / Porto Nacional (TO)   | 2010                  | 123         | 718            |
| Palmas / Porto Nacional (TO) a Anápolis (GO) | 2014                  | 855         | 1.573          |

Fonte: Santos (2020).

A outorga do trecho inicial da construção e operação foi inicialmente entregue à VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S/A, doravante VALEC. Posteriormente, o trecho de Açailândia até Porto Nacional foi leiloado, sendo o ganhador a Vale. Como resultado, a operação foi repassada para subsidiária logística da VALE criada para este propósito, a Valor da Logística Integrada (VLI). Desta forma, o tramo norte ficaria totalmente integrado à outra ferrovia da VALE, a Carajás, possibilitando assim acesso ao porto de Itaqui, no Maranhão (Santos, 2020).

O trecho do tramo norte e parcialmente tramo central possui quatro terminais intermodais (TIs). A VALEC é a responsável pela implantação da infraestrutura e área destinada à cada terminal, assim como pela licitação dos terrenos destinados aos Polos de Carga. Os TIs são: Palmeirante, próximo ao município vizinho Colinas do Tocantins; Guaraí, (entre os municípios de Tupirama e Pedro Afonso); Porto Nacional, na divisa do município com Palmas; e Gurupi, este já correspondente do tramo central.

## II.2 ASPECTOS REGIONAIS

A história da fronteira agrícola de Tocantins começa no final dos anos 1940, com implantação do projeto “Colônia Agrícola Nacional de Goiás”, que visava a interiorização do país. Através do programa, trabalhadores de diversas áreas do país, em especial paulistas e mineiros, fixaram residência na região do Mato Grosso Goiano. À época, a principal cultura era a de café, substituída posteriormente nas décadas de 1960 por milho, arroz e feijão (ANTT, 2002).

Outros vetores de crescimento do Estado que viriam a ser Tocantins são ligados à questão logística. Os corredores hidroviários do Tocantins e Araguaia são reconhecidamente polos de desenvolvimento desde o período de mineiração no século XVIII. Cidades importantes foram fundadas no curso do rio Tocantins, como Porto Nacional, Pedro Afonso, Peixe e Tocantínia (Santos, 2020).

Com lento processo de abertura de estradas na primeira metade do século XX, a dinâmica é alterada após o planejamento de Brasília, na década de 1950. A estrada BR-153, também chamada de Belém-Brasília, serviria de integração avançada da região às demais áreas do país.

A partir de 1970, o fomento à agricultura com a inclusão da região no Plano de Integração Nacional (PIN), Programa de Redistribution de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e do Nordeste (Proterra) e Programa de Cooperação Brasil-Japão deu novo alento às atividades primárias. Em específico, o projeto de cooperação nipo-brasileiro permitiu o desenvolvimento de grãos para cultivo na região do cerrado, até então dominado pela atividade da pecuária extensiva. Tal plano permitiu o primeiro plantio de soja na região de Pedro Afonso (TO) (Santos, 2020).

Além de tais iniciativas, houve incentivo do governo federal através do programa Polocentro, programa concebido dentro do II PND (Programa Nacional de Desenvolvimento), de 1975 a 1979. À época, o governo federal elegeu o município de Gurupi como polo para a região Centro-Oeste, destinando recursos para pesquisa e cultivo de arroz irrigado. Adicionalmente, o projeto denominado Rio Formoso criou infraestrutura moderna para expansão da cultura na região noroeste do estado de Goiás (posteriormente sudoeste de Tocantins), além de outras culturas, como a cana-de-açúcar, milho, mandioca, feijão e, principalmente a partir de 1985, a soja (Santos, 2020).

Mais recentemente, o transbordamento de produção agrícola foi iniciado em direção ao Oeste da Bahia e posteriormente ao sul do Maranhão, expandindo ao sul do Piauí na década de 1990. A região, que passaria a ser reconhecida como Matopiba<sup>2</sup> (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), iniciaria uma produção consistente de soja, passando de 1,63% do total produzido de soja no país, para 12,36% em 2018 (Santos, 2020).

O Tramo Norte da Ferrovia Norte-Sul corta a região de Matopiba, a qual tem se destacado recentemente em função da sua produção agrícola, voltada para exportação. De acordo com Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2014), a do Matopiba apresenta condições edafoclimáticas, que têm contribuído para o rápido crescimento econômico dessa região, uma vez que, apresenta as condições necessárias para a utilização de modernas técnicas agrícolas, pois é constituída de planícies extensas, solo com expressiva produtividade natural, além de, farta disponibilidade de fontes de água e dias longos com elevada intensidade solar. De acordo com Pereira et al. (2018, p.1)<sup>3</sup>, a “região do Matopiba é composta por 336 municípios de quatro estados fronteiriços, sendo 143 do Maranhão, 130 do Tocantins, 33 do Piauí e trinta da Bahia. A expressão Matopiba, criada a partir das iniciais dos respectivos estados componentes, serve para designar parte do território desses estados pertencentes ao bioma Cerrado e onde se desenvolve agricultura de alta produtividade com uso intensivo de insumos modernos. Essa região vem passando por transformações tanto em relação aos aspectos econômicos quanto sociais, consequência da expansão da agricultura, como produção de grãos, com destaque para soja, milho e algodão”. Portanto, essa região apresenta elementos com tendência para crescer muito no

<sup>2</sup> Decreto 8477/2015 permitiria um plano de desenvolvimento para a região em âmbito federal, sendo oficialmente reconhecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O MATOPIBA envolve uma área de 73,1 milhões de hectares

<sup>3</sup> PEREIRA, Caroline Nascimento; PORCIONATO, Gabriela Lanza; CASTRO, César Nunes de. **Aspectos Socioeconômicos da Região do MATOPIBA.** IPEA: Boletim Regional, Urbano e Ambiental | 18 | jan.-jun. 2018. [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8462/1/BRU\\_n18\\_Aspectos.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8462/1/BRU_n18_Aspectos.pdf)

futuro, dada a especialização da produção de commodities voltadas para exportação. Sendo assim, a FNS conjuntamente com os investimentos públicos em infraestrutura com ênfase no agronegócio, são elementos essenciais, para a alavancagem do crescimento e desenvolvimento econômico e social da região no futuro.

### III. O MODELO E BASE DE DADOS

#### III.1 AR CABOUÇO INSTITUCIONAL E A IDENTIFICAÇÃO DO EFEITO CAUSAL

Para identificar o efeito causal da criação da Ferrovia Norte-Sul, Tramo Norte (EF-151) sobre variáveis socioeconômicas e ambientais descritas anteriormente, este estudo explora o fato da Ferrovia EF-151 ter desde a sua concepção inicial o objetivo de conectar as cidades acima do paralelo de 16 graus (onde se situa a Brasília) à costa do Estado do Maranhão, ao redor do meridiano de 48 graus.

A construção da Ferrovia Norte-Sul foi iniciada em 1987, pelo então Presidente José Sarney, com um traçado inicial que previa uma extensão de aproximadamente 1.550 km, de Açaílândia/MA a Anápolis/GO, de modo a cortar os Estados do Maranhão, Tocantins e Goiás.<sup>4</sup> Aproveitando-se do ambiente institucional e político da época, o Presidente Sarney notou a oportunidade de “lançar” um projeto para o desenvolvimento econômico dos estados do Maranhão, Tocantins e Goiás (região do cerrado brasileiro com expressivo potencial agropecuário e seu reduto político), antes que as forças políticas de outras regiões se organizassem e solicitasse outras prioridades<sup>5</sup>. Nesse sentido, a construção da Ferrovia EF-151 nasce com o racional de induzir ocupação econômica dessa região do cerrado brasileiro, e que conectasse tal região à malha ferroviária brasileira (principalmente a Estrada de Ferro Carajás no sul do Maranhão), promovendo assim uma logística exportadora competitiva, de modo a possibilitar o acesso a portos de grande capacidade. Como parte dessa estratégia de desenvolvimento, o primeiro passo foi dado com a finalização das obras em 1987 do trecho que conecta Açaílândia (na Estrada de Ferro Carajás) à cidade de Imperatriz, no sul do Maranhão<sup>6</sup>.

A nomenclatura da Ferrovia EF-151 segue a nomenclatura das ferrovias nacionais, que se inicia com a sigla EF, que significa Estrada de Ferro, seguida por três algarismos. O primeiro algarismo indica a categoria da ferrovia, de acordo com as definições estabelecidas no Plano Nacional de Viação. Os dois outros algarismos definem a posição, a partir da orientação geral da ferrovia, relativamente à Capital Federal, Brasília, e aos limites do País (Norte, Sul, Leste e Oeste). Se o primeiro algarismo é igual a 0, significa que se trata de uma ferrovia radial (que parte da Capital Federal em direção aos extremos do país). Se o primeiro algarismo é igual 1, trata-se de uma ferrovia longitudinal (corta o país na direção Norte-Sul). Caso o primeiro algarismo seja igual a 2, trata-se de uma ferrovia transversal (que corta o país na direção Leste-Oeste). Já o segundo algarismo define qual meridiano norteará a ferrovia.

<sup>4</sup> O traçado original está construído e atualmente em plena operação.

<sup>5</sup> A região do cerrado brasileiro, precisamente localizada ao norte dos estados de Goiás, Tocantins e Maranhão, possui um expressivo potencial agropecuário em função das suas excepcionais condições edafoclimáticas, pois é composta por extensas planícies, favorecendo a utilização de tecnologias modernas na produção agrícola, como por exemplo, a utilização de tratores e colheitadeiras, possui elevada fertilidade natural, além de ser favorecida com abundância de fontes de água, e com elevado nível insolação no decorrer do ano, permitindo assim, condições para elevada produtividade da produção agrícola, com ênfase nas culturas de soja, milho e algodão.

<sup>6</sup> Estas informações foram obtidas no site da VALEC no endereço <https://www.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/a-ferrovia-norte-sul>.

Assim, de acordo com essa descrição técnica, a Ferrovia EF-151 foi concebida para ser uma ferrovia longitudinal em torno do meridiano de 48 graus (primeiro algarismo igual a 1, e segundo algarismo igual a 5). Diante de tal característica da Ferrovia EF-151, este estudo utiliza a proximidade de uma Área Mínima Comparável (AMC) ao meridiano de 48 graus (a distância da AMC ao meridiano de 48 graus) como uma variável instrumental para o acesso gerado pela Ferrovia EF-151 numa AMC. Intuitivamente, AMCs mais próximas ao meridiano de 48 graus tendem a ser mais exogeneamente afetadas pela Ferrovia EF-151 que as AMCs mais distantes. AMC refere-se a um menor número de municípios necessários para que as comparações intertemporais sejam geograficamente consistentes. Tendo em vista que entre 1970 e 2010 ocorreu uma alteração relevante no número de municípios brasileiros (aumento de 2.767 a 5.564 no período), os quais se tornaram diretamente não-comparáveis ao longo desse período, nesse estudo optou-se por analisar as AMCs brasileiras que são comparáveis ao longo do período analisado (tal como em Bird e Straub, 2020).<sup>7</sup>

Essa característica institucional da Ferrovia EF-151 descrita acima (i.e., ferrovia longitudinal em torno do meridiano de 48 graus) é importante para identificação empírica de seus efeitos causais sobre variáveis socioeconômicas e ambientais das AMCs, já que uma AMC está mais próxima ou mais distante do meridiano de 48 graus (por onde tal ferrovia se norteia) por razões aleatórias, e não por suas características econômicas. Ademais, vale destacar que a medida de proximidade de uma AMC ao meridiano de 48 graus como uma medida exógena de acesso de uma AMC a Ferrovia EF-151 é uma medida exógena que tende a superar os cinco problemas de avaliação, descritos por Andres et al., 2013, costumeiramente enfretados por técnicos em suas avaliações de impacto (viés de seleção, atrito e contaminação amostral, efeitos de transbordamento, longo horizonte temporal, endogeneidade da escolha). Isto porque, primeiramente, todas as AMCs brasileiras na região de influência a Ferrovia EF-151 são igualmente analisadas de acordo com o mesmo método ao longo de 40 anos (1970-2010), não havendo um viés de seleção da amostra, e tão pouco atrito amostral. Ainda, a proximidade de uma AMC ao meridiano de 48 graus é uma medida contínua de distância que captura o efeito da Ferrovia EF-151 não apenas no município onde a ferrovia passa, mas também nos demais municípios. Por essa característica, a variável instrumental, medida exógena de acesso de uma AMC a ferrovia desse estudo, captura potenciais efeitos de transbordamento nos municípios em que a ferrovia não corta. Ademais, este estudo não utiliza um longo horizonte temporal, uma vez que utiliza dados entre 1970 e 2010, período no qual a ferrovia e seus principais pátios e terminais multimodais foram construídos. Para concluir, a distância entre uma AMC e o meridiano de 48 graus não é endógena pois a proximidade de uma AMC a meridiano de 48 graus está relacionada razões aleatórias, e não por suas características econômicas.

Vale destacar que, conforme apontam Banerjee, Duflo e Qin (2020) e Bird e Straub (2020), o exato trajeto de ferrovia é endógeno (i.e., não-aleatório), portanto não pode ser utilizado para a identificação do seu efeito causal. De fato, conforme tais autores, infraestruturas de transporte em geral são potencialmente suscetíveis de passarem por locais específicos de acordo com características observadas ou não observadas que são potencialmente correlacionadas ao seu potencial de desenvolvimento econômico das localidades.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> As áreas mínimas comparáveis (AMC) correspondem a uma divisão de área agregada do menor número de municípios necessários para que as comparações intertemporais sejam geograficamente consistentes. Em outras palavras, não se trata de uma divisão política ou administrativa, mas sim um território fixo, para o qual é possível realizar inferências estatísticas ao longo do tempo. O primeiro trabalho que desenvolveu a metodologia que criou as AMCs foi o Projeto “Desenvolvimento Humano do Brasil” (BRA/97/007) (PNUD-IPEA-FJP-IBGE 1998). Nesse projeto, foram tabuladas as AMCs para os anos de 1970 a 2000 com base nas informações sobre a divisão territorial do Brasil disponível no IBGE.

<sup>8</sup> Por exemplo, eles podem ser priorizados em municípios de rápido crescimento ou naqueles com características geográficas adequadas, caso em que a estimativa de seu impacto seria tendenciosa para cima, caso não seja utilizada uma medida de tratamento

Deve-se salientar que estratégia empírica desse estudo, a proximidade de uma AMC ao meridiano de 48 graus como uma medida exógena de acesso de uma AMC à Ferrovia EF-151, é inspirada em Banerjee, Duflo e Qin (2020) e Bird e Straub (2020). Banerjee, Duflo e Qin (2020) estimam o efeito do acesso às redes de transporte na economia regional da China explorando a proximidade dos municípios aos corredores que ligam cidades históricas chinesas. Bird e Straub (2020) exploram a proximidade dos municípios brasileiros aos corredores que ligam Brasília às demais capitais brasileiras como medida de exógena de acesso dos municípios sobre crescimento econômico e populacional.

### III.2 MODELO ECONOMÉTRICO

Tendo sido apresentada uma descrição conceitual da estratégia empírica desse estudo, serão apresentadas as especificações econométricas utilizadas para a estimação do efeito causal da Ferrovia Norte-Sul, Tramo Norte (EF-151) sobre variáveis socioeconômicas e ambientais.

Conforme discutido na subseção anterior, este estudo utiliza a proximidade de uma AMC ao meridiano de 48 graus como uma variável instrumental, uma medida exógena de acesso de uma AMC à Ferrovia EF-151. Para verificar se a proximidade de uma AMC ao meridiano de 48 graus é, de fato, uma proxy para acesso à ferrovia, será estimada a relação entre a distância de uma AMC ao meridiano de 48 graus e a probabilidade da Ferrovia EF-151 passar pela AMC como um teste de consistência da estratégia empírica desse estudo. Para tanto, será estimada a seguinte equação:

$$Z_i = \delta_0 + \delta_1 \ln D_i + X'_i \delta_2 + \nu_i, \quad (1)$$

na qual a variável  $Z_i$  é uma variável binária que assume valor 1 se a Ferrovia EF-151 passa pela AMC  $i$ , e zero, caso contrário. A variável  $\ln D_i$  constitui a variável de interesse e corresponde ao logaritmo natural da menor distância euclidiana da AMC  $i$  ao meridiano de 48 graus ( $D_i$ ), e  $X'_i$  é um vetor de variáveis de controle da AMC  $i$  no período anterior à construção da Ferrovia EF-151. O termo errático  $\nu_i$  pode seguir uma distribuição logística (num modelo de estimação logística) ou normal (num modelo de estimação probit). Na equação (1), o coeficiente  $\delta_1$  é o parâmetro de interesse e mede o efeito da proximidade da AMC  $i$  ao meridiano de 48 graus sobre probabilidade da Ferrovia EF-151 passar pela AMC  $i$ . O Quadro 1, no Apêndice, apresenta uma descrição completa da construção da variável de interesse (menor distância euclidiana da AMC  $i$  ao meridiano de 48 graus,  $D_i$ ) e das variáveis de controle analisadas.

Para estimar o efeito de longo prazo da melhora de acesso aos mercados provocada pela EF-151 sobre um conjunto de variáveis no nível local (AMC), será considerada a seguinte estimação em forma reduzida:

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln D_i + X'_i \alpha_2 + \varepsilon_i, \quad (2)$$

na qual  $Y_i$  é a variável de resultado na AMC  $i$ , estimada como função do logaritmo natural da menor distância euclidiana da AMC  $i$  ao meridiano de 48 graus  $D_i$ , e  $X'_i$  é um vetor de variáveis de controle da AMC  $i$  no período anterior à construção da Ferrovia EF-151, incluindo-se a variável de interesse pré-construção da ferrovia. Pressupõe-se que o termo errático  $\varepsilon_i$ , tem média zero. Na equação (2), o coeficiente  $\alpha_1$  é o parâmetro de interesse e mede o impacto da proximidade da AMC  $i$  ao meridiano de 48 graus sobre a variável de interesse  $Y_i$ .

---

exógena. Como alternativa, os legisladores podem querer atender às necessidades das regiões atrasadas, com efeitos opostos. Por fim, existem diversos exemplos de obras de infraestrutura alocadas por razões políticas ao invés de razões econômicas, casos em que as estimativas de seu impacto seriam tendenciosas para baixo caso não seja utilizada uma medida de tratamento exógena.

Em resumo, este estudo usa a menor distância euclidiana entre uma AMC e o meridiano de 48 graus como uma medida exógena de melhora de acesso da AMC e identifica os seus impactos na taxa de crescimento da população, PIB *per capita*, PIB da produção agrícola, e variações nominais em indicadores socioeconômicos e ambientais.

Vale informar que serão utilizadas diversas especificações. Por exemplo, com e sem controles, com e sem efeito fixo de Estado (efeito derivado da criação do Estado de Tocantins), com e sem efeito fixo da BR 151 (rodovia existente que também norteia o meridiano de 48 graus). Contudo, na maioria dos casos, serão apresentados apenas os resultados da especificação mais completa (com efeitos fixo de Estado, BR 151, e controles), o qual na grande maioria dos casos, é qualitativamente semelhante às demais especificações.

Ademais, como amostra desse estudo, serão considerados apenas as AMCs situadas acima do paralelo de 16 graus (onde se inicia o tramo-norte da Ferrovia EF-151) e com distância inferior a 763 quilômetros de distância ao meridiano de 48 graus, isto porque há 763 quilômetros a oeste do meridiano de 48 graus, existe o projeto de uma outra Ferrovia, denominada Ferrogrão. Como validade externa e exercício de robustez, serão considerados todas AMCs situadas acima do paralelo de 16, região que compreende grande desenvolvimento do agronegócio período de análise e que compreende aquelas com distância inferior a 1000 (percentil 50) e 1240 (percentil 75) quilômetros de distância do meridiano de 48 graus<sup>9</sup>.

Deve-se notar que a equação (2) pressupõe que o efeito da Ferrovia EF-151 é homogêneo sobre todos as AMCs da amostra. Contudo, o acesso às ferrovias, diferentemente das rodovias, os quais possuem acesso ao longo de quase toda a sua extensão, é limitado aos pátios multimodais e terminais de acesso. Diante disso, espera-se que efeito da ferrovia seja heterogêneo, isto é, o impacto da Ferrovia EF-151 deve ser maior sobre os municípios próximos dos pátios multimodais/terminais de acesso do que sobre os municípios mais distantes dos pátios. Para estimar empiricamente os efeitos heterogêneos da Ferrovia EF-151, será utilizada a especificação em forma reduzida:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln D_i + \beta_2 \ln DP_i + \beta_3 \ln D_i \ln DP_i + X'_i \beta_4 + \varepsilon_i. \quad (3)$$

na qual  $DP_i$  refere-se à menor distância euclidiana da AMC  $i$  ao pátio multimodal/terminal de acesso mais próximo. As demais variáveis foram descritas na equação (2). Note que na equação (3), o parâmetro  $\beta_1$  capta o efeito exclusivo da Ferrovia EF-151, medido pela proximidade da AMC  $i$  ao meridiano de 48 graus, sobre a variável de interesse  $Y_i$ . O parâmetro  $\beta_2$  capta o efeito exclusivo do pátio multimodal/terminal de acesso mais próximo sobre a variável de interesse  $Y_i$ . Por fim, o parâmetro  $\beta_3$  capta o efeito combinado da Ferrovia EF-151 e do pátio multimodal/terminal de acesso próximos sobre a variável de interesse  $Y_i$ . A Figura 1 apresenta uma descrição cartográfica da Ferrovia Norte-Sul, de seus pátios multimodais, terminais de acesso e suas principais.<sup>10</sup>

Derivando-se a equação (3) com relação à  $\ln D_i$ , obtém-se o impacto total da Ferrovia EF-151 sobre a variável de interesse  $Y_i$  que é dada por:

<sup>9</sup> A parte inferior do Quadro 1 apresenta uma descrição dessas diferentes subamostras analisadas nos testes de robustez.

<sup>10</sup> Os seguintes pátios multimodais foram considerados na análise: Pátio Multimodal de Açaílândia, Pátio Multimodal de Aguiarnópolis, Pátio Multimodal de Araguaína, Pátio Multimodal de Colina dos Tocantins, e o ramal ferroviário de 28 km ligando a fábrica da Suzano em Imperatriz até a ferrovia. É necessário realçar que esse ramal ferroviário foi construído pela própria Suzano Papel e Celulose, sendo que, esse ramal, liga a unidade de produção da Suzano em Imperatriz (MA) até a cidade de João Lisboa, o qual faz conexão com a Ferrovia Norte-Sul, para que essa carga tenha como destino final o porto de Itaqui (MA). Conforme a revista o Empreiteiro (07/12/21), a fábrica da Suzano tem capacidade de 1,5 milhões de toneladas por ano, além de gerar excedente de energia da ordem de 100MW. Os investimentos parte industrial e de reflorestamento foram de R\$ 3 bilhões. Na construção do ramal ferroviário interligando à empresa até à Ferrovia Norte-Sul, foram investidos R\$ 100 milhões. <https://revistaoe.com.br/suzano-inaugura-fabrica-em-imperatriz-ma/>, acesso em 10/12/2021.

$$\frac{\partial Y_i}{\partial \ln D_i} = \beta_1 + \beta_3 \ln DP_i. \quad (4)$$

Pela equação (4), o efeito da ferrovia sobre a variável de interesse é medido por  $\beta_1$  adicionado ao efeito combinado do pátio/terminal com a ferrovia que é  $\beta_3$ . Espera-se que o  $\beta_3$  tenha o mesmo sinal do  $\beta_1$  de tal forma que o pátio multimodal/terminal de acesso magnifique os efeitos da ferrovia. Para estimação da equação (3), serão utilizadas as mesmas especificações e amostras utilizadas na estimativa da equação (2).

FIGURA 1 – FERROVIA NORTE-SUL: PÁTIOS MULTIMODAIS, TERMINAIS DE ACESSO E PRINCIPAIS CONEXÕES



Fonte: Site Valec no endereço <https://www.valec.gov.br/>

Notas: Esse mapa apresenta uma descrição cartográfica da Ferrovia Norte-Sul, de seus pátios multimodais, terminais de acesso e suas principais. A Ferrovia Norte-Sul está representada pela linha azul, os pátios multimodais pelos círculos verdes, a Estrada de Ferro Carajás pela linha pontilhada cinza, e as demais conexões pelas linhas vermelhas.

### III.3 BASE DE DADOS

Esta seção descreve as fontes e base de dados utilizadas para estimar o impacto da construção da Ferrovia Norte-Sul, Tramo Norte (EF-151) no Crescimento Econômico, no Desenvolvimento Setorial, no Desenvolvimento Econômico e no Meio Ambiente. Começa-se descrevendo as fontes de dados utilizadas e as variáveis empregadas, logo expõe-se sobre as amostras de dados usadas e por fim as estatísticas descritivas das principais variáveis.

Dessa fonte, foram extraídos dados de várias bases que este instituto possui, começando pelas bases do Censo Demográfico de 1970, 1980 e 2010, obtendo variáveis como população, população urbana, proporção de pessoas com acesso a água, esgoto, iluminação, do sexo feminino, alfabetizadas e que frequentam a escola dos municípios brasileiros. Da base Produção Agrícola Municipal (PAM) foram coletados dados da produção agrícola para os anos de 1974, 1980 e 2010. Os dados sobre a produção de madeira para produção de papel e celulose foram obtidos da PEVS - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura para os anos de 1986 e 2010. Esses dados podem ser encontrados no SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática do IBGE (IBGE, 2021). Os produtos agrícolas, de Extração Vegetal e da Silvicultura foram escolhidos para a análise deste estudo, com base nos produtos mais e menos transportados pelas ferrovias brasileiras no período de 2006 a 2010 (Tabela 10, apêndice A). Os dados sobre Produto Interno Bruto dos municípios foram extraídos do IPEADATA (2021) para os anos de 1970, 1980 e 2010, cuja fonte é o IBGE.

As informações de número de óbitos, óbitos infantis e óbitos fetais dos municípios brasileiros foram obtidos da base SIM – Sistema de Informação de Mortalidade do DATASUS para o ano de 1979, 1980 e 2010 (DATASUS, 2021).

Os dados sobre a área florestal dos municípios foram obtidos no Mapbiomas dos anos de 1980 e 2010 (MAPBIOMAS, 2021). Essas variáveis e fontes estão descritas na Tabela 9.

### III.4 AMOSTRA DOS DADOS

Para este estudo, as informações dos municípios foram transformadas para Áreas Mínimas Comparáveis – AMCs 1970-2010, conforme metodologia de Ehrl (2017) para que seja possível a comparação dessas áreas ao longo do tempo. Outrossim, serão considerados apenas os municípios situados acima do paralelo de Brasília (AMC acima do paralelo 16) devido as seguintes razões: A Ferrovia Norte - Sul Tramo Norte vai de Porto Nacional (próximo a capital Palmas – Estado de Tocantins) até Açaílândia - Maranhão. Além disso, se uma carga é gerada acima do paralelo 16, a logística dela seria otimizada pelo Arco Norte (como Itaqui, ponta da Ferrovia Norte Sul). Se a carga é gerada abaixo do paralelo 16, a saída ideal é pelo Porto de Santos, ou pelos portos da região Sul. As amostras serão divididas por painéis, conforme Tabela 2.

TABELA 2: DEFINIÇÃO DAS AMOSTRAS.

| Descrição das amostras            |   |
|-----------------------------------|---|
| Painel A. Amostra Principal       | AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 menor que 763,39 km   |
| Demais Amostras                   |   |
| Painel B. Todas AMCs paralelo 16  | Todas as AMCs acima do paralelo 16  |
| Painel C. Distância 75º percentil | AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 inferior a 1243,31 km (75º percentil da amostra total acima do paralelo 16) |
| Painel D. Distância 50º percentil | AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 inferior a 999,94 km (50º percentil da amostra total acima do paralelo 16)  |

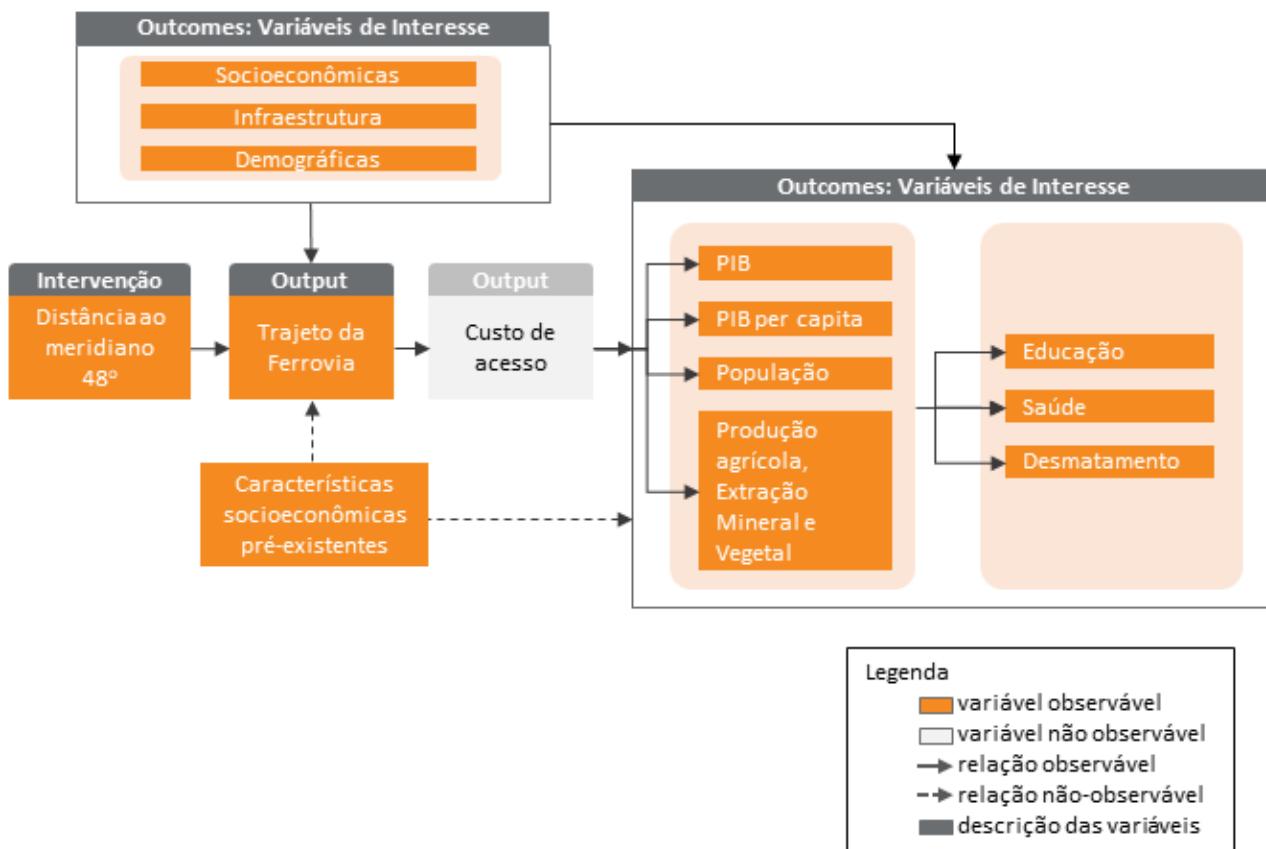
Conforme Tabela 2, o Painel A descreve a amostra principal do estudo que é constituída das AMCs que estão posicionadas acima do paralelo 16 e dentro do intervalo de 763,39 km ao oeste e ao leste do meridiano de 48 graus, isso visto que, a Ferrovia Norte Sul encontra-se localizada no Meridiano 48 e a distância de 763,39 km é a distância entre os meridianos 48 e 55.

O Painel B da Tabela 2 apresenta a amostra composta por todas as AMCs que estão localizadas acima do paralelo 16; o Painel C tem-se a amostra com as AMCs estabelecidas

acima do paralelo 16 e a 1243,31 km ao leste e ao oeste do meridiano 48, essa distância é devido a que 75% das AMCs da amostra total acima do paralelo 16 encontram-se nesse intermédio. Por fim, o Painel D apresenta a definição da amostra contendo as AMCs que estão situadas acima do paralelo 16 e a até 999,94 km ao leste a ao oeste do meridiano 48 (50º percentil). Tais subamostras serão analisadas nos testes de robustez.

Para avaliar os efeitos heterogêneos da Ferrovia EF-151, será também analisado como o impacto da Ferrovia EF-151 nas AMCs varia de acordo com a proximidade da AMCs aos pátios multimodais/terminais de acesso. Para tanto será estimada a equação (3). Conforme discutido anteriormente, espera-se que o impacto da Ferrovia EF-151 seja maior sobre os municípios próximos dos pátios multimodais/terminais de acesso do que sobre os municípios mais distantes dos pátios.

FIGURA – GRAFO ACÍCLICO DIRECIONADO (DAG) para avaliação de impacto da Ferrovia EF-151 Tramo Norte



A figura acima apresenta o Grafo Acíclico Dirigido (Directed Acyclic Graph - DAG) que visa mapear o canal causal entre a construção da ferrovia e as variáveis de interesse, tendo em vista a estratégia empírica adotada nesse estudo e as características pré-existentes que podem afetar as variáveis de interesse (selecionadas com base na literatura existente).

A DAG informa que, conforme a literatura existente (Banerjee et al., 2020; Bird e Straub, 2020; Lewis e Severnini, 2020), a construção da Ferrovia EF-151 causa uma redução do custo de acesso, que por sua vez afeta variáveis de interesse como PIB, PIB per capita, população (Banerjee et al., 2020; Bird e Straub, 2020; Lewis e Severnini, 2020). Por sua vez, tais variáveis tendem a impactar o nível educacional e de saúde da população, e desmatamento das AMCs afetados pela construção da ferrovia, conforme também aponta Banerjee et al., 2020; Bird e Straub, 2020; Lewis e Severnini, 2020. Conforme apontado por tal literatura relacionada, a DAG aponta que características pré-existentes observáveis (tal

como características sócio-econômicas, da infraestrutura existente, e demográficos) e não-observáveis podem afetar as variáveis de interesse, tal como a trajetória da ferroria. Tais relações impõem a priori um desafio para estimação do efeito causal da Ferrovia EF-151 sobre as variáveis de interesse, uma vez que existem efeitos potencialmente confundidores observáveis e não-observáveis (backdoor path). Para obter estimadores causais do efeito da Ferrovia EF-151 sobre as variáveis de interesse, emprega-se o método de variável instrumental com regressões que incluem controles. A variável instrumental é a distância da AMC ao meridiano de 48 graus, que é, por construção, independente das características sócio-econômicas pré-existentes das AMCs, que é uma condição para a estimação causal não viesados. As variáveis incluídas nas regressões que captam as características observáveis (proporção da população com acesso à água, esgoto, iluminação elétrica, proporção da população urbana, proporção da população feminina, proporção de alfabetizados) permite-se mitigar outros potenciais efeitos confundidores observados. Vale notar, conforme apontado na DAG, que nesse estudo será estimado do efeito causal da ferrovia utilizando o estimador de variável instrumental em forma reduzida, uma vez que para o emprego do método de dois-estágios seria necessário a observação do custo de acesso, que não é observado nas bases de dados existentes.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### IV.1 ESTATÍSTICA DESCRIPTIVAS

A Tabela 12, painel A (apêndice A) demonstra que a taxa de crescimento anualizada média para essa amostra do PIB foi de 2,92%, do PIB per capita foi de 1,47% e da população foi de 1,42%. **Desenvolvimento Setorial**. No que se refere a produção agrícola a taxa de crescimento anualizada média da área total colhida foi de 1,15%, do valor total da produção foi de -0,94% e os produtos, em que a produção mais cresceu em média, foram a soja, a cana-de-açúcar e o milho, com uma variação média anual em termos de toneladas respectivamente de 660, 630 e 258. **Meio Ambiente**. No tocante ao desmatamento, de 1980 a 2010 o desmatamento aumento em média por ano 242,9 hectares. **Educação**. Em relação a educação da região, de 1970 a 2010 a proporção de pessoas alfabetizadas por AMC aumentou em média por ano 0,9% e de que frequentam a escola foi de 0,3%. **Saúde**. A respeito do número de óbitos, a variação anual média da proporção de óbitos por AMC foi de 0,007% e uma variação negativa anual pequena queda na proporção de óbitos infantis e fetais<sup>11</sup>.

### IV.2 RESULTADOS PRINCIPAIS

#### IV.2.1 DISTÂNCIA AO MERIDIANO DE 48 GRAUS E ACESSO À FERROVIA EF-151

Para verificar se a proximidade de uma AMC ao meridiano de 48 graus é, de fato, uma proxy exógena para acesso de uma AMC à ferrovia, foi estimada a relação entre a distância de uma AMC ao meridiano de 48 graus e a probabilidade da Ferrovia EF-151 passar pela AMC. Esta análise referem-se, portanto, a estimação da equação (1) na Seção IV.2 e constitui um teste de consistência da estratégia empírica desse estudo. Os resultados das estimações encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3: TESTE DE CONSISTÊNCIA DA MEDIDA EXÓGENA.

|                             | Modelo A    |             | Modelo B   |             |
|-----------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
|                             | (I)         | (II)        | (I)        | (II)        |
| InDistância ao meridiano 48 | -10,0911*** | -20,4758*** | -5,2990*** | -11,5774*** |
| Variáveis de controles      | Não         | Sim         | Não        | Sim         |
| Dummy de Estado             | Não         | Sim         | Não        | Sim         |

<sup>11</sup> Uma descrição detalhada das estatísticas descritivas das variáveis analisadas nas demais amostras encontra-se no apêndice.

|                |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|
| Observações    | 473    | 194    | 194    | 194    |
| R <sup>2</sup> | 0,2660 | 0,3783 | 0,3783 | 0,3872 |

Notas: Os modelos apresentados são para a amostra acima do paralelo de 16 graus, com uma distância menor de 763,39 km ao leste e ao oeste do meridiano de 48 graus (amostra Painel A), com variáveis de controle para o ano de 1970. O Modelo A trata-se de uma regressão logística, modelo base na coluna I e modelo completo na coluna II. E o Modelo B se refere a uma regressão de um modelo Probit, com as mesmas configurações das colunas do Modelo A. \*\*\* significativo a 1%. Os resultados tanto para modelo logit como profit apontam que quanto maior a distância entre uma AMC ao meridiano de 48 graus, menor é a probabilidade da ferrovia passar pela AMC. Esse resultado demonstra que de fato a distância da AMC em relação ao meridiano de 48 graus é uma proxy exógena de acesso de uma AMC a Ferrovia EF-151 utilizada neste estudo.

#### IV.2.2 CRESCIMENTO ECONÔMICO

A Tabela 4 mostra os resultados para o Painel A, reportando o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte sobre o PIB, PIB per capita e a população da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano  $48 < 763,39$  km.

TABELA 4: PAINEL A. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA TAXA DE CRESCIMENTO DO PIB, PIB PER CAPITA E POPULAÇÃO.

|                             | PIB        |            |            |            | PIB <i>per capita</i> |            |            |            | População  |            |           |           |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
|                             | I          | II         | III        | IV         | I                     | II         | III        | IV         | I          | II         | III       | IV        |
| InDistância ao meridiano 48 | -0,4678*** | -0,4581*** | -0,5843*** | -0,5618*** | -0,0623               | -0,3019*** | -0,3042*** | -0,2874*** | -0,4012*** | -0,2422*** | -0,2611** | -0,2571** |
| Variáveis de controles      | Não        | Sim        | Sim        | Sim        | Não                   | Sim        | Sim        | Sim        | Não        | Sim        | Sim       | Sim       |
| Dummy de Estado             | Não        | Não        | Sim        | Sim        | Não                   | Não        | Sim        | Sim        | Não        | Não        | Sim       | Sim       |
| Dummy BR-153                | Não        | Não        | Não        | Sim        | Não                   | Não        | Não        | Sim        | Não        | Não        | Não       | Sim       |
| Observações                 | 470        | 470        | 470        | 470        | 470                   | 470        | 470        | 470        | 470        | 470        | 470       | 470       |
| R <sup>2</sup>              | 0,0546     | 0,0891     | 0,1558     | 0,1651     | 0,0015                | 0,3165     | 0,5256     | 0,5344     | 0,0885     | 0,1897     | 0,2730    | 0,2737    |

Notas: essa tabela reporta o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte no PIB, PIB per capita e na população da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo I é o modelo base, somente com a variável de interesse como variável explicativa. O modelo II insere variáveis de controle, o modelo III inclui a variável dummy de Estado Federativo e o modelo IV é o modelo completo no qual é adicionado a variável dummy BR-153. Os resultados demonstram que quanto mais longe da ferrovia menor é o PIB, PIB *per capita* e a população. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

O modelo I é o modelo base, somente com a variável de interesse como variável explicativa, ou seja, a distância em km da AMC ao meridiano 48. O modelo II insere variáveis de controle (variáveis de infraestrutura, demográficas e sociais), o modelo III inclui o efeito fixo das unidades federativas e o modelo IV é o modelo completo no qual é adicionado a variável binária BR-153, para controlar o possível efeito advindo da rodovia BR-153. Os resultados de todas as colunas evidenciaram um efeito negativo e significativo, demonstrando que quanto mais longe da ferrovia menor é o PIB, PIB per capita e a população, de outra maneira, a Ferrovia impacta positivamente o crescimento econômico das AMCs mais próximas.

#### IV.2.3 DESENVOLVIMENTO SETORIAL

Com base nos resultados dos modelos da Tabela 5 torna-se evidente o impacto positivo e significativo da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na taxa de crescimento e na variação nominal do crescimento setorial agrícola das AMCs próximas a ferrovia da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km (Painel A).

TABELA 5: PAINEL A. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA TAXA DE CRESCIMENTO E VARIAÇÃO DA ÁREA DE COLHIDA E DO VALOR DA PRODUÇÃO

|                             | Taxa de Crescimento |                   | Variação     |                   |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|--------------|-------------------|
|                             | Área Colhida        | Valor da Produção | Área Colhida | Valor da Produção |
|                             |                     | modelo IV         |              | modelo IV         |
| InDistância ao meridiano 48 | -0,9648***          | -0,8693**         | -2,8536***   | -4,2657*          |
| Variáveis de controles      | Sim                 | Sim               | Sim          | Sim               |
| Dummy de Estado             | Sim                 | Sim               | Sim          | Sim               |
| Dummy BR-153                | Sim                 | Sim               | Sim          | Sim               |
| Observações                 | 466                 | 466               | 466          | 466               |
| R <sup>2</sup>              | 0,1616              | 0,1221            | 0,5450       | 0,4658            |

Notas: essa tabela reporta o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na taxa de crescimento e variação nominal do crescimento setorial agrícola, ou seja, na área colhida e no valor da produção para a amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. As colunas reportam o modelo completo (IV). O sinal negativo do efeito da distância da ferrovia, demonstra que quanto mais perto da ferrovia maior a taxa de crescimento e a variação nominal da área colhida e do valor da produção. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

O sinal negativo do efeito da distância da ferrovia, demonstra que quanto mais perto da ferrovia maior a taxa de crescimento e a variação nominal da área colhida e do valor da produção. No que se refere à produção por produto agrícola (Tabela 6), o efeito é negativo e significativo na variação nominal do crescimento setorial agrícola da produção de soja e de milho (produtos mais transportados pelas ferrovias brasileiras), e na variação da produção de trigo e algodão herbáceo (produtos menos transportados pela ferrovia).

TABELA 6: PAINEL A. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA VARIAÇÃO DA QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MAIS TRANSPORTADOS PELA FERROVIA)

|                             | Soja<br>modelo IV | Cana-de-açúcar<br>modelo IV | Milho<br>modelo IV | Arroz<br>modelo IV | Trigo<br>modelo IV | Algodão<br>Arbóreo<br>modelo IV | Algodão<br>Herbáceo<br>modelo IV | Madeira para<br>papel e<br>celulose<br>modelo IV |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------------|--|
| InDistância ao meridiano 48 | -6,9102***        | 1,9583                      | -2,5159***         | -0,0853            | -0,0338*           | -0,0026                         | -0,6076*                         | 7,6762   |
| Variáveis de controles      | Sim               | Sim                         | Sim                | Sim                | Sim                | Sim                             | Sim                              | Sim  |
| Binárias de Estado          | Sim               | Sim                         | Sim                | Sim                | Sim                | Sim                             | Sim                              | Sim  |
| Binária BR-153              | Sim               | Sim                         | Sim                | Sim                | Sim                | Sim                             | Sim                              | Sim  |
| Observações                 | 466               | 466                         | 466                | 466                | 466                | 466                             | 466                              | 474  |
| R <sup>2</sup>              | 0,5549            | 0,1096                      | 0,4866             | 0,1116             | 0,3714             | 0,0494                          | 0,3224                           | 0,0851   |

Notas: essa tabela reporta o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação nominal do crescimento setorial agrícola por produtos, neste especificamente para produtos mais transportados pelas ferrovias brasileiras, para a amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. As colunas reportam o modelo completo (IV). Os resultados demonstram que a ferrovia Norte-Sul Tramo Norte impactou positivamente na produção de soja e de milho. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

#### IV.2.4 MEIO AMBIENTE

Um impacto esperado na região próxima a ferrovia Norte-Sul Tramo Norte, seria sobre o meio ambiente. Em face do exposto, a Tabela 7 apresenta os resultados das estimativas do modelo completo (IV) para o desmatamento da região da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km (Painel A).

TABELA 7: PAINEL A. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA VARIAÇÃO NOMINAL DE DESMATAMENTO.

| Desmatamento                |            |
|-----------------------------|------------|
| IV                          |            |
| InDistância ao meridiano 48 | -12,4237** |
| Variáveis de controles      | Sim        |
| Dummy de Estado             | Sim        |
| Dummy BR-153                | Sim        |
| Observações                 | 471        |
| R <sup>2</sup>              | 0,6809     |

Notas: essa tabela reporta o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte no meio ambiente da região da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km . O modelo demonstrado é o modelo completo (IV). Os resultados evidenciam que quanto mais longe da ferrovia menor é o desmatamento, de outro modo, isso significa que a ferrovia gerou um maior desmatamento. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

Os resultados corroboram com que foi esperado, ou seja, o efeito negativo e significativo demonstra que quanto mais longe da ferrovia menor é o desmatamento, de outro modo, isso significa que a ferrovia gerou um maior desmatamento nas AMCs mais próximas, possivelmente com a substituição da mata nativa pela área com a produção agrícola.

#### IV.2.5 SAÚDE E EDUCAÇÃO

Ao analisar o impacto da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na saúde e educação da região da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km (Painel A) (Tabela 8), é possível evidenciar um efeito na educação, em que, quanto mais perto da ferrovia maior é a proporção de pessoas alfabetizadas.

TABELA 8: PAINEL A. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA VARIAÇÃO NOMINAL DE MORTALIDADE E EDUCAÇÃO.

|                             | Saúde             |                      | Educação          |                    |
|-----------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
|                             | Modelo IV         |                      | Modelo IV         |                    |
|                             | Mortalidade Total | Mortalidade Infantil | Mortalidade Fetal | Frequência Escolar |
| InDistância ao meridiano 48 | 0,0000            | 0,0000               | 0,0000            | -0,0002**          |
| Variáveis de controles      | Sim               | Sim                  | Sim               | Sim                |
| Dummy de Estado             | Sim               | Sim                  | Sim               | Sim                |
| Dummy BR-153                | Sim               | Sim                  | Sim               | Sim                |
| Observações                 | 392               | 392                  | 392               | 470                |
| R <sup>2</sup>              | 0,8997            | 0,9788               | 0,9389            | 0,7424             |
|                             |                   |                      |                   | 0,8359             |

Notas: essa tabela demonstra o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na saúde e educação da região da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo apresentado é o modelo completo (IV). É possível explicar com os resultados dos modelos um efeito na educação, em que, quanto mais perto da ferrovia maior é a proporção de pessoas alfabetizadas. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

#### IV.2.6 EFEITOS HETEROGÊNEOS

Referente aos efeitos heterogêneos espera-se que o sinal do efeito combinado do pátio/terminal com a ferrovia tenha o mesmo sinal do efeito da menor distância euclidiana da AMC ao meridiano de 48 graus, ampliando assim os efeitos da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte. Considerando a amostra principal (Painel A – Tabelas de 22 a 27) esse efeito negativo e significativo foi encontrado para as análises de crescimento econômico, crescimento setorial (neste inclusive demonstrou um efeito sobre a variação da quantidade produzida de arroz, antes não identificado) e sobre o desmatamento. Assim esses efeitos adicionais intensificam o efeito da ferrovia sobre essas variáveis respostas.

### IV.3 ROBUSTEZ E RESULTADOS ADICIONAIS

Para verificar a validade externa dos resultados apresentados acima, foram comparadas as variáveis avaliadas nesse estudo para as AMCs analisadas (isto é, as AMCs acima do paralelo 16 e com distância inferior a 763,39 km do paralelo 48) com as variáveis das demais AMCs do Brasil. Para isso, realizou-se um teste de média das variáveis utilizadas neste estudo. A idéia por trás desse exercício é que se as variáveis das AMCs analisadas são semelhantes às das demais AMCs do Brasil, então as conclusões descritas acima podem ser extendidas à todas AMCs do Brasil.

Os resultados dos testes de média encontram-se na Tabela 13 (apêndice A). Contudo, os resultados dos testes de média mostram que as variáveis das AMCs analisadas não são semelhantes à todas as variáveis das demais AMCs do Brasil. Apenas algumas variáveis são semelhantes, outras não são. Assim, as conclusões descritas acima não podem ser diretamente aplicadas à todas AMCs.

Diante, optou-se por avaliar a validade externa dos resultados acima realizando uma análise de robustez que envolve a estimação dos efeitos da Ferrovia Norte-Sul Tramo Norte em algumas sub-amostras. As seguintes subamostras foram analisadas, considerando diferentes distâncias da ferrovia como cortes. Assim, foram consideradas as seguintes amostras: (i) todas as AMCs acima do paralelo 16 (Painel B, Quadro 1), (ii) AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 menor que 999,94 km – 50º percentil da amostra total acima do paralelo 16 (Painel C, Quadro 1), e (iii) todas AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 inferior a 1243,31 km – 75º percentil da amostra total acima do paralelo 16 (Painel D, Quadro 1).

Por fim, também é analisado o efeito sobre o crescimento econômico entre 1960 e 1970, para avaliar se havia uma tendência prévia de crescimento das AMCs antes da implantação da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte sobre a região.

### IV.4 ANÁLISE EM SUB AMOSTRAS

#### IV.4.1 CRESCIMENTO ECONÔMICO

A Tabela 14 (apêndice A) mostra os resultados do impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte no PIB, PIB per capita e na população nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo IV, em que é o modelo completo.

Comparando os efeitos com amostras de diferentes distâncias da ferrovia, averíguou-se que o efeito de -0,56% na taxa de crescimento anual do PIB das AMCs do Painel A (Tabela 3, seção V.6), demonstra que o impacto foi maior nas AMCs mais próximas da ferrovia. Ao observar as demais análises: para a amostra com AMCs acima do paralelo 16, para uma

localização média de até 999,94 km de distância da ferrovia (Painel D), a cada 1% do aumento da distância, diminui a taxa de crescimento em 0,49% (Painel C), uma diminuição em 0,43% a uma distância média de até 1243,31km e uma redução de 0,48% considerando toda a amostra acima do paralelo 16 (Painel B). No Painel B, é possível verificar que quanto mais longe, maior é o efeito negativo, ou seja, o impacto da ferrovia no crescimento econômico vai perdendo força à medida que a distância da ferrovia se torna muito grande, corroborando que o aumento da taxa de crescimento nas AMCs mais próximas é devido a produção exercida pela ferrovia Norte-Sul Tramo Norte.

No que se refere ao PIB per capita (Tabela 14, apêndice A), estimativa IV, o comportamento dos resultados é semelhante ao do PIB, em que à medida que a amostra se distancia muito da ferrovia, como observado no Painel B, o efeito negativo sobre o a taxa de crescimento anualizada é maior, novamente consolidando o efeito da ferrovia. Os resultados das amostras dos Painéis C e D (< 1243,31 km e < 999,94 km), mais próximas da ferrovia aparentam ter uma taxa de crescimento mais semelhante da amostra do Painel A, em que o efeito é negativo mas menor, em que a cada 1% de distância em km a mais da ferrovia implica em uma taxa de crescimento do PIB per capita menor, mas não tão menor quando comparado ao Painel A e ao Painel B. Da mesma maneira isso acontece de forma similar para a taxa de crescimento da população, em que somente os resultados do Painel A e Painel B, são significativos e negativos.

#### IV.4.2 DESENVOLVIMENTO SETORIAL

A Tabela 15 (apêndice A) apresenta os resultados para a taxa de crescimento anual e variação nominal anual da área colhida e do valor total da produção de produtos agrícolas para as amostras dos Painéis B, C e D. Destaca-se que as AMCs mais próximas da ferrovia Norte-Sul tramo Norte (Painel D) possuem efeitos maiores da ferrovia para a taxa de crescimento da quantidade produzida dos produtos agrícolas, respectivamente -0,74% e -0,69%. No tocante a variação nominal, a amostra que mais distante da ferrovia gera efeitos negativos maiores, evidenciando o efeito da ferrovia sobre a região próxima.

Referente a variação na quantidade produzida dos produtos agrícolas que mais são transportados pelas ferrovias brasileiras (Tabela 16, apêndice A), os efeitos da distância da ferrovia foram significativos para soja e milho, em que a amostra que mais se distancia da ferrovia (Painel B) gera efeitos negativos maiores, evidenciando a perda do efeito em uma maior distância, corroborando para evidenciar o efeito da ferrovia sobre a região próxima.

Quanto aos produtos menos transportados pelas ferrovias brasileiras, os resultados do impacto da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação nominal da quantidade produzida são reportados na Tabela 17 e na Tabela 18 (ambas no apêndice A). Os resultados são significativos a 10% para o trigo no Painel D, para a madeira nos Painéis B e C, e para todas as subamostras do algodão arbóreo e algodão herbáceo. Os resultados apontam que somente nas amostras, em que as AMCs estão mais próximas da ferrovia que o efeito sobre a produção de trigo é gerado, referente ao algodão o efeito é maior nos Painéis D e C. Os resultados corroboram para o impacto da ferrovia na produção de algodão herbáceo em que os efeitos são maiores na amostra do Painel B, evidenciando que quanto mais longe da rodovia menor é o impacto sobre a produção, como também para a madeira, em que no Painel B, a significância se torna menor.

#### V.4.3 Meio Ambiente

Os resultados sobre o efeito estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte, na variação nominal do desmatamento nas AMCs da amostra dos Painéis B, C e D, são apresentados na Tabela 19 (apêndice A). Os resultados corroboram para o impacto da ferrovia no

desmatamento, em que os efeitos são maiores na amostra do Painel B, evidenciando que quanto mais longe da rodovia menor é o impacto sobre o desmatamento.

#### V.4.4 Saúde e Educação

No que se refere aos impactos da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na saúde e na educação (Tabela 20 e Tabela 21, ambas no apêndice A) para as amostras dos Painéis B, C e D, evidencia que não houve impacto para a saúde, mas gerou-se impacto para a educação no período analisado, especialmente para a proporção de alfabetizados em que, houve um efeito negativo e significativo maior no Painel B, demonstrando que quanto maior a distância da ferrovia, menor é o efeito sobre a proporção de alfabetizados.

Assim, os impactos da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte sobre o crescimento econômico e setorial, sobre o desmatamento, saúde e educação nas AMCs mais próximas são corroboradas pelos resultados das sub amostras apresentadas pelos Painéis B, C e D.

### IV.5 ANÁLISE PRÉ-TRATAMENTO

Esse estudo também analisa se existe um efeito pré-tratamento ao analisar se os municípios mais próximos do meridiano de 48 graus apresentavam maiores taxas de crescimento do PIB, PIB per capita e da população na década anterior a construção da Ferrovia EF-151 (isto é, 1960 e 1970). A Tabela 36 (apêndice A) mostra os resultados dessas estimativas. No que se refere a taxa de crescimento anual do PIB, o modelo I mostra um efeito negativo, mas com um efeito marginalmente significativo (significância de 10%). Já o modelo II é observado um efeito pequeno e positivo, também com significância de 10%, o que não indica que os municípios mais próximos do meridiano de 48 graus não apresentavam maiores taxas de crescimento do PIB no período antes da construção da ferrovia. Por fim, na estimação dos efeitos heterogêneos da ferrovia (modelo III) o efeito da ferrovia não é significativo sobre a taxa de crescimento do PIB. Os efeitos estimados são semelhantes para o PIB per capita, referente a taxa de crescimento da população, o efeito é significativo e negativo somente no modelo I (base), ao controlar efeitos do Estado e da rodovia BR-153, o efeito sobre a população torna-se não significativo.

Perante o exposto, há evidências os municípios mais próximos do meridiano de 48 graus não apresentavam maiores taxas de crescimento do PIB, PIB per capita e da população na década anterior a construção da Ferrovia EF-151.

### IV.6 DISCUSSÃO

Nesta seção será discutida a magnitude dos resultados principais os quais foram apresentados nas tabelas 4 a 10. Banerjee et al. (2020) desenvolveram uma forma de acessar a magnitude das estimativas nesse tipo de estudo através da comparação do efeito estimado da distância sobre uma variável analisada em relação à variação média dessa variável ao longo da amostra estudada.<sup>12</sup>

Assim, seguindo Banerjee et al. (2020), a magnitude dos efeitos estimados nesse estudo será calculado pela multiplicação da (distância da AMC no percentil 75/distância da AMC no percentil 25 (menos) 1) pelos efeitos estimados nas tabelas 4 a 10, e comparadas à

<sup>12</sup> Formalmente, derivando-se a equação (2) com relação à  $D_i$ , obtém-se o impacto total da Ferrovia EF-151 sobre a variável de interesse  $Y_i$  que é dada por  $\frac{\partial Y_i}{\partial D_i} = \alpha_1 \frac{1}{D_i}$ , ou, em Termos não infinitesimais,  $\Delta Y_i = \alpha_1 \frac{\Delta D_i}{D_i}$ , isto é, a variação em  $Y_i$  ( $\Delta Y_i$ ) provocada pela  $D_i$  é a medida pelo efeito de  $D_i$  em  $Y_i$  ( $\alpha_1$ ) vezes a variação percentual em  $D_i$  ( $\frac{\Delta D_i}{D_i}$ ).

variações médias das variáveis analisadas. Vale notar que na amostra principal desse estudo, que corresponde as AMCs acima do paralelo 16 e com distância ao meridiano 48 < 763,39 km, a AMC no percentil 75 da distância é aproximadamente 3,2 vezes maior que a AMC no percentil 25 (500 km versus 155 km).

A Tabela 9 apresenta a magnitude dos efeitos estimados para as seguintes variáveis: (i) taxa de crescimento do PIB, (ii) taxa de crescimento do PIB per capital, (iii) taxa de crescimento da população, (iv) taxa de crescimento da área colhida, (v) taxa de crescimento do valor da produção agrícola, (vi) variação da área colhida, (vii) variação do valor da produção agrícola, (viii) variação da produção de soja, (ix) variação da produção de milho, (x) variação da área desmatada (desmatamento), e (xi) variação na taxa de analfabetismo. Tais variáveis foram selecionadas o efeito da distância sobre elas se mostrou persistentemente significante em diversas estimativas.

TABELA 9: MAGNITUDE DOS EFEITOS ESTIMADOS.

|                     | Média anual no período analisado<br>(I) | Efeito Estimado da InDistância ao meridiano 48<br>(modelo completo)<br>(II) | Magnitude do Efeito Estimado<br>(III) | Magnitude em relação à média anual de 1970 a 2010 (III/I)<br>(V) |
|---------------------|---|---|---------------------------------------|--|
| Taxa de Crescimento |   |   |                                       |  |
| PIB                 | 2,920                                   | -0,5618   | 1,23596                               | 42%  |
| PIB per capita      | 1,479                                   | -0,2874   | 0,63228                               | 43%  |
| População           | 1,423                                   | -0,2571   | 0,56562                               | 40%  |
| Área Colhida        | 1,154                                   | -0,9648   | 2,12256                               | 184%   |
| Valor da Produção   | -0,946                                  | -0,8693   | 1,91246                               | 302%   |
| Variação            |   |   |                                       |  |
| Área Colhida        | 3,099                                   | -2,8536   | 6,27792                               | 203%   |
| Valor da Produção   | 4,023                                   | -4,2657   | 9,38454                               | 233%   |
| Soja                | 6,368                                   | -6,9102   | 15,20244                              | 239%   |
| Milho               | 2,581                                   | -2,5159   | 5,53498                               | 214%   |
| Desmatamento Prop.  | 24,296                                  | -12,424   | 27,33214                              | 112%   |
| Alfabetizados       | 0,010                                   | -0,0002   | 0,00044                               | 4%   |

Notas: Esta tabela apresenta a magnitude dos efeitos estimados do *InDistância ao meridiano 48* para as variáveis nos quais os efeitos foram persistentemente significantes em todas as estimativas realizadas. A coluna I apresenta a média anual de tais variáveis ao longo do período analisado. A coluna II apresenta os efeitos estimados do *InDistância ao meridiano 48* sobre as variáveis selecionadas segundo o modelo completo (IV). Na coluna III apresenta-se a magnitude dos efeitos estimados seguindo a metodologia de Banerjee et al. (2020), que corresponde a (distância da AMC no percentil 75/distância da AMC no percentil 25 -1), que é igual 2,2, vezes o efeito estimado (coluna II). A coluna IV compara a magnitude do efeito estimado a média anual das variáveis analisadas, dividindo-se a coluna III pela coluna I.

A coluna I da Tabela 9 apresenta a média anual de tais variáveis ao longo do período analisado. A coluna II apresenta os efeitos estimados do *InDistância ao meridiano 48* sobre as variáveis selecionadas segundo o modelo completo. Na coluna III apresenta-se a magnitude dos efeitos estimados seguindo a metodologia de Banerjee et al. (2020). Por fim, a coluna IV compara a magnitude do efeito estimado a média anual das variáveis analisadas, dividindo-se a coluna III pela coluna I.

Os resultados da Tabela 9 mostram que a diferença percentual da distância da AMC no percentil 75 e AMC no percentil 25 provoca um efeito que corresponde 42% da taxa de crescimento do PIB médio, 43% da taxa de crescimento do PIB per capita, e 40% da taxa

de crescimento da população das AMCs na amostra analisada. Esses resultados evidenciam que o efeito da Ferrovia EF-151 sobre tais variáveis são economicamente relevantes. A Tabela 9 também mostra que os efeitos a taxa de crescimento da área colhida e a taxa de crescimento do valor da produção agrícola são bastante expressivos, correspondendo, respectivamente, à uma taxa de crescimento de 184% e 202% das taxas de crescimento dessas variáveis na amostra. A magnitude dos efeitos sobre variação da área colhida, variação do valor da produção agrícola, variação da produção de soja, variação da produção de milho, e variação da área desmatada (desmatamento) são também bastante expressivos, conforme Tabela 9.

Ainda, o efeito da Ferrovia EF-151 sobre a proporção de alfabetizados não parece economicamente relevante, uma vez que a diferença percentual da distância da AMC no percentil 75 e AMC no percentil 25 produz um efeito que corresponde a 4% da variação a proporção de alfabetizados na amostra analisada. Assim, apesar das estimativas de efeito indicarem que a ferrovia tenha uma redução do analfabetismo, o impacto parece ser economicamente reduzido.

#### IV.6 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Nesta seção será discutida a magnitude dos efeitos da Ferrovia EF-151 sobre as variáveis analisadas de forma aplicada. Tal seção tem como objetivo apresentar parâmetros que possam ser utilizados em análises de impacto *ex ante* de novas ferrovias que venham a ser construídas no país.

Para tanto, utilizou-se como referência o conceito de “influência direta” extraído dos estudos do PROFERR – Ferrovias (trecho Açaílândia – Barcarena), consolidado pela ANTT (2013), o qual considerou impacto em todas as ferrovias até então existentes, isto é, operantes e em planejamento. De forma sucinta, o estudo considera uma área de influência direta como sendo a distância de até 200 km de uma ferrovia, e distâncias superiores a 200km da ferrovia como sendo áreas de influência indireta ou sem influência da infraestrutura.

No mesmo espírito de Banerjee et al. (2020), descrito na seção anterior, as magnitudes dos efeitos da Ferrovia EF-151 serão calculados pela multiplicação da (distância média das AMCs sem influência direta da ferrovia / distância média das AMCs sob influência direta da ferrovia -1) pelos efeitos estimados na coluna I da Tabela 9, e comparados à variações médias das variáveis analisadas. Vale notar que na amostra principal desse estudo, a distância média das AMCs sem influência direta da ferrovia é igual a 514 km, e a distância média das AMCs sob influência direta da ferrovia é igual 100 km. Assim sendo, a magnitude dos efeitos para variáveis analisadas será igual 4,14 (que corresponde a 514/100 - 1) multiplicado pelos efeitos estimados na coluna I da Tabela 9.

A Tabela 10 apresenta a magnitude dos efeitos da Ferrovia EF-151. A coluna I da Tabela 10 apresenta a média anual de tais variáveis ao longo do período analisado para as AMCs localizadas na região de influência direta da ferrovia (isto é, AMCS com até 200 km da ferrovia). Na coluna II apresenta-se a magnitude dos efeitos estimados, calculados conforme a metodologia descrita no parágrafo acima. Por fim, a coluna III compara a magnitude do efeito estimado à média anual das variáveis analisadas. Para tanto, calculase qual a fração das taxas médias de crescimento das variáveis ao longo do período analisado é explicada pela implantação da ferrovia.<sup>13</sup> Vale destacar que as magnitudes dos efeitos da ferrovia na Tabela 10 são calculados para as variáveis que foram significantes estatisticamente na maioria das regressões, as quais são: (i) taxa de crescimento do PIB;

<sup>13</sup> Quando a taxa de crescimento é negativa, a coluna III é calculada da seguinte forma: [Coluna II- Coluna I]/módulo(Coluna I)].

(ii) taxa de crescimento do PIB per capital; (iii) taxa de crescimento da população; (iv) taxa de crescimento da área colhida; (v) taxa de crescimento do valor da produção agrícola; (vi) variação da área colhida; (vii) variação do valor da produção agrícola; (viii) variação da produção de soja; (ix) variação da produção de milho; (x) variação da área desmatada (desmatamento) e; (xi) variação na taxa de analfabetismo.

Os resultados da Tabela 10 mostram que a presença da Ferrovia EF-151 provoca um efeito que corresponde a 66% da taxa de crescimento do PIB médio, 74% da taxa de crescimento do PIB per capita, e 56% da taxa de crescimento da população das AMCs na área de influência da ferrovia (até 200 km da ferrovia), em relação as AMCs fora da área de influência direta da ferrovia. Tais números indicam que as taxas de crescimento do PIB médio, do PIB per capita e da taxa de crescimento da população para os municípios em até 200 km da ferrovia, seriam, respectivamente, 39,8 %, 42,9% e 35,9% menores do que fato ocorreu, caso não tivesse sido construída a Ferrovia EF-151<sup>14</sup>.

Esses resultados evidenciam que os efeitos da Ferrovia EF-151 sobre tais variáveis são economicamente relevantes. A Tabela 10 também mostra que os efeitos a taxa de crescimento da área colhida e a taxa de crescimento do valor da produção agrícola são bastante expressivos. Como os efeitos da ferrovia sobre tais indicadores se mostram superiores a 100%, vale uma interpretação mais cuidadosa da magnitude dos efeitos estimados. Para isso, serão usadas as informações da coluna II do Tabela 10 que trata da magnitude do efeito estimado. De acordo com tal coluna, as taxas de crescimento da área colhida sofreriam uma queda de 4 pontos percentuais na ausência da ferrovia. De acordo com a coluna I da Tabela 10, a taxa de crescimento anual da área colhida entre 1970 e 2010 para uma AMC localizada em até 200 km da rodovia foi de 1,185%, então caso não tivesse sido construída a Ferrovia EF-151, a taxa de crescimento da área colhida para essa AMC teria sido igual -2,815 % (=1,185 % - 4,00%). Isso indica uma taxa de crescimento negativa da área colhida na ausência da ferrovia. De forma equivalente, a coluna II da Tabela mostra que as taxas de crescimento anual do valor da produção agrícola sofreriam uma queda de 3,604 pontos percentuais na ausência da ferrovia. Como a taxa de crescimento do valor da produção agrícola na AMC durante o período analisado foi de -0,261%, então caso não tivesse sido construída a Ferrovia EF-151, a taxa de crescimento do valor da produção agrícola para essa AMC teria sido igual -3,895 % (= -0,261% - 3,604%). Isso também indica uma taxa de crescimento negativa do valor da produção na ausência da ferrovia.

A magnitude dos efeitos sobre variação da área colhida, variação do valor da produção agrícola, variação da produção de soja, variação da produção de milho, e variação da área desmatada (desmatamento) são também bastante expressivos, conforme pode ser observado na Tabela 10.

Adicionalmente, estes números mostram de forma consistente uma possível aplicação direta dos múltiplos encontrados neste estudo para futuros estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) de ferrovias. Em termos práticos, os números da coluna III da Tabela 10 são informativos para se calcular o impacto da construção de uma ferrovia para o horizonte de 40 anos (horizonte analisado nesse estudo). Por exemplo, a partir da coluna III da Tabela 10 pode inferir que construção de uma nova ferrovia aumentará a taxa de crescimento do PIB em média em 66%, do PIB per capita em 74%, da população em

<sup>14</sup> Para demonstrar como tais valores foram obtidos, será utilizado o efeito da Ferrovia EF-151 sobre a taxa de crescimento do PIB como exemplo. Para o caso de tal variável, o efeito adicional estimado da Ferrovia EF-151 sobre a taxa de crescimento do PIB de uma AMC na zona de influência direta da ferrovia é de 66%. Isto significa que, na ausência da ferrovia, uma AMC localizada na área de influência da ferrovia teria a taxa de crescimento correspondendo a 1/1,66(= 0,6024) da taxa de crescimento realizada. Portanto, essa AMC teria uma taxa de crescimento do PIB 39,8% menor do que efetivamente teve, devido à existência da ferrovia.

56%, da área de colhida em 337% e do valor da produção agrícola em 1.378% nos municípios localizado em até 200 km de distância da nova ferrovia.<sup>15</sup>

Contudo, deve-se destacar que as magnitudes de impacto de ferrovias calculados nessa seção foram estimados com base nas estimativas obtidas para o efeito da Ferrovia EF-151 para os municípios na sua área de influência. Portanto, devem ser interpretados e aplicados com cautela, uma vez que tendem a ser produzir parâmetros *ex ante* mais precisos em municípios com características e dimensões semelhantes analisadas nesse estudo (isto é, proporção da população com acesso à água, esgoto, iluminação elétrica, proporção da população urbana, proporção da população feminina, proporção de alfabetizados) e em ferrovias e suas estruturas subjacentes (pátios multimodais/terminais de acesso). Adicionalmente, além desses fatores, ressalta-se que o Tramo Norte da Ferrovia Norte-Sul perpassa praticamente a totalidade de sua extensão no bioma do Cerrado, cuja área apropriou-se de grande desenvolvimento tecnológico na produção agrícola, além de fatores naturais impulsionadores para produção de grãos, como clima, o relevo (planícies extensas), a litologia, a temperatura, umidade do ar, radiação, tipo de solo, vento, composição atmosférica e a precipitação pluvial, além de farta disponibilidade de água e dias longos com elevada intensidade solar<sup>16</sup>.

TABELA 10: MAGNITUDE DOS EFEITOS ESTIMADOS AJUSTADOS DE ACORDO COM PREMISSAS DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE

|                            | Média anual entre 1970 e 2010                         | Magnitude do Efeito Estimado                          | Magnitude em relação à média anual de 1970 a 2010 (III/I)<br>(AMC Influência Direta) |
|----------------------------|---|---|--|
|                            | AMC até 200 km do meridiano 48<br>(Influência Direta) | AMC até 200 km do meridiano 48<br>(Influência Direta) |  |
|                            | (I)   | (II)  | (III)  |
| <b>Taxa de Crescimento</b> |   |   |  |
| PIB                        | 3,536   | 2,329   | 66%  |
| PIB per capita             | 1,620   | 1,191   | 74%  |
| População                  | 1,889   | 1,066   | 56%  |
| Área Colhida               | 1,185   | 4,000   | 337%   |
| Valor da Produção*         | -0,261  | 3,604   | 1478%  |
| <b>Variação</b>            |   |   |  |
| Área Colhida               | 2.586   | 11.830  | 457%   |
| Valor da Produção          | 4.224   | 17.684  | 419%   |
| Soja                       | 4.623   | 28.647  | 620%   |
| Milho                      | 2.552   | 10.430  | 409%   |
| Desmatamento               | 35.107  | 51.504  | 147%   |
| Prop. Alfabetizados        | 0.010   | 0.001   | 9%   |

Notas: Esta tabela apresenta a magnitude dos efeitos estimados do *InDistância ao meridiano 48* para as variáveis nos quais os efeitos foram persistentemente significantes em todas as estimativas realizadas. A coluna I apresenta a média anual de tais variáveis ao longo do período analisado para as AMC localizadas na região de influência direta da ferrovia (isto é, até 200 km). Na coluna II apresenta-se a magnitude dos efeitos estimados que é igual 4,14, vezes o efeito estimado (coluna II da Tabela 9). Note que 4,14 corresponde à expressão (distância média das AMCs sem influência direta da ferrovia / distância média das AMCs sob influência direta da ferrovia -1), tal como descrito no texto. A coluna III compara a magnitude do efeito estimado a média anual das variáveis analisadas, dividindo-se a coluna III pela coluna

<sup>15</sup> Cabe esclarecer que estas são as taxas de variação sobre a taxa de crescimento médio anual das variáveis analisadas, o que não se deve confundir como sendo a própria taxa de crescimento da variável em si. No exemplo, a taxa de crescimento do PIB, do PIB per capita e da população cresceram 66%, 74% e 56%, respectivamente, e não o próprio PIB, PIB per capita e população em si.

<sup>16</sup> Chamados de fatores edafoclimáticos, conforme aponta Pereira, Porcionato e Castro (2018)

I.\*Como a taxa de crescimento média do valor da produção é negativa, a coluna III é calculada pela seguinte expressão: [Coluna II- Coluna I]/módulo(Coluna I)], tal como descrito nota-de-rodapé número 13.

Como exemplo de aplicação desses parâmetros, suponha que um gestor público esteja interessado em avaliar o impacto da construção de uma ferrovia sobre a taxa de crescimento do PIB de um município que está localizado 100 km de distância da nova ferrovia, e que este município possui características semelhantes ao dos municípios analisadas nesse estudo. Além disso, suponha que a nova ferrovia possui características semelhantes à da Ferrovia EF-151 e que será instalada numa região com características equivalentes àquelas nas quais foi instalada tal ferrovia. A título ilustrativo, suponha que a projeção da taxa média de crescimento do PIB desse município para os próximos 40 anos na ausência da ferrovia é de 1% ao ano. De acordo com a Tabela 10, esse município, por estar a 100 km de distância da ferrovia, terá uma taxa média de crescimento do PIB 66% maior do que teria sem a ferrovia (coluna III). Assim, a taxa média de crescimento do PIB para esse município hipotético nos próximos 40 anos com implantação da nova ferrovia será de 1,66% ao ano. O mesmo raciocínio se aplica aos demais indicadores da Tabela 10.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisa o impacto causal da criação da Ferrovia Norte-Sul, Tramo Norte (EF-151) sobre variáveis socioeconômicas e ambientais dos municípios brasileiros. Explorando o fato da Ferrovia EF-151 ter, desde a sua concepção inicial, o objetivo de conectar as cidades acima do paralelo de 16 graus (onde se situa a Brasília) e ao redor do meridiano de 48 graus à costa do Estado do Maranhão, este estudo utiliza a proximidade dos municípios ao referido meridiano como uma medida exógena de acesso de uma AMC à Ferrovia EF-151.

Usando dados sobre medidas socioeconômicas e ambientais dos municípios brasileiros entre 1970 e 2010, mostra-se que municípios mais próximos ao meridiano de referência possuem uma maior taxa de crescimento do PIB, do PIB per capita e da população; uma maior taxa de crescimento e aumento da área colhida e do valor da produção agrícola e aumento da produção de soja e de milho, produtos frequentemente transportados em ferrovias. Ainda, municípios mais próximos ao meridiano de 48 graus tiveram um aumento da proporção de alfabetizados. Por outro lado, municípios mais próximos ao meridiano tiveram um maior desmatamento. A análise da magnitude dos efeitos estimados mostra que todos esses impactos são economicamente relevantes, exceto sobre a taxa de analfabetismo, cuja magnitude de efeito resultante da construção da ferrovia foi a menor dentre todas as variáveis analisadas.

As estimativas também mostram que os pátios multimodais e terminais de acesso são importantes para o impacto da ferrovia para o desenvolvimento local. Isto porque estimou-se que o impacto da Ferrovia EF-151 é maior sobre os municípios próximos dos pátios multimodais e terminais de acesso do que sobre os municípios mais distantes dessas estruturas.

As estimativas também mostram que a Ferrovia EF-151 não afetou as taxas de mortalidade (total, infantil e fetal) e a frequência escolar nos municípios brasileiros. Ainda, o efeito da proximidade dos municípios ao meridiano de 48 graus foi não estatisticamente significante para produtos pouco transportados em ferrovias (arroz, trigo, algodão e madeira). Por fim, estimou-se ausência de efeito pré-tratamento, mostrando que os municípios mais próximos do meridiano de 48 graus não apresentavam maiores taxas de crescimento do PIB, PIB per

capita e da população na década anterior a construção da Ferrovia EF-151 (isto é, 1960 e 1970).

Este estudo apresenta evidências de que obras de infraestrutura do tipo ferrovia tem impacto relevante no crescimento local. Em particular, esse impacto está relacionado com um aumento da produção agrícola, provocada pela redução do custo de acesso, e consequente aumento de produtividade, o que permite a expansão da fronteira agrícola. Este impacto pode ser, inclusive, corroborado com aplicação prática de métrica derivada de um estudo de influência direta de regiões afetadas por ferrovias no Brasil (ANTT, 2013), o qual exemplifica possíveis derivações futuras para estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) de novas ferrovias.

Por fim, os resultados desse estudo sugerem uma recomendação de política relevante para o desenvolvimento econômico de um país: a construção, ampliação, manutenção e melhoria de uma infraestrutura ferroviária pode produzir impactos importantes no desenvolvimento regional e relevantes ganhos de competitividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andres et al. (2013). *Impact Evaluation for Infrastructure: General Guidance and Existing Evidence*. Washington: The World Bank.
- ANTT. (2002). *Estudo de Demanda - Relatório I (trecho Açaílândia-Barcarena) - Audiência Pública 137/2013*. Brasília: Agência Nacional de Transportes Terrestres.
- Assunção, J., Gandour, C., Rocha, R., & Rocha, R. (2020). The Effect of Rural Credit on Deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon. *The Economic Journal*, 290–330.
- Atack, J., Bateman, F., Haines, M., & Margo, R. A. (2009). *Did Railroads Induce Or Follow Economic Growth? Urbanization And Population Growth In The American Midwest, 1850-60*. National Bureau of Economic Research.
- Banerjee, A., Duflo, E., & Qian, N. (2020). On the Road: Access to Transportation Infrastructure and Economic Growth in China. *Journal of Development Economics*.
- Bell, C., & Dillen, S. v. (2012). *How Does India's Rural Roads Program Affect the Grassroots? Findings from a Survey in Orissa*. Washington: The World Bank.
- Bird, J., & Straub, S. (2020). The Brasília experiment: The heterogeneous impact of road access on spatial development in Brazil. *World Development*.
- Cuong, N. V. (2011). Estimation of the impact of rural roads on household welfare in Viet Nam. *Asia-Pacific Development Journal*, 105-135.
- DATASUS. (2021). *Sistema Único de Saúde*. Acesso em 10 de 10 de 2021, disponível em SUS: <https://datasus.saude.gov.br/>
- Datta, S. (2012). The impact of improved highways on Indian firms. *Journal of Development Economics*, 46-57.

- Dercon, S., Hoddinott, J., & Woldehanna, T. (2007). *Growth and Poverty in Rural Ethiopia: Evidence from 15 Communities 1994-2004*. Chronic Poverty Research Centre.
- Donaldson, D. (2008). *Railroads and the Raj: The Economic Impact of Transportation Infrastructure*. Londres: London School of Economics.
- Donaldson, D., & Hornbeck, R. (2016). Railroads and American economic growth: A “market access” approach. *The Quarterly Journal of Economics*, pp. 799-858.
- Erl, P. (2017). Minimum comparable areas for the period 1872-2010: an aggregation of Brazilian municipalities. *Estudos Econômicos*, 47, 215-229.
- Escobal, J., & Ponce, C. (2002). *The benefits of rural roads: enhancing income opportunities for the rural poor*. Lima: GRADE.
- Gonzalez-Navarro, M., & Quintana-Domeque, C. (2012). On the Returns to Infrastructure for the Urban Poor and Politicians: Evidence from a Street Pavement Experiment. *Impact Evaluation Workshop*. Naivasha, Kenya.
- Hunter, A. (2016). *Wikipedia*. Fonte: Wikipedia: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_munic%C3%ADpios\\_do\\_Tocantins\\_por\\_IDH-M](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_munic%C3%ADpios_do_Tocantins_por_IDH-M)
- IBGE. (2021). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Acesso em 10 de 10 de 2021, disponível em SIDRA - Bando de dados Agregados: <https://sidra.ibge.gov.br/>
- IPEADATA. (2021). *Base de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*. Acesso em 15 de 10 de 2021, disponível em Ipeadata Regional: <http://www.ipeadata.gov.br/>
- Jacoby, H. G., & Minten, B. (2008). On measuring the benefits of lower transport costs. *Journal of Development Economics*, 28-38.
- Khandker, S. R., & Koolwal, G. B. (2011). *Estimating the Long-Term Impacts of Rural Roads: A Dynamic Panel Approach*. Washington: The World Bank.
- Khandker, S. R., Bakht, Z., & Koolwal, G. B. (2009). The Poverty Impact of Rural Roads: Evidence from Bangladesh. *Economic development and cultural change*, 685-722.
- Lewis, J., & Severnini, E. (2020). Short- and long-run impacts of rural electrification: Evidence from the historical rollout of the U.S. power grid. *Journal of Development Economics*.
- Lokshin, M., & Yemtsov, R. (2005). Has Rural Infrastructure Rehabilitation in Georgia Helped the Poor? *World Bank Economic Review*, 311-333.
- MAPBIOMAS. (2021). *MAPBIOMAS*. Acesso em 15 de 10 de 2021, disponível em Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil: <https://mapbiomas.org/>
- Martincus, C. V., & Blyde, J. (2013). Shaky roads and trembling exports: Assessing the trade effects of domestic infrastructure using a natural experiment. *Journal of International Economics*, 148-161.

- Mu, R., & Walle, D. v. (2011). Rural Roads and Local Market Development in Vietnam. *The Journal of Development Studies*, 709-734.
- Oliveira, A. V., & Turolla, F. A. (2013). Financiamento da infraestrutura de transportes. *Journal of Transport Literature*, 103-126.
- Pereira, C. N., Porcionato, G. L., & Castro, C. N. (jan-jun de 2018). Aspectos socieconômicos da região do Matopiba. (IPEA, Ed.) *Boletim regional, urbano e ambiental*.
- Rand, J. (2011). Evaluating the employment-generating impact of rural roads in Nicaragua. *Journal of Development Effectiveness*, 28-43.
- Santos, M. T. (2020). *Ferrovia Norte-Sul: Impactos no Desenvolvimento Territorial no Estado do Tocantins*. Goiânia: PUC/GO.
- Silva, E. M. (2010). *Subsídios Para Análise Dos Impactos Da Ferrovia Norte-Sul No Desenvolvimento Dos Municípios Do Tocantins – O Caso De Aguiarnópolis*. Brasília: UnB.

## APÊNDICE A: QUADROS E TABELAS

QUADRO 1: DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS, FONTES E AMOSTRAS

| Variável   | Descrição  | Fonte     |
|--|--|-----------|
| <b>Variáveis de interesse</b>                                  |  |           |
| Distância ao meridiano 48                                      | Distância em km da AMC ao meridiano 48/1000 (média dos municípios da AMC)  | IBGE      |
| InDistância ao meridiano 48                                    | Variável Dist_48/1000 logaritmizada.   | IBGE      |
| <b>Variáveis de resultado</b>                                  |  |           |
| <i>Crescimento Econômico</i>                                   |  |           |
| PIB taxa de crescimento  | Taxa de crescimento média anualizada do Produto Interno Bruto da AMC (a preços constantes do ano de 2010) de 1970 a 2010.                          | IBGE      |
| PIB <i>per capita</i> taxa de crescimento                      | Taxa de crescimento média anualizada do Produto Interno Bruto per capita da AMC (a preços constantes do ano de 2010) de 1970 a 2010.               | IBGE      |
| População taxa de crescimento                                  | Taxa de crescimento média anualizada da população da AMC de 1970 a 2010.   | IBGE      |
| <i>Desenvolvimento Setorial</i>                                |  |           |
| Área total colhida taxa de crescimento                         | Taxa de crescimento média anualizada da área total colhida de produtos agrícolas por AMC de 1974 a 2010.   | IBGE      |
| Valor total da produção taxa de crescimento                    | Taxa de crescimento média anualizada do valor total da produção agrícola (a preços constantes do ano de 2010) por AMC de 1974 a 2010.              | IBGE      |
| Área total colhida variação                                    | Variação nominal anualizada da área total colhida de produtos agrícolas por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 hectares.                           | IBGE      |
| Valor total da produção variação                               | Variação nominal anualizada do valor total da produção agrícola (a preços constantes do ano de 2010) por AMC de 1974 a 2010, Valores em R\$100,00. | IBGE      |
| Soja variação da quantidade produzida                          | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de soja por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 toneladas.                                | IBGE      |
| Cana-de-açúcar variação da quantidade produzida                | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de cana-de-açúcar por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 toneladas.                      | IBGE      |
| Milho variação da quantidade produzida                         | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de milho por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 toneladas.                               | IBGE      |
| Arroz variação da quantidade produzida                         | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de arroz por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 toneladas.                               | IBGE      |
| Trigo em grão variação da quantidade produzida                 | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de trigo em grão por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 toneladas.                       | IBGE      |
| Algodão arbóreo variação da quantidade produzida               | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de algodão arbóreo em caroço por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 toneladas.           | IBGE      |
| Algodão herbáceo variação da quantidade produzida              | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de algodão herbáceo em caroço por AMC de 1974 a 2010, Valores em 100 toneladas.          | IBGE      |
| Madeira para papel e celulose variação da quantidade produzida | Variação nominal anualizada da quantidade total produzida de madeira em tora para papel e celulose 1986 a 2010, Valores em 100 toneladas.          | IBGE      |
| <i>Meio Ambiente</i>   |  |           |
| Desmatamento variação  | Variação nominal anualizada da Área Florestal (Área Florestal do ano de 1980 menos Área Floresta do ano de 2010)                                   | Mapbiomas |

| Variável  | Descrição  | Fonte   |
|---|--|---------|
| <u>Educação</u>   |  |         |
| Alfabetizados variação da proporção   | Variação nominal anualizada da proporção de alfabetizados por AMC de 1970 a 2010.                          | IBGE    |
| Frequenta escola variação da proporção  | Variação nominal anualizada da proporção da população que frequenta a escola por AMC de 1970 a 2010.       | IBGE    |
| <u>Saúde</u>  |  |         |
| Óbitos variação da proporção  | Variação nominal anualizada da proporção de óbitos por AMC de 1979 a 2010.                                 | DATASUS |
| Óbitos infantil variação da proporção   | Variação nominal anualizada da proporção de óbitos infantil por AMC de 1979 a 2010.                        | DATASUS |
| Óbitos fetais variação da proporção   | Variação nominal anualizada da proporção de óbitos fetais por AMC de 1979 a 2010.                          | DATASUS |
| <b>Variáveis de controle</b>  |  |         |
| <u>Infraestrutura</u>   |  |         |
| Água rede geral proporção   | Proporção da população da AMC que tem água da rede de distribuição em casa: com e sem canalização interna. | IBGE    |
| Esgoto rede proporção   | Proporção da população da AMC com acesso a rede de esgoto.   | IBGE    |
| Illuminação Elétrica  | Proporção da população da AMC com energia elétrica em casa.  | IBGE    |
| AMC BR153   | Variável dummy indicando a presença da BR 153 na AMC.  | -       |
| <u>Demográfico</u>  |  |         |
| Urbano proporção  | Proporção da população da AMC que mora em região urbana.   | IBGE    |
| <u>Social</u>   |  |         |
| População Feminina proporção  | Participação feminina da população da AMC.   | IBGE    |
| Alfabetizados proporção   | Proporção da população da AMC alfabetizada.  | IBGE    |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b> |  |         |
| <u>Renda</u>  |  |         |
| PIB   | Produto Interno Bruto da AMC (a preços constantes do ano de 2010) do ano de pré-tratamento.                | IPEA    |
| PIB <i>per capita</i>   | Produto Interno Bruto per capita da AMC (a preços constantes do ano de 2010) do ano de pré-tratamento.     | IPEA    |
| <u>Demográfico</u>  |  |         |
| População   | População da AMC   | IBGE    |
| <u>Setorial</u>   |  |         |
| Área total colhida  | Área total colhida de produtos agrícolas por AMC do ano de pré-tratamento.                                 | IBGE    |
| Valor total da produção   | Valor total da produção agrícola (a preços constantes do ano de 2010) por AMC do ano de pré-tratamento.    | IBGE    |
| Soja quantidade produzida   | Quantidade total produzida de soja por AMC do ano de pré-tratamento.                                       | IBGE    |
| Cana-de-açúcar quantidade produzida   | Quantidade total produzida de cana-de-açúcar por AMC do ano de pré-tratamento.                             | IBGE    |
| Milho quantidade produzida  | Quantidade total produzida de milho por AMC do ano de pré-tratamento.                                      | IBGE    |
| Arroz quantidade produzida  | Quantidade total produzida de arroz por AMC do ano de pré-tratamento.                                      | IBGE    |
| Trigo quantidade produzida  | Quantidade total produzida de trigo por AMC do ano de pré-tratamento.                                      | IBGE    |
| Algodão arbóreo quantidade produzida  | Quantidade total produzida de algodão arbóreo por AMC do ano de pré-tratamento.                            | IBGE    |
| Madeira para papel e celulose quantidade produzida  | Quantidade total produzida de madeira para papel e celulose por AMC do ano de pré-tratamento.              | IBGE    |
| <u>Meio Ambiente</u>  |  |         |

| Variável                     | Descrição   | Fonte     |
|------------------------------|---|-----------|
| <u>Area Florestal Social</u> |   |           |
| Area Florestal               | Área Florestal da AMC do ano de pré-tratamento.                                 | Mapbiomas |
| Alfabetizados proporção      | Proporção de alfabetizados por AMC do ano de pré-tratamento.                    | IBGE      |
| Frequenta escola proporção   | Proporção da população que frequenta a escola por AMC do ano de pré-tratamento. | IBGE      |
| <u>Saúde</u>                 |   |           |
| Óbitos proporção             | Proporção de óbitos por AMC do ano de pré-tratamento.                           | DATASUS   |
| Óbitos infantil proporção    | Proporção de óbitos infantil por AMC do ano de pré-tratamento.                  | DATASUS   |
| Óbitos fetais proporção      | Proporção de óbitos fetais por AMC do ano de pré-tratamento.                    | DATASUS   |

Este quadro apresenta as descrições e fontes das variáveis utilizadas neste estudo. Fonte dos dados: IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-SIDRA, 2021); DATASUS: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde.

TABELA 11: PRODUTOS MAIS E MENOS TRANSPORTADOS PELAS FERROVIAS BRASILEIRAS DE 2006 A 2010 POR TONELADAS POR QUILÔMETRO ÚTIL (TKU).

| Produtos mais transportados |                | Produtos agrícolas e de extração vegetal menos transportados |               |
|-----------------------------|----------------|--|---------------|
| Produtos                    | TKU total      | Produtos   | TKU total     |
| Minério de Ferro            | 9,40216E+11    | Grãos - arroz  | 3.612.913.878 |
| Soja                        | 70.934.829.619 | Grãos – Trigo  | 3.548.615.675 |
| Grãos – Milho               | 32.263.851.216 | Toras de Madeira   | 1.624.589.998 |
| Farelo de Soja              | 30.148.665.850 | Outros - extração Vegetal e Celulose                         | 588.343.967   |
| Açúcar                      | 19.153.742.027 | Outros - Produção agrícola                                   | 448.471.404   |
| Ferro Gusa                  | 15.669.873.067 | Grãos – Malte  | 146.991.510   |
| Carvão Mineral              | 15.246.586.648 | Farinha de Trigo   | 86.508.608    |
| Óleo Diesel                 | 13.382.432.295 | Algodão  | 1.439.907     |
| Bauxita                     | 8.486.382.506  |  |               |
| Prod. Siderúrgicos –        | 8.369.433.275  |  |               |
| Outros                      |                |  |               |

Notas: essa Tabela apresenta os produtos mais e menos transportados pelas ferrovias brasileiras de 2006 a 2010.

TABELA 12: ESTATÍSTICA DESCRIPTIVA

| Variável  | Obs. | Média     | Desvio Padrão | Min        | Max       |
|---|------|-----------|---------------|------------|-----------|
| <i>Painel A: Amostra de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 &lt; 763,39 km e ano de 1970</i> |      |           |               |            |           |
| <b>Variável de interesse</b>  |      |           |               |            |           |
| InDistância ao meridiano 48   | 474  | -1,280926 | 1.004435      | -5,342537  | -0,272122 |
| <b>Variáveis de resultado</b>   |      |           |               |            |           |
| <i>Crescimento Econômico</i>  |      |           |               |            |           |
| PIB taxa de crescimento   | 470  | 2,920293  | 2,018031      | -2,764534  | 12,15507  |
| PIB per capita taxa de crescimento  | 470  | 1,478657  | 1,596182      | -3,489507  | 9,533875  |
| População taxa de crescimento   | 470  | 1,422799  | 1,359685      | -1,74252   | 11,17498  |
| <i>Desenvolvimento Setorial</i>   |      |           |               |            |           |
| Área total colhida taxa de crescimento  | 466  | 1,153657  | 3,687412      | -7,98952   | 18,51678  |
| Valor total da produção taxa de crescimento   | 466  | 0,9459236 | 4,087878      | -10,88516  | 15,09021  |
| Área total colhida variação   | 466  | 3,098778  | 17,86702      | -27,10222  | 264,0325  |
| Valor total da produção variação  | 466  | 4,023283  | 33,11163      | -88,22554  | 413,4782  |
| Soja variação da quantidade produzida   | 466  | 6,368306  | 39,23846      | -0,0733333 | 641,8358  |
| Cana-de-açúcar variação da quantidade produzida   | 466  | 6,329958  | 39,45997      | -65,83334  | 409,2378  |
| Milho variação da quantidade produzida  | 466  | 2,581284  | 14,77241      | -6,315     | 238,9017  |
| Arroz variação da quantidade produzida  | 466  | 0,225338  | 3,606809      | -12,61861  | 45,38111  |
| Trigo em grão variação da quantidade produzida  | 466  | 0,0074762 | 0,1163235     | 0          | 2,095     |
| Algodão arbóreo variação da quantidade produzida  | 466  | -0,020062 | 0,1031806     | -1,806667  | 0         |
| Algodão herbáceo variação da quantidade produzida   | 466  | 0,5247496 | 5,247908      | -3,185     | 85,82694  |
| <i>Educação</i>   |      |           |               |            |           |
| Alfabetizados variação da proporção   | 470  | 0,0099533 | 0,0018103     | 0,0037751  | 0,0156161 |
| Frequenta escola variação da proporção  | 470  | 0,0032574 | 0,0016547     | 0,0019079  | 0,0074178 |
| <i>Saúde</i>  |      |           |               |            |           |

| Variável   | Obs. | Média     | Desvio Padrão | Min        | Max       |
|--|------|-----------|---------------|------------|-----------|
| Óbitos variação da proporção   | 392  | 0,0000726 | 0,0000957     | -0,0004127 | 0,0002715 |
| Óbitos infantil variação da proporção  | 392  | -7,86e-06 | 0,0000293     | -0,0002057 | 0,0000296 |
| Óbitos fetais variação da proporção  | 392  | -1,54e-07 | 0,0000166     | -0,0001466 | 0,0000314 |
| <b>Variáveis de controle</b>   |      |           |               |            |           |
| <i>Infraestrutura</i>  |      |           |               |            |           |
| Água rede geral proporção  | 474  | 0,034823  | 0,066911      | 0          | 0,628314  |
| Esgoto rede proporção  | 474  | 0,002643  | 0,0222575     | 0          | 0,314158  |
| Illuminação Elétrica   | 474  | 0,063433  | 0,0758894     | 0          | 0,737705  |
| <i>Demográfico</i>   |      |           |               |            |           |
| Urbano proporção   | 474  | 0,770004  | 0,1541319     | 0,0399803  | 0,986645  |
| <i>Social</i>  |      |           |               |            |           |
| População Feminina proporção   | 474  | 0,49518   | 0,0170149     | 0,4078759  | 0,546191  |
| Alfabetizados proporção  | 474  | 0,30971   | 0,1017756     | 0,0563472  | 0,686045  |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b>                            |      |           |               |            |           |
| <i>Renda</i>   |      |           |               |            |           |
| PIB  | 474  | 66216,14  | 461967,5      | 822,2158   | 8885168   |
| PIB per capita   | 474  | 1,613937  | 1,219795      | ,1831459   | 16,28158  |
| <i>Demográfico</i>   |      |           |               |            |           |
| População  | 474  | 23214     | 47750,79      | 1442       | 642204    |
| <i>Setorial</i>  |      |           |               |            |           |
| Área total colhida   | 473  | 8148,992  | 14534,83      | 81         | 170844    |
| Valor total da produção  | 473  | 22139,96  | 38989,46      | 390,3614   | 399860,9  |
| Soja quantidade produzida  | 473  | 4,312896  | 39,13454      | 0          | 600       |
| Cana-de-açúcar quantidade produzida  | 473  | 8692,789  | 29609,57      | 0          | 294485    |
| Milho quantidade produzida   | 473  | 1716,638  | 3602,633      | 0          | 41499     |
| Arroz quantidade produzida   | 473  | 2727,939  | 7133,02       | 0          | 95550     |
| Trigo quantidade produzida   | 473  | 0         | 0             | 0          | 0         |
| Algodão arbóreo quantidade produzida   | 473  | 71,42495  | 369,6549      | 0          | 6504      |
| Algodão herbáceo quantidade produzida  | 473  | 276,4123  | 1126,248      | 0          | 11676     |
| <i>Social</i>  |      |           |               |            |           |
| Alfabetizados proporção  | 474  | 0,3097104 | 0,1017756     | 0,0563472  | 0,6860452 |
| Frequenta escola proporção   | 474  | 0,1545382 | 0,0568859     | 0,0256588  | 0,353032  |
| <i>Saúde</i>   |      |           |               |            |           |
| Óbitos variação da proporção   | 395  | 0,0021636 | 0,0027879     | 0          | 0,0166314 |
| Óbitos infantil variação da proporção  | 395  | 0,0004914 | 0,0008963     | 0          | 0,0067964 |
| Óbitos fetais variação da proporção  | 395  | 0,0002103 | 0,0005007     | 0          | 0,0048013 |
| <i>Painel A(2): Amostra total de AMC's acima do paralelo 16 com distância das AMC's ao meridiano 48 &lt; 763,39 km e ano de 1980</i> |      |           |               |            |           |
| <b>Variável de interesse</b>   |      |           |               |            |           |
| InDistância ao meridiano 48  | 471  | -1,282446 | 1,006983      | -5,342537  | 0,2721222 |
| <i>Variáveis de resultado</i>  |      |           |               |            |           |
| <i>Desenvolvimento Setorial</i>  |      |           |               |            |           |
| Madeira para papel e celulose variação da quantidade produzida   | 471  | 2,277473  | 31,69067      | 0          | 502,8971  |
| <i>Meio Ambiente</i>   |      |           |               |            |           |
| Desmatamento variação  | 471  | 24,29562  | 112,8227      | -7,776222  | 1546,042  |
| <i>Variáveis de controle</i>   |      |           |               |            |           |
| <i>Infraestrutura</i>  |      |           |               |            |           |
| Água rede geral proporção  | 471  | 0,0805556 | 0,0727762     | 0          | 0,4370934 |
| Esgoto rede proporção  | 471  | 0,004813  | 0,034892      | 0          | 0,4449838 |
| Illuminação Elétrica   | 471  | 0,1843142 | 0,1385583     | 0          | 0,9476841 |
| <i>Demográfico</i>   |      |           |               |            |           |

| Variável  | Obs. | Média      | Desvio Padrão | Min       | Max       |
|---|------|------------|---------------|-----------|-----------|
| Urbano proporção  | 471  | 0,3027931  | 0,1812842     | 0,0336896 | 0,9677851 |
| <u>Social</u>   |      |            |               |           |           |
| População Feminina proporção  | 471  | 0,4946495  | 0,0140487     | 0,3977689 | 0,5359967 |
| Alfabetizados proporção   | 471  | 0,415335   | 0,1098156     | 0,1683226 | 0,8002223 |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b> |      |            |               |           |           |
| <u>Renda</u>  |      |            |               |           |           |
| PIB   | 471  | 211398,9   | 1698227       | 979,5178  | 3,48e+07  |
| PIB <i>per capita</i>   | 471  | 3,383694   | 3,214427      | ,1878991  | 46,96172  |
| <u>Setorial</u>   |      |            |               |           |           |
| Madeira para papel e celulose quantidade produzida  | 471  | 2287,389   | 49642,13      | 0         | 1077360   |
| <u>Meio Ambiente</u>  |      |            |               |           |           |
| Área Florestal  | 471  | 414703,1   | 1426340       | 3966,781  | 2,07e     |
| <b>Painel B: Amostra total de AMCs acima do paralelo 16 e ano de 1970.</b>                                |      |            |               |           |           |
| <b>Variável de interesse</b>  |      |            |               |           |           |
| InDistância ao meridiano 48   | 1556 | -0,3001011 | 0,8700261     | -5,342537 | 1,003634  |
| <b>Variáveis de resultado</b>   |      |            |               |           |           |
| <u>Crescimento Econômico</u>  |      |            |               |           |           |
| PIB taxa de crescimento   | 1556 | 2,540067   | 1,970896      | -11,10119 | 13,09486  |
| PIB <i>per capita</i> taxa de crescimento   | 1556 | 1,399964   | 1,57814       | -12,63175 | 9,7026    |
| População taxa de crescimento   | 1556 | 1,125572   | 1,238863      | -2,463182 | 11,17498  |
| <u>Desenvolvimento Setorial</u>   |      |            |               |           |           |
| Área total colhida taxa de crescimento  | 1540 | 0,6931838  | 4,318959      | -16,98922 | 18,51678  |
| Valor total da produção taxa de crescimento   | 1540 | -2,781924  | 4,3997        | -18,62947 | 15,09021  |
| Área total colhida variação   | 1540 | 1,860291   | 42,89653      | -27,10222 | 1623,169  |
| Valor total da produção variação  | 1540 | 0,9792956  | 56,07889      | -103,5916 | 2028,747  |
| Soja variação da quantidade produzida   | 1540 | 4,319564   | 87,75301      | 0,0733333 | 3331,833  |
| Cana-de-açúcar variação da quantidade produzida   | 1540 | 9,484321   | 75,82252      | -148,8889 | 2094,594  |
| Milho variação da quantidade produzida  | 1540 | 2,014338   | 39,22075      | -6,950555 | 1497,337  |
| Arroz variação da quantidade produzida  | 1540 | 0,1766825  | 3,754975      | -17,11555 | 116,6256  |
| Trigo em grão variação da quantidade produzida  | 1540 | 0,0024246  | 0,064343      | 0         | 2,095     |
| Algodão arbóreo variação da quantidade produzida  | 1540 | -0,0828754 | 0,2642788     | -4,018055 | 0         |
| Algodão herbáceo variação da quantidade produzida   | 1540 | 0,2440904  | 5,169306      | -3,185    | 167,9167  |
| <u>Educação</u>   |      |            |               |           |           |
| Alfabetizados variação da proporção   | 1548 | 0,009979   | 0,001689      | 0,002795  | 0,015616  |
| Frequenta escola variação da proporção  | 1548 | 0,003283   | 0,001572      | -0,002243 | 0,008013  |
| <u>Saúde</u>  |      |            |               |           |           |
| Óbitos variação da proporção  | 1373 | 0,000030   | 0,000151      | -0,000753 | 0,000313  |
| Óbitos infantil variação da proporção   | 1373 | -0,000036  | 0,000073      | -0,000497 | 0,000035  |
| Óbitos fetais variação da proporção   | 1373 | -3,35e-06  | 0,00002       | -0,000210 | 0,000040  |
| <b>Variáveis de controle</b>  |      |            |               |           |           |
| <u>Infraestrutura</u>   |      |            |               |           |           |
| Água rede geral proporção   | 1556 | 0,0429086  | 0,0803989     | 0         | 0,6283142 |
| Esgoto rede proporção   | 1556 | 0,0036544  | 0,0223515     | 0         | 0,314158  |
| Illuminação Elétrica  | 1556 | 0,1066515  | 0,1171415     | 0         | 0,867479  |
| <u>Demográfico</u>  |      |            |               |           |           |
| Urbano proporção  | 1556 | 0,731893   | 0,1753414     | 0         | 1         |
| <u>Social</u>   |      |            |               |           |           |

| Variável  | Obs. | Média     | Desvio Padrão | Min       | Max       |
|---|------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| População Feminina proporção  | 1556 | 0,4990653 | 0,0205608     | 0,3005579 | 0,5676688 |
| Alfabetizados proporção   | 1556 | 0,2902705 | 0,0949904     | 0,0563472 | 0,7044935 |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b> |      |           |               |           |           |
| <u>Renda</u>  |      |           |               |           |           |
| PIB   | 1556 | 71103,97  | 468502,4      | 491,218   | 9735573   |
| PIB <i>per capita</i>   | 1556 | 2,597702  | 32,11275      | 0,1696755 | 1265,254  |
| <u>Demográfico</u>  |      |           |               |           |           |
| População   | 1556 | 22636,37  | 55810,99      | 874       | 1084786   |
| <u>Setorial</u>   |      |           |               |           |           |
| Área total colhida  | 1554 | 8393,606  | 12002,34      | 67        | 170844    |
| Valor total da produção   | 1554 | 23213,43  | 34345,61      | 390,3614  | 448084,7  |
| Soja quantidade produzida   | 1554 | 1,385457  | 21,75639      | 0         | 600       |
| Cana-de-açúcar quantidade produzida   | 1554 | 23457,64  | 92099,76      | 0         | 1806292   |
| Milho quantidade produzida  | 1554 | 1306,687  | 2902,581      | 0         | 41499     |
| Arroz quantidade produzida  | 1554 | 1094,377  | 5097,86       | 0         | 95550     |
| Trigo quantidade produzida  | 1554 | 0         | 0             | 0         | 0         |
| Algodão arbóreo quantidade produzida  | 1554 | 295,87    | 947,6212      | 0         | 14465     |
| Algodão herbáceo quantidade produzida   | 1554 | 199,1268  | 718,9448      | 0         | 11676     |
| <u>Social</u>   |      |           |               |           |           |
| Alfabetizados proporção   | 1556 | 0,2902705 | 0,0949904     | 0,0563472 | 0,7044935 |
| Frequenta escola proporção  | 1556 | 0,1491077 | 0,0521127     | 0,0240024 | 0,353032  |
| <u>Saúde</u>  |      |           |               |           |           |
| Óbitos variação da proporção  | 1379 | 0,004226  | 0,004879      | 0         | 0,028000  |
| Óbitos infantil variação da proporção   | 1379 | 0,00136   | 0,002244      | 0         | 0,015665  |
| Óbitos fetais variação da proporção   | 1379 | 0,000312  | 0,000613      | 0         | 0,006726  |
| <b>Painel B(2): Amostra total de AMCs acima do paralelo 16 e ano de 1980</b>                              |      |           |               |           |           |
| <b>Variável de interesse</b>  |      |           |               |           |           |
| Indistância ao meridiano 48   | 1552 | -0,298707 | 0,870368      | -5,342537 | 1,003634  |
| <b>Variáveis de resultado</b>   |      |           |               |           |           |
| <u>Desenvolvimento Setorial</u>   |      |           |               |           |           |
| Madeira para papel e celulose variação da quantidade produzida  | 1552 | 2,341891  | 34,72142      | 0         | 974,27    |
| <u>Meio Ambiente</u>  |      |           |               |           |           |
| Desmatamento variação   | 1550 | 14,61385  | 143,7127      | -9,8175   | 4459,347  |
| <b>Variáveis de controle</b>  |      |           |               |           |           |
| <u>Infraestrutura</u>   |      |           |               |           |           |
| Água rede geral proporção   | 1551 | 0,068914  | 0,075561      | 0         | 0,437093  |
| Esgoto rede proporção   | 1551 | 0,009064  | 0,046988      | 0         | 0,575959  |
| Illuminação Elétrica  | 1551 | 0,25858   | 0,169199      | 0         | 0,947684  |
| <u>Demográfico</u>  |      |           |               |           |           |
| Urbano proporção  | 1551 | 0,340272  | 0,191274      | 0,024325  | 1         |
| <u>Social</u>   |      |           |               |           |           |
| População Feminina proporção  | 1551 | 0,500620  | 0,014485      | 0,397768  | 0,54151   |
| Alfabetizados proporção   | 1551 | 0,37763   | 0,106969      | 0,057073  | 0,800222  |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b> |      |           |               |           |           |
| <u>Renda</u>  |      |           |               |           |           |
| PIB   | 1552 | 203662,4  | 1404055       | 509,3459  | 3,48e+07  |
| PIB <i>per capita</i>   | 1551 | 3,633669  | 5,897355      | ,1045241  | 156,497   |
| <u>Setorial</u>   |      |           |               |           |           |
| Madeira para papel e celulose quantidade produzida  | 1552 | 795,0947  | 27551,4       | 0         | 1077360   |
| <u>Meio Ambiente</u>  |      |           |               |           |           |
| Área Florestal  | 1552 | 333422,6  | 1728201       | 29,55114  | 4,18e     |

| Variável   | Obs. | Média     | Desvio Padrão | Min        | Max      |
|--|------|-----------|---------------|------------|----------|
| <i>Painel C: Amostra total de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 &lt; 1243,31 km (75º percentil da amostra amc_paralelo16) e ano de 1970</i> |      |           |               |            |          |
| <b>Variável de interesse</b>   |      |           |               |            |          |
| InDistância ao meridiano 48  |      |           |               |            |          |
|  | 1167 | -0,511077 | 0,908523      | -5,342537  | 0,217744 |
| <b>Variáveis de resultado</b>  |      |           |               |            |          |
| <i>Crescimento Econômico</i>   |      |           |               |            |          |
| PIB taxa de crescimento  | 1160 | 2,629118  | 1,969709      | -3,17769   | 12,19911 |
| PIB per capita taxa de crescimento   | 1160 | 1,469453  | 1,561661      | -4,297381  | 9,7026   |
| População taxa de crescimento  | 1160 | 1,143831  | 1,238768      | -2,176109  | 11,17498 |
| <i>Desenvolvimento Setorial</i>  |      |           |               |            |          |
| Área total colhida taxa de crescimento   | 1156 | -0,366454 | 4,344078      | -16,98922  | 18,51678 |
| Valor total da produção taxa de crescimento  | 1156 | -2,607922 | 4,443605      | -18,20265  | 15,09021 |
| Área total colhida variação  | 1156 | 2,530621  | 49,24537      | -27,10222  | 1623,169 |
| Valor total da produção variação   | 1156 | 2,041401  | 64,09761      | -103,5916  | 2028,747 |
| Soja variação da quantidade produzida  | 1156 | 5,66068   | 101,211       | -0,0733333 | 3331,833 |
| Cana-de-açúcar variação da quantidade produzida  | 1156 | 6,005186  | 73,39876      | -65,83334  | 2094,594 |
| Milho variação da quantidade produzida   | 1156 | 2,636376  | 45,16708      | -6,950555  | 1497,337 |
| Arroz variação da quantidade produzida   | 1156 | 0,183562  | 4,17428       | -17,11555  | 116,6256 |
| Trigo em grão variação da quantidade produzida   | 1156 | 0,00323   | 0,074255      | 0          | 2,095    |
| Algodão arbóreo variação da quantidade produzida   | 1156 | -0,096710 | 0,293964      | -4,018055  | 0        |
| Algodão herbáceo variação da quantidade produzida  | 1156 | 0,342942  | 5,963373      | -3,185     | 167,9167 |
| <i>Educação</i>  |      |           |               |            |          |
| Alfabetizados variação da proporção  | 1160 | 0,009936  | 0,001726      | 0,002795   | 0,015616 |
| Frequenta escola variação da proporção   | 1160 | 0,003311  | 0,001590      | -0,001908  | 0,007418 |
| <i>Saúde</i>   |      |           |               |            |          |
| Óbitos variação da proporção   | 1004 | 0,000053  | 0,000119      | -0,000663  | 0,000274 |
| Óbitos infantil variação da proporção  | 1004 | -0,000020 | 0,000046      | -0,000408  | 0,000035 |
| Óbitos fetais variação da proporção  | 1004 | -1,37e-06 | 0,000019      | -0,000210  | 0,000040 |
| <b>Variáveis de controle</b>   |      |           |               |            |          |
| <i>Infraestrutura</i>  |      |           |               |            |          |
| Água rede geral proporção  | 1167 | 0,041224  | 0,076574      | 0          | 0,628314 |
| Esgoto rede proporção  | 1167 | 0,00379   | 0,02336       | 0          | 0,31416  |
| Illuminação Elétrica   | 1167 | 0,095122  | 0,103741      | 0          | 0,753499 |
| <i>Demográfico</i>   |      |           |               |            |          |
| Urbano proporção   | 1167 | 0,743313  | 0,164059      | 0,002467   | 0,986644 |
| <i>Social</i>  |      |           |               |            |          |
| População Feminina proporção   | 1167 | 0,497901  | 0,020342      | 0,300558   | 0,546191 |
| Alfabetizados proporção  | 1167 | 0,300123  | 0,094403      | 0,056347   | 0,686045 |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b>  |      |           |               |            |          |
| <i>Renda</i>   |      |           |               |            |          |
| PIB  | 1167 | 64080,23  | 439207,2      | 491,218    | 9369947  |
| PIB per capita   | 1167 | 1,756532  | 2,557481      | ,1696755   | 73,11337 |
| <i>Demográfico</i>   |      |           |               |            |          |
| População  | 1167 | 22339,55  | 52801,41      | 874        | 1027197  |
| <i>Setorial</i>  |      |           |               |            |          |
| Área total colhida   | 1166 | 8857,035  | 13210,76      | 81         | 170844   |
| Valor total da produção  | 1166 | 22740,37  | 35398,73      | 390,3614   | 448084,7 |
| Soja quantidade produzida  | 1166 | 1,846484  | 25,10246      | 0          | 600      |

| Variável  |            | Obs. | Média     | Desvio Padrão | Min       | Max       |
|---|------------|------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| Cana-de-açúcar produzida  | quantidade | 1166 | 8584,704  | 28280,02      | 0         | 294485    |
| Milho quantidade produzida  |            | 1166 | 1455,561  | 3097,339      | 0         | 41499     |
| Arroz quantidade produzida  |            | 1166 | 1371,62   | 5662,182      | 0         | 95550     |
| Trigo quantidade produzida  |            | 1166 | 0         | 0             | 0         | 0         |
| Algodão arbóreo produzida   | quantidade | 1166 | 345,3971  | 1054,314      | 0         | 14465     |
| Algodão herbáceo produzida  | quantidade | 1166 | 201,6123  | 791,7816      | 0         | 11676     |
| <u>Social</u>   |            |      |           |               |           |           |
| Alfabetizados proporção   |            | 1167 | 0,300123  | 0,094403      | 0,056347  | 0,686045  |
| Frequenta escola proporção  |            | 1167 | 0,147951  | 0,053803      | 0,025659  | 0,353032  |
| <u>Saúde</u>  |            |      |           |               |           |           |
| Óbitos variação da proporção  |            | 1009 | 0,003369  | 0,003743      | 0         | 0,024971  |
| Óbitos infantil variação da proporção   |            | 1009 | 0,00089   | 0,001441      | 0         | 0,012992  |
| Óbitos fetais variação da proporção   |            | 1009 | 0,000263  | 0,00059       | 0         | 0,006726  |
| <i>Painel C(2): Amostra total de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 &lt; 1243,31 km (75º percentil da amostra amc_paralelo16) e ano de 1980</i> |            |      |           |               |           |           |
| <b>Variável de interesse</b>  |            |      |           |               |           |           |
| InDistância ao meridiano 48   |            | 1163 | -0,509943 | 0,909438      | -5,34254  | 0,217744  |
| <b>Variáveis de resultado</b>   |            |      |           |               |           |           |
| <i>Desenvolvimento Setorial</i>   |            |      |           |               |           |           |
| Madeira para papel e celulose variação da quantidade produzida  |            | 1163 | 3,11007   | 40,08469      | 0         | 974,27    |
| <i>Meio Ambiente</i>  |            |      |           |               |           |           |
| Desmatamento variação   |            | 1162 | 16,34068  | 150,5589      | -9,122684 | 4459,347  |
| <b>Variáveis de controle</b>  |            |      |           |               |           |           |
| <i>Infraestrutura</i>   |            |      |           |               |           |           |
| Água rede geral proporção   |            | 1163 | 0,069296  | 0,073312      | 0         | 0,437093  |
| Esgoto rede proporção   |            | 1163 | 0,009418  | 0,048143      | 0         | 0,575959  |
| Illuminação Elétrica  |            | 1163 | 0,238787  | 0,160423      | 0         | 0,947684  |
| <i>Demográfico</i>  |            |      |           |               |           |           |
| Urbano proporção  |            | 1163 | 0,32629   | 0,185811      | 0,024325  | 1         |
| <i>Social</i>   |            |      |           |               |           |           |
| População Feminina proporção  |            | 1163 | 0,499820  | 0,013966      | 0,397769  | 0,541513  |
| Alfabetizados proporção   |            | 1163 | 0,387859  | 0,106199      | 0,057073  | 0,800222  |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b>   |            |      |           |               |           |           |
| <i>Renda</i>  |            |      |           |               |           |           |
| PIB   |            | 1163 | 191125,7  | 1409591       | 979,5178  | 3,48e     |
| PIB per capita  |            | 1163 | 3,60764   | 6,593792      | 0,187899  | 156,497   |
| <i>Setorial</i>   |            |      |           |               |           |           |
| Madeira para papel e celulose quantidade produzida  |            | 1163 | 1061,038  | 31826,29      | 0         | 1077360   |
| <i>Meio Ambiente</i>  |            |      |           |               |           |           |
| Área Florestal  |            | 1163 | 282369,2  | 1649231       | 174,6279  | 4,18e+07  |
| <i>Painel D: Amostra total de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 &lt; 999,94 km (50º percentil da amostra amc_paralelo16) e ano de 1970</i>     |            |      |           |               |           |           |
| <b>Variável de interesse</b>  |            |      |           |               |           |           |
| InDistância ao meridiano 48   |            | 778  | -0,82479  | 0,970145      | -5,342537 | -0,000161 |
| <b>Variáveis de resultado</b>   |            |      |           |               |           |           |
| <i>Crescimento Econômico</i>  |            |      |           |               |           |           |
| PIB taxa de crescimento   |            | 773  | 2,517173  | 2,01856       | -2,764534 | 12,19911  |
| PIB per capita taxa de crescimento  |            | 773  | 1,296649  | 1,549374      | -3,489507 | 9,7026    |
| População taxa de crescimento   |            | 773  | 1,205104  | 1,270399      | -1,74252  | 11,17498  |
| <i>Desenvolvimento Setorial</i>   |            |      |           |               |           |           |
| Área total colhida taxa de crescimento  |            | 769  | 0,7978518 | 3,51163       | -7,98952  | 18,51678  |
| Valor total da produção taxa de crescimento   |            | 769  | -1,642471 | 3,989895      | -11,27663 | 15,09021  |

| Variável  | Obs. | Média     | Desvio Padrão | Min       | Max       |
|---|------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| Área total colhida variação   | 769  | 4,097458  | 60,17704      | -27,10222 | 1623,169  |
| Valor total da produção variação  | 769  | 3,997033  | 78,26959      | -103,5916 | 2028,747  |
| Soja variação da quantidade produzida   | 769  | 8,275653  | 123,8775      | -,0733333 | 3331,833  |
| Cana-de-açúcar variação da quantidade produzida   | 769  | 7,820481  | 87,96825      | -65,83334 | 2094,594  |
| Milho variação da quantidade produzida  | 769  | 3,556039  | 55,16927      | -6,315    | 1497,337  |
| Arroz variação da quantidade produzida  | 769  | 0,2852301 | 5,068561      | -12,61861 | 116,6256  |
| Trigo em grão variação da quantidade produzida  | 769  | 0,004855  | 0,091019      | 0         | 2,095     |
| Algodão arbóreo variação da quantidade produzida  | 769  | -0,078891 | 0,291292      | -4,018055 | 0         |
| Algodão herbáceo variação da quantidade produzida   | 769  | 0,538641  | 7,299563      | -3,185    | 167,9167  |
| <u>Educação</u>   |      |           |               |           |           |
| Alfabetizados variação da proporção   | 773  | 0,010085  | 0,001723      | 0,002795  | 0,015616  |
| Frequenta escola variação da proporção  | 773  | 0,003400  | 0,001584      | -0,001908 | 0,007418  |
| <u>Saúde</u>  |      |           |               |           |           |
| Óbitos variação da proporção  | 661  | 0,000062  | 0,000111      | -0,000663 | 0,000271  |
| Óbitos infantil variação da proporção   | 661  | -0,000016 | 0,000039      | -0,000278 | 0,000029  |
| Óbitos fetais variação da proporção   | 661  | -8,39e    | 07            | 0,000018  | -0,000188 |
| <b>Variáveis de controle</b>  |      |           |               |           |           |
| <u>Infraestrutura</u>   |      |           |               |           |           |
| Água rede geral proporção   | 778  | 0,039972  | 0,071431      | 0         | 0,628314  |
| Esgoto rede proporção   | 778  | 0,004588  | 0,025650      | 0         | 0,31416   |
| Illuminação Elétrica  | 778  | 0,080706  | 0,08617       | 0         | 0,737705  |
| <u>Demográfico</u>  |      |           |               |           |           |
| Urbano proporção  | 778  | 0,753066  | 0,1599        | 0,039980  | 0,986645  |
| <u>Social</u>   |      |           |               |           |           |
| População Feminina proporção  | 778  | 0,497304  | 0,018015      | 0,407876  | 0,546191  |
| Alfabetizados proporção   | 778  | 0,300288  | 0,096018      | 0,056347  | 0,686045  |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b> |      |           |               |           |           |
| <u>Renda</u>  |      |           |               |           |           |
| PIB   | 778  | 59758     | 366302,7      | 822,2158  | 8885168   |
| PIB per capita  | 778  | 1,696343  | 1,216063      | 0,183145  | 16,28158  |
| <u>Demográfico</u>  |      |           |               |           |           |
| População   | 778  | 23584,13  | 41886,33      | 1442      | 642204    |
| <u>Setorial</u>   |      |           |               |           |           |
| Área total colhida  | 777  | 9208,58   | 14391,37      | 81        | 170844    |
| Valor total da produção   | 777  | 25763,66  | 39990,88      | 390,3614  | 448084,7  |
| Soja quantidade produzida   | 777  | 2,770914  | 30,71559      | 0         | 600       |
| Cana-de-açúcar quantidade produzida   | 777  | 9053,878  | 29302,97      | 0         | 294485    |
| Milho quantidade produzida  | 777  | 1485,699  | 3087,827      | 0         | 41499     |
| Arroz quantidade produzida  | 777  | 1884,75   | 6410,355      | 0         | 95550     |
| Trigo quantidade produzida  | 777  | 0         | 0             | 0         | 0         |
| Algodão arbóreo quantidade produzida  | 777  | 281,2651  | 1043,819      | 0         | 14465     |
| Algodão herbáceo quantidade produzida   | 777  | 181,5792  | 888,9941      | 0         | 11676     |
| <u>Social</u>   |      |           |               |           |           |
| Alfabetizados proporção   | 778  | 0,300288  | 0,096018      | 0,056347  | 0,686045  |
| Frequenta escola proporção  | 778  | 0,147289  | 0,054271      | 0,025659  | 0,35303   |
| <u>Saúde</u>  |      |           |               |           |           |
| Óbitos variação da proporção  | 661  | -8,39e    | 07            | 0,000018  | -0,000188 |
| Óbitos infantil variação da proporção   | 664  | 0,002883  | 0,003525      | 0         | 0,024971  |

| Variável   | Obs. | Média    | Desvio Padrão | Min       | Max       |
|--|------|----------|---------------|-----------|-----------|
| Óbitos fetais variação da proporção  | 664  | 0,000756 | 0,001227      | 0         | 0,009180  |
| <i>Painel D(2): Amostra total de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 &lt; 999,94 km (50º percentil da amostra amc_paralelo16) e ano de 1980</i> |      |          |               |           |           |
| <b>Variável de interesse</b>   |      |          |               |           |           |
| InDistância ao meridiano 48  | 774  | -0,82470 | 0,97203       | -5,34254  | -0,000161 |
| <b>Variáveis de resultado</b>  |      |          |               |           |           |
| <i>Desenvolvimento Setorial</i>  |      |          |               |           |           |
| Madeira para papel e celulose variação da quantidade produzida   | 774  | 1,385904 | 24,73604      | 0         | 502,8971  |
| <i>Meio Ambiente</i>   |      |          |               |           |           |
| Desmatamento variação  | 774  | 22,69201 | 182,9973      | -9,122684 | 4459,347  |
| <b>Variáveis de controle</b>   |      |          |               |           |           |
| <i>Infraestrutura</i>  |      |          |               |           |           |
| Água rede geral proporção  | 774  | 0,074678 | 0,071718      | 0         | 0,437093  |
| Esgoto rede proporção  | 774  | 0,011126 | 0,051286      | 0         | 0,481723  |
| Iluminação Elétrica  | 774  | 0,215612 | 0,148090      | 0         | 0,947684  |
| <i>Demográfico</i>   |      |          |               |           |           |
| Urbano proporção   | 774  | 0,312779 | 0,180606      | 0,024325  | 0,967785  |
| <i>Social</i>  |      |          |               |           |           |
| População Feminina proporção   | 774  | 0,497179 | 0,014441      | 0,397769  | 0,541513  |
| Alfabetizados proporção  | 774  | 0,395204 | 0,107202      | 0,168323  | 0,800222  |
| <b>Variáveis de controle – outras: utilizadas como controle dependendo da variável resposta do modelo</b>  |      |          |               |           |           |
| <i>Renda</i>   |      |          |               |           |           |
| PIB  | 774  | 180363,7 | 1337909       | 979,5178  | 3,48e+07  |
| PIB per capita   | 774  | 3,509213 | 2,972485      | 0,187899  | 46,96172  |
| <i>Setorial</i>  |      |          |               |           |           |
| Madeira para papel e celulose quantidade produzida   | 774  | 1391,938 | 38724,91      | 0         | 1077360   |
| <i>Meio Ambiente</i>   |      |          |               |           |           |
| Área Florestal   | 774  | 383247,4 | 1993383       | 554,1714  | 4,18e     |

Notas: 1) Essa tabela apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas neste estudo. O Painel A reporta a estatística descritiva das variáveis para a amostra de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 < 763,39 km para os anos de 1970 e 1980 (Painel A(2)). O Painel B descreve as informações da estatística descritiva para a amostra total de AMCs acima do paralelo 16 para os anos de 1970 e 1980 (Painel B(2)). O Painel C apresenta as estatísticas descritivas para a amostra total de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 < 1243,31 km (75º percentil da amostra amc\_paralelo16) para os anos de 1970 e 1980 (Painel C(2)). E o Painel D reporta a estatística descritiva para a amostra total de AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano 48 < 999,94 km (50º percentil da amostra amc\_paralelo16) para os anos de 1970 e 1980 (Painel D(2)). 2) Os resultados do Painel A foram apresentados e discutidos no texto. 3) O Painel B apresenta a estatística descritas das variáveis analisadas para a amostra composta por todas as AMCs acima do paralelo 16. Tal painel demonstra que a taxa de crescimento anualizada média do PIB e do PIB per capita foram respectivamente de 2,54% e 1,40%, e da população foi de 1,12%. Desenvolvimento Setorial. No tocante a produção agrícola a taxa de crescimento anualizada média da área total colhida foi de -0,69%, do valor total da produção foi de -2,78% e os produtos, em que a produção mais cresceu em média, foram: cana-de-açúcar, soja e milho, com uma variação média anual em termos de toneladas respectivamente de 432, 948 e 201. Meio Ambiente. O desmatamento, de 1980 a 2010 aumento em média por ano 146,1 hectares. Educação. A proporção de pessoas alfabetizadas por AMC de 1970 a 2010 aumentou em média por ano 0,9% e de que frequentam a escola foi de 0,3%. Saúde. A variação anual média da proporção de óbitos por AMC foi de 0,003% e uma variação negativa anual pequena queda na proporção de óbitos infantis e fetais. 4) O Painel C apresenta a estatística descritas das variáveis analisadas para a amostra composta por todas as amostra de todas as AMCs acima do paralelo 16 e a 1243,31 km ao leste e ao oeste do meridiano 48, a taxa de crescimento anualizada média do PIB, do PIB per capita e da população foram respectivamente de 2,63%, 1,47%, e 1,14%. Desenvolvimento Setorial. No que se refere a produção agrícola a taxa de crescimento média anualizada da área total colhida foi de -0,37%, do valor total da produção foi de -2,61% e os produtos, em que a produção mais cresceu em média, foram: cana-de-açúcar, soja e madeira para papel e celulose, com uma variação média anual em termos de toneladas respectivamente de 600, 566 e 311. Meio Ambiente. O desmatamento, de 1980 a 2010 aumento em

média por ano 163,4 hectares. Educação. A proporção de pessoas alfabetizadas por AMC de 1970 a 2010 aumentou em média por ano 0,9% e de que frequentam a escola foi de 0,3%. Saúde. A variação anual média da proporção de óbitos por AMC foi de 0,005% e uma variação negativa anual pequena queda na proporção de óbitos infantis e fetais. 4) O Painel D apresenta a estatística descritas das variáveis analisada para a amostra composta por as AMCs acima do paralelo 16 com distância das AMCs ao meridiano  $48 < 999,94$  km (50º percentil da amostra amc\_paralelo16). Crescimento Econômico. A taxa de crescimento anualizada média do PIB, do PIB per capita e da população foram respectivamente de 2,52%, 1,30%, e 1,21%. Desenvolvimento Setorial. Tocante a produção agrícola a taxa de crescimento média anualizada da área total colhida foi de 0,80%, do valor total da produção foi de -1,64% e os produtos, em que a produção mais cresceu em média, foram: soja, cana-de-açúcar e milho, com uma variação média anual em termos de toneladas respectivamente de 828, 782 e 356. Meio Ambiente. O desmatamento, de 1980 a 2010 aumento em média por ano 227 hectares. Educação. A proporção de pessoas alfabetizadas por AMC de 1970 a 2010 aumentou em média por ano 1% e de que frequentam a escola foi de 0,3%. Saúde. A variação anual média da proporção de óbitos por AMC foi de 0,006% e uma variação negativa anual pequena queda na proporção de óbitos infantis e fetais.

TABELA 13: TESTE DE MÉDIA

| Variáveis                             | Restante da amostra acima do paralelo 16 | Painel A (amostra acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km) | Diferença   | pvalue |
|---------------------------------------|--|---|-------------|--------|
|                                       |  |   |             |        |
| Ano: 1970                             |  |   |             |        |
| <u>Crescimento Econômico</u>          |  |   |             |        |
| PIB                                   | 73245,21                                 | 66216,14  | -7029,07    | 0,7854 |
| PIB per capita                        | 3,0287                                   | 1,6139  | -1,4147     | 0,4240 |
| População                             | 22383,33                                 | 23213,99  | 830,66      | 0,7871 |
| <u>Crescimento Setorial</u>           |  |   |             |        |
| Área total colhida                    | 8500,6392                                | 8148,9915   | -351,6477   | 0,5953 |
| Valor total da produção               | 23683,1292                               | 22139,9624  | -1543,1668  | 0,4152 |
| Soja quantidade produzida             | 0,1045                                   | 4,3129  | 4,2084      | 0,0004 |
| Cana-de-açúcar quantidade produzida   | 29918,1147                               | 8692,7886   | -21225,3261 | 0,0000 |
| Milho quantidade produzida            | 1127,3090                                | 1716,6385   | 589,3295    | 0,0002 |
| Arroz quantidade produzida            | 379,5994                                 | 2727,9387   | 2348,3392   | 0,0000 |
| Trigo quantidade produzida            | 0,0000                                   | 0,0000  | 0,0000      | .      |
| Algodão arbóreo quantidade produzida  | 394,0777                                 | 71,4249   | -322,6528   | 0,0000 |
| Algodão herbáceo quantidade produzida | 165,3099                                 | 276,4123  | 111,1024    | 0,0050 |
| <u>Infraestrutura</u>                 |  |   |             |        |
| Água rede geral proporção             | 0,0465                                   | 0,0348  | -0,0116     | 0,0086 |
| Esgoto rede proporção                 | 0,0041                                   | 0,0026  | -0,0015     | 0,2374 |
| Iluminação Elétrica                   | 0,1256                                   | 0,0634  | -0,0622     | 0,0000 |
| <u>Demografia</u>                     |  |   |             |        |
| Urbano proporção                      | 0,7152                                   | 0,7700  | 0,0548      | 0,0000 |
| <u>Social</u>                         |  |   |             |        |
| População Feminina proporção          | 0,5008                                   | 0,4952  | -0,0056     | 0,0000 |
| <u>Saúde</u>                          |  |   |             |        |
| Óbitos proporção                      | 0,0051                                   | 0,0022  | -0,0029     | 0,0000 |
| Óbitos infantil variação proporção    | 0,0017                                   | 0,0005  | -0,0012     | 0,0000 |
| Óbitos fetais proporção               | 0,0004                                   | 0,0002  | -0,0001     | 0,0001 |
| <u>Educação</u>                       |  |   |             |        |
| Alfabetizados proporção               | 0,2818                                   | 0,3097  | 0,0280      | 0,0000 |
| Frequenta escola proporção            | 0,1467                                   | 0,1545  | 0,0078      | 0,0065 |
| Ano: 1980                             |  |   |             |        |
| <u>Crescimento Econômico</u>          |  |   |             |        |
| PIB                                   | 200291,52                                | 211398,88   | 11107,36    | 0,8861 |
| PIB per capita                        | 3,7427                                   | 3,3837  | -0,3590     | 0,2704 |
| <u>Crescimento Setorial</u>           |  |   |             |        |
| Madeira para papel e Celulose         | 144,8908                                 | 2287,3885   | 2142,4977   | 0,1591 |
| <u>Meio Ambiente</u>                  |  |   |             |        |
| Área Floresta                         | 297975,22                                | 414703,14   | 116727,9130 | 0,22   |
| <u>Infraestrutura</u>                 |  |   |             |        |
| Água rede geral proporção             | 0,0638                                   | 0,0806  | 0,0167      | 0,0001 |
| Esgoto rede proporção                 | 0,0109                                   | 0,0048  | -0,0061     | 0,0186 |
| Iluminação Elétrica                   | 0,2910                                   | 0,1843  | -0,1067     | 0,0000 |
| <u>Demografia</u>                     |  |   |             |        |
| Urbano proporção                      | 0,3566                                   | 0,3028  | -0,0538     | 0,0000 |
| <u>Social</u>                         |  |   |             |        |
| População Feminina proporção          | 0,5032                                   | 0,4946  | -0,0086     | 0,0000 |

| Variáveis                                  | Restante da amostra acima do paralelo 16 | Painel A (amostra acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km) | Diferença | pvalue |
|--|--|---|-----------|--------|
| <u>Educação</u><br>Alfabetizados proporção | 0,3612                                   | 0,4153  | 0,0541    | 0,0000 |

TABELA 14: PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA TAXA DE CRESCIMENTO DO PIB, PIB PER CAPITA E POPULAÇÃO.

|                             |    | PIB        |            |            | PIB per capita |           |           | População |           |           |
|-----------------------------|----|------------|------------|------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                             |    | Painel B   |            | Painel C   | Painel D       | Painel B  |           | Painel C  | Painel D  | Painel B  |
|                             |    | modelo IV  | modelo IV  | modelo IV  | modelo IV      | modelo IV | modelo IV | modelo IV | modelo IV | modelo IV |
| InDistância<br>meridiano 48 | ao | -0,4795*** | -0,4280*** | -0,4990*** | -0,3259***     | -0,2456** | -0,2725** | -0,1360   | -0,1711   | -0,2339** |
| Variáveis<br>controles      | de | Sim        | Sim        | Sim        | Sim            | Sim       | Sim       | Sim       | Sim       | Sim       |
| Binárias de Estado          |    | Sim        | Sim        | Sim        | Sim            | Sim       | Sim       | Sim       | Sim       | Sim       |
| Binária BR-153              |    | Sim        | Sim        | Sim        | Sim            | Sim       | Sim       | Sim       | Sim       | Sim       |
| Observações                 |    | 1548       | 1160       | 773        | 1548           | 1160      | 773       | 1548      | 1160      | 773       |
| R <sup>2</sup>              |    | 0,1281     | 0,1437     | 0,1965     | 0,2623         | 0,2741    | 0,5322    | 0,2781    | 0,2703    | 0,2768    |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na taxa de crescimento do PIB, PIB per capita e da população nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo IV, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados demonstram que as AMCs mais próximas da ferrovia (Painel D) possuem efeitos maiores da ferrovia para o PIB e para a população, respectivamente -0,49% e -0,23%. apresentam um efeito maior no PIB, quanto mais longe da ferrovia menor é o PIB, PIB per capita e a população. O efeito da ferrovia também foi significativo e negativo para o PIB per capita. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 15: PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA TAXA DE CRESCIMENTO E VARIAÇÃO NOMINAL DA ÁREA COLHIDA E DO VALOR DA PRODUÇÃO

|                             |    | Taxa de crescimento |           |           |                   |           |           | Variação Nominal |            |            |                   |           |           |
|-----------------------------|----|---------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|------------------|------------|------------|-------------------|-----------|-----------|
|                             |    | Área Colhida        |           |           | Valor da Produção |           |           | Área Colhida     |            |            | Valor da Produção |           |           |
|                             |    | modelo IV           | modelo IV | modelo IV | modelo IV         | modelo IV | modelo IV | modelo IV        | modelo IV  | modelo IV  | modelo IV         | modelo IV | modelo IV |
|                             |    | Painel B            | Painel C  | Painel D  | Painel B          | Painel C  | Painel D  | Painel B         | Painel C   | Painel D   | Painel B          | Painel C  | Painel D  |
| InDistância<br>meridiano 48 | ao | -0,6293**           | -0,7388** | -0,7394** | -0,5546*          | -0,6594** | -0,6949** | -6,4219**        | -4,2828*** | -2,8536*** | -8,9601**         | -5,9658** | -4,2657*  |
| Variáveis<br>controles      | de | Sim                 | Sim       | Sim       | Sim               | Sim       | Sim       | Sim              | Sim        | Sim        | Sim               | Sim       | Sim       |
| Dummy<br>Estado             | de | Sim                 | Sim       | Sim       | Sim               | Sim       | Sim       | Sim              | Sim        | Sim        | Sim               | Sim       | Sim       |
| Dummy BR-153                |    | Sim                 | Sim       | Sim       | Sim               | Sim       | Sim       | Sim              | Sim        | Sim        | Sim               | Sim       | Sim       |
| Observações                 |    | 1540                | 1156      | 769       | 1540              | 1156      | 769       | 1540             | 1156       | 769        | 1540              | 1156      | 769       |
| R <sup>2</sup>              |    | 0,3638              | 0,4167    | 0,1152    | 0,2549            | 0,3345    | 0,123     | 0,0557           | 0,0879     | 0,5450     | 0,0630            | 0,0941    | 0,4658    |

Notas: essa tabela demonstra o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na taxa de crescimento e na variação nominal da área colhida e do valor de produção dos produtos agrícolas nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). Os resultados demonstram que as AMCs mais próximas da ferrovia

(Painel D) possuem efeitos maiores da ferrovia para a taxa de crescimento da área colhida dos produtos agrícolas, respectivamente -0,74% e -0,69%. No tocante a variação nominal, mostra que mais distância da ferrovia gera efeitos negativos maiores, evidenciando o efeito da ferrovia sobre a região próxima. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 16: PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA VARIAÇÃO NOMINAL DA QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MAIS TRANSPORTADOS PELA FERROVIA)

|                             | Soja       |            |            | Cana-de-açúcar |          |          | Milho     |            |           |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------------|----------|----------|-----------|------------|-----------|
|                             | modelo IV  |            |            | modelo IV      |          |          | modelo IV |            |           |
|                             | Painel B   | Painel C   | Painel D   | Painel B       | Painel C | Painel D | Painel B  | Painel C   | Painel D  |
| InDistância ao meridiano 48 | -14,2387** | -9,3372*** | -7,0545*** | -1,1060        | 1,7927   | 3,0946   | -5,5550** | -3,9080*** | -3,1757** |
| Variáveis de controles      | Sim        | Sim        | Sim        | Sim            | Sim      | Sim      | Sim       | Sim        | Sim       |
| Dummy de Estado             | Sim        | Sim        | Sim        | Sim            | Sim      | Sim      | Sim       | Sim        | Sim       |
| Dummy BR-153                | Sim        | Sim        | Sim        | Sim            | Sim      | Sim      | Sim       | Sim        | Sim       |
| Observações                 | 1540       | 1156       | 769        | 1540           | 1156     | 769      | 1540      | 1156       | 769       |
| R <sup>2</sup>              | 0,0408     | 0,0782     | 0,1295     | 0,0912         | 0,0941   | 0,1228   | 0,0689    | 0,0984     | 0,1181    |

Notas: essa tabela demonstra o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação nominal da quantidade produzida de soja, da cana-de-açúcar e do milho nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). Os resultados são significativos para soja e milho, eles apontam que a amostra que mais se distancia da ferrovia gera efeitos negativos maiores, evidenciando a perda do efeito em uma maior distância, corroborando para evidenciar o efeito da ferrovia sobre a região próxima. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 17: PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA VARIAÇÃO NOMINAL DA QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MENOS CARREGADOS PELA FERROVIA)

|                             | Arroz     |          |          | Trigo     |          |          | Algodão Arbóreo |            |            |
|-----------------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------------|------------|------------|
|                             | modelo IV |          |          | modelo IV |          |          | modelo IV       |            |            |
|                             | Painel B  | Painel C | Painel D | Painel B  | Painel C | Painel D | Painel B        | Painel C   | Painel D   |
| InDistância ao meridiano 48 | -0,2087   | -0,1155  | -0,0539  | -0,0287   | -0,0299  | -0,0316* | -0,0281***      | -0,0366*** | -0,0390*** |
| Variáveis de controles      | Sim       | Sim      | Sim      | Sim       | Sim      | Sim      | Sim             | Sim        | Sim        |
| Dummy de Estado             | Sim       | Sim      | Sim      | Sim       | Sim      | Sim      | Sim             | Sim        | Sim        |
| Dummy BR-153                | Sim       | Sim      | Sim      | Sim       | Sim      | Sim      | Sim             | Sim        | Sim        |
| Observações                 | 1540      | 1156     | 769      | 1540      | 1156     | 769      | 1540            | 1156       | 769        |
| R <sup>2</sup>              | 0,1066    | 0,0896   | 0,1584   | 0,1523    | 0,1712   | 0,2132   | 0,1571          | 0,1862     | 0,1792     |

Notas: essa tabela apresenta o efeito estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação nominal da quantidade produzida de arroz, trigo e algodão arbóreo nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). Os resultados são significativos a 10% para o trigo no Painel D e para todas as subamostras do algodão arbóreo. Os resultados apontam que somente nas amostras, em que as AMCs estão mais próximas da ferrovia que o efeito sobre a produção de trigo é gerado e referente ao algodão o efeito é maior nos Painéis D e C. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 18: PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA VARIAÇÃO NOMINAL DA QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MENOS CARREGADOS PELA FERROVIA)  
CONTINUAÇÃO

|                 |    | Algodão Herbáceo |            |           | Madeira para papel e celulose |          |          |
|-----------------|----|------------------|------------|-----------|-------------------------------|----------|----------|
|                 |    | modelo IV        |            |           | modelo IV                     |          |          |
|                 |    | Painel B         | Painel C   | Painel D  | Painel B                      | Painel C | Painel D |
| InDistância     | ao | -1,1665***       | -0,8705*** | -0,7342** | 4,3091*                       | 8,1154** | 5,0327   |
| meridiano 48    |    |                  |            |           |                               |          |          |
| Variáveis       | de | Sim              | Sim        | Sim       | Sim                           | Sim      | Sim      |
| controles       |    |                  |            |           |                               |          |          |
| Dummy de Estado |    | Sim              | Sim        | Sim       | Sim                           | Sim      | Sim      |
| Dummy BR-153    |    | Sim              | Sim        | Sim       | Sim                           | Sim      | Sim      |
| Observações     |    | 1540             | 1156       | 769       | 1551                          | 1167     | 778      |
| R <sup>2</sup>  |    | 0,0469           | 0,0884     | 0,1458    | 0,1607                        | 0,0246   | 0,0541   |

Notas: essa tabela apresenta o efeito estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação nominal da quantidade produzida de algodão herbáceo, e madeira para papel e celulose nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). Os resultados são significativos para o algodão em todas as sub amostras e para a madeira nos Painéis B e C. Os resultados corroboram para o impacto da ferrovia na produção de algodão herbáceo em que os efeitos são maiores na amostra do Painel B, evidenciando que quanto mais longe da ferrovia menor é o impacto sobre a produção, como também para a madeira, em que no Painel B, a significância se torna menor. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 19 – PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA A VARIAÇÃO NOMINAL DE DESMATAMENTO

|  | Desmatamento |          |          |
|--|--------------|----------|----------|
|  | modelo IV    |          |          |
|  | Painel B     | Painel C | Painel D |
|  |              |          |          |

|                             |             |             |             |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| InDistância ao meridiano 48 | -41,4013*** | -38,3162*** | -36,9655*** |
| Variáveis de controles      | Sim         | Sim         | Sim         |
| Dummy de Estado             | Sim         | Sim         | Sim         |
| Dummy BR-153                | Sim         | Sim         | Sim         |
| Observações                 | 1550        | 1162        | 774         |
| R <sup>2</sup>              | 0,6796      | 0,8006      | 0,8180      |

Notas: essa tabela demonstra o efeito estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação nominal do desmatamento nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). Os resultados corroboram para o impacto da ferrovia no desmatamento, em que os efeitos são maiores na amostra do Painel B, evidenciando que quanto mais longe da ferrovia menor é o impacto sobre o desmatamento. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 20 – PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA A VARIAÇÃO NOMINAL DE MORTALIDADE

|                             | Mortalidade Total |          |          | Mortalidade Infantil |          |          | Mortalidade Fetal |          |          |
|-----------------------------|-------------------|----------|----------|----------------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|
|                             | modelo IV         |          |          | modelo IV            |          |          | modelo IV         |          |          |
|                             | Painel B          | Painel C | Painel D | Painel B             | Painel C | Painel D | Painel B          | Painel C | Painel D |
| InDistância ao meridiano 48 | 0,0000            | 0,0000   | 0,0000   | 0,0000               | 0,0000   | 0,0000   | -0,0000*          | 0,0000   | 0,0000   |
| Variáveis de controles      | Sim               | Sim      | Sim      | Sim                  | Sim      | Sim      | Sim               | Sim      | Sim      |
| Dummy de Estado             | Sim               | Sim      | Sim      | Sim                  | Sim      | Sim      | Sim               | Sim      | Sim      |
| Dummy BR-153                | Sim               | Sim      | Sim      | Sim                  | Sim      | Sim      | Sim               | Sim      | Sim      |
| Observações                 | 1373              | 1004     | 661      | 1373                 | 1004     | 661      | 1325              | 1004     | 661      |
| R <sup>2</sup>              | 0,9468            | 0,9203   | 0,9136   | 0,9955               | 0,9891   | 0,9871   | 0,9548            | 0,9475   | 0,9511   |

Notas: essa tabela apresenta os resultados do efeito estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na mortalidade das AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). Os resultados não são significativos para todas as sub amostras. Os resultados demonstram que não houve um impacto significativo sobre a saúde na região. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 21 – PAINÉIS B, C, D E E. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA VARIAÇÃO NOMINAL DE EDUCAÇÃO.

|                             | Alfabetização |           |          | Frequência Escolar |          |          |
|-----------------------------|---------------|-----------|----------|--------------------|----------|----------|
|                             | modelo IV     |           |          | modelo IV          |          |          |
|                             | Painel B      | Painel C  | Painel D | Painel B           | Painel C | Painel D |
| InDistância ao meridiano 48 | -0,0002***    | -0,0001** | -0,0001* | 0,0000             | -0,0001* | 0,0000   |
| Variáveis de controles      | Sim           | Sim       | Sim      | Sim                | Sim      | Sim      |
| Dummy de Estado             | Sim           | Sim       | Sim      | Sim                | Sim      | Sim      |
| Dummy BR-153                | Sim           | Sim       | Sim      | Sim                | Sim      | Sim      |
| Observações                 | 1548          | 1160      | 773      | 1548               | 1160     | 773      |
| R <sup>2</sup>              | 0,6751        | 0,7076    | 0,7143   | 0,8204             | 0,8265   | 0,8225   |

Notas: essa tabela apresenta os resultados do efeito estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na educação das AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). Os resultados são significativos para quase todas as sub amostras. Os resultados apontam efeito significativo para o alfabetismo, em que a amostra que compreende as AMCs de toda região acima do paralelo, possui um efeito negativo maior, comprovando o efeito positivo em regiões mais próximas da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 22 – PAINEL A. ESTIMAÇÃO DO EFEITO HETEROGÊNEO PARA A TAXA DE CRESCIMENTO DO PIB, PIB PER CAPITA E POPULAÇÃO

|  | PIB        | PIB per capita | Pop        |
|--|------------|----------------|------------|
|  | modelo V   | modelo V       | modelo V   |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -0,7233*** | -0,4252***     | -0,3612*   |
| InDistância linear ao terminal                               | -2,5014*** | -1,1909***     | -1,1910*** |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -0,7177*** | -1,1909***     | -1,1910*** |
| Variáveis de controles                                       | Sim        | Sim            | Sim        |
| Dummy de Estado  | Sim        | Sim            | Sim        |
| Dummy BR-153   | Sim        | Sim            | Sim        |
| Observações  | 469        | 469            | 469        |
| R <sup>2</sup>   | 0,210286   | 0,55094        | 0,29419    |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte no PIB, PIB *per capita* e na população da região da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo apresentado é o modelo que complementa os efeitos heterogêneos (V). É possível evidenciar que os efeitos heterogêneos corroboram para o efeito da ferrovia sobre o crescimento econômico da região, ou seja, ao controlar os efeitos da distância aos terminais da ferrovia, os efeitos combinados da distância da ferrovia com a distância aos terminais da ferrovia são negativos e significativos. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 23: PAINEL A. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGÊNEO PARA A TAXA DE CRESCIMENTO E A VARIAÇÃO DA ÁREA DE COLHIDA E DO VALOR DA PRODUÇÃO

|  | Taxa de Crescimento      |                               | Variação Nominal         |                               |
|--|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|  | Área Colhida             |                               | Valor da Produção        |                               |
|  | Área Colhida<br>modelo V | Valor da Produção<br>modelo V | Área Colhida<br>modelo V | Valor da Produção<br>modelo V |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -1,8655***               | -1,8356***                    | -5,3691***               | -9,7551**                     |
| InDistância linear ao terminal                               | -4,6042***               | -5,9031***                    | -16,8670***              | -34,3843***                   |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -1,6631***               | -2,0193***                    | -5,6679***               | -11,7558***                   |
| Variáveis de controles                                       | Sim                      | Sim                           | Sim                      | Sim                           |
| Dummy de Estado  | Sim                      | Sim                           | Sim                      | Sim                           |
| Dummy BR-153   | Sim                      | Sim                           | Sim                      | Sim                           |
| Observações  | 465                      | 465                           | 465                      | 465                           |
| R <sup>2</sup>   | 0,2067                   | 0,1814                        | 0,5694                   | 0,4954                        |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na taxa de crescimento e nominal da quantidade produzida e do valor de produção dos produtos agrícolas nas AMCs da região da amostra acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo apresentado é o modelo que complementa os efeitos heterogêneos (V). Os resultados demonstram que os efeitos heterogêneos reforçam efeito da ferrovia sobre o crescimento setorial da região, ou seja, os efeitos combinados da distância da ferrovia com a distância aos terminais da ferrovia são negativos e significativos. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 24: PAINEL A. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGÊNEO PARA VARIAÇÃO NOMINAL DE QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MAIS TRANSPORTADOS PELA FERROVIA).

|                                | Quantidade Produzida |                |             |
|--------------------------------|----------------------|----------------|-------------|
|                                | modelo V             |                |             |
|                                | Soja                 | Cana-de-açúcar | Milho       |
| InDistância ao meridiano 48    | -12,5004***          | -3,0404        | -5,0265***  |
| InDistância linear ao terminal | -36,0970***          | -0,8274        | -11,5520*** |

|  |             |         |            |
|--|-------------|---------|------------|
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -12,2375*** | -3,0448 | -4,3559*** |
| Variáveis de controles                                       | Sim         | Sim     | Sim        |
| Dummy de Estado  | Sim         | Sim     | Sim        |
| Dummy BR-153   | Sim         | Sim     | Sim        |
| Observações  | 465         | 465     | 465        |
| R <sup>2</sup>   | 0,5780      | 0,1179  | 0,5047     |

Notas: essa tabela demonstra os efeitos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na da quantidade produzida dos produtos agrícolas mais transportados pelas ferrovias brasileiras nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo apresentado é o modelo que complementa os efeitos heterogêneos (V). Os resultados evidenciam que os efeitos heterogêneos intensificam o efeito da ferrovia sobre o crescimento setorial da região para a soja e o milho, em que, os efeitos combinados da distância da ferrovia com a distância aos terminais da ferrovia são negativos e significativos. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 25: PAINEL A. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGRÊNEO PARA VARIAÇÃO NOMINAL DE QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MENOS TRANSPORTADOS PELA FERROVIA).

|  | Quantidade Produzida |          |                 |                  |                               |
|--|----------------------|----------|-----------------|------------------|-------------------------------|
|  | Modelo V             |          |                 |                  |                               |
|  | Arroz                | Trigo    | Algodão Arbóreo | Algodão Herbáceo | Madeira para celulose e papel |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -0,2328              | -0,0665* | -0,0019         | -1,1543*         | 5,2416                        |
| InDistância linear ao terminal                               | -2,4254***           | -0,0233  | 0,0025          | -2,6830          | 2,4006                        |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -0,6814***           | -0,0249  | 0,0010          | -0,9891          | 1,5311                        |
| Variáveis de controles                                       | Sim                  | Sim      | Sim             | Sim              | Sim                           |
| Dummy de Estado  | Sim                  | Sim      | Sim             | Sim              | Sim                           |
| Dummy BR-153   | Sim                  | Sim      | Sim             | Sim              | Sim                           |
| Observações  | 465                  | 465      | 465             | 465              | 470                           |
| R <sup>2</sup>   | 0,1273               | 0,4028   | 0,0493          | 0,3299           | 0,5614                        |

Notas: essa tabela demonstra os efeitos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na quantidade produzida dos produtos agrícolas menos transportados pelas ferrovias brasileiras nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo apresentado é o modelo que complementa os efeitos heterogêneos (V). Os resultados demonstram que os efeitos heterogêneos potencializam o efeito da ferrovia sobre o crescimento setorial da região para o arroz, em que, os efeitos combinados da distância da ferrovia com a distância aos terminais da ferrovia são negativos e significativos. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 26: PAINEL A. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGÊNEO PARA VARIAÇÃO DO DESMATAMENTO.

|  | Desmatamento<br>modelo V |
|--|--------------------------|
| InDistância ao meridiano 48                                  | -23,4042***              |
| InDistância linear ao terminal                               | -99,6961***              |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -30,9674***              |
| Variáveis de controles                                       | Sim                      |
| Dummy de Estado  | Sim                      |
| Dummy BR-153   | Sim                      |
| Observações  | 470                      |
| R <sup>2</sup>   | 0,7028                   |

Notas: essa tabela demonstra os efeitos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação do desmatamento nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo apresentado é o modelo que complementa os efeitos heterogêneos (V). Os resultados demonstram que os efeitos heterogêneos consolidam o efeito da ferrovia sobre o desmatamento florestal da região, no qual os efeitos combinados da distância da ferrovia com a distância aos terminais da ferrovia são negativos e significativos. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 27: PAINEL A. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGÊNEO PARA VARIAÇÃO NOMINAL PARA SAÚDE E EDUCAÇÃO

|  | Saúde                         |                                  | Educação          |                           |                                |
|--|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|
|  | Mortalidade total<br>modelo V | Mortalidade Infantil<br>modelo V | Mortalidade Fetal | Alfabetização<br>modelo V | Frequência Escolar<br>modelo V |
| InDistância ao meridiano 48                                  | 0,0000***                     | 0,0000                           | 0,0000            | -0,0003***                | 0,0000                         |
| InDistância linear do terminal                               | 0,0000***                     | 0,0000                           | 0,0000**          | -0,0002                   | -0,0002                        |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | 0,0000***                     | -0,0000*                         | 0,0000            | -0,0001                   | 0,0000                         |
| Variáveis de controles                                       | Sim                           | Sim                              | Sim               | Sim                       | Sim                            |
| Dummy de Estado  | Sim                           | Sim                              | Sim               | Sim                       | Sim                            |
| Dummy BR-153   | Sim                           | Sim                              | Sim               | Sim                       | Sim                            |
| Observações  | 392                           | 392                              | 392               | 469                       | 469                            |
| R <sup>2</sup>   | 0,9052                        | 0,9789                           | 0,9389            | 0,7442                    | 0,8382                         |

Notas: essa tabela demonstra os efeitos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação da saúde e educação nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 763,39 km. O modelo apresentado é o modelo que complementa os efeitos heterogêneos (V). Os resultados demonstram que

os efeitos heterogêneos consolidam o efeito da ferrovia sobre a saúde, no entanto o efeito é muito pequeno na alfabetização, tem-se somente o efeito sobre a distância da ferrovia. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 28: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGRÊNEO PARA TAXA DE CRESCIMENTO DO PIB, PIB PER CAPITA E POPULAÇÃO.

|  | PIB        |            |            | PIB <i>per capita</i> |            |            | População |            |            |
|--|------------|------------|------------|-----------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|  | modelo V   |            |            | modelo V              |            |            | modelo V  |            |            |
|  | Painel B   | Painel C   | Painel D   | Painel B              | Painel C   | Painel D   | Painel B  | Painel C   | Painel D   |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -0,21599   | -0,21636   | -0,4653**  | -0,1950               | -0,13523   | -0,3194**  | 0,0034    | -0,07917   | -0,2338    |
| InDistância linear ao terminal                               | -1,8516*** | -1,8413*** | -2,7693*** | -1,3108***            | -0,8761*** | -1,0511*** | -0,4403*  | -0,8819*** | -1,3074*** |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -0,4386*** | -0,4272*** | -2,7693*** | -0,3494***            | -0,1937*   | -0,3333*** | -0,04820  | -0,2134*** | -0,3782*** |
| Variáveis de controles                                       | Sim        | Sim        | Sim        | Sim                   | Sim        | Sim        | Sim       | Sim        | Sim        |
| Dummy de Estado  | Sim        | Sim        | Sim        | Sim                   | Sim        | Sim        | Sim       | Sim        | Sim        |
| Dummy BR-153   | Sim        | Sim        | Sim        | Sim                   | Sim        | Sim        | Sim       | Sim        | Sim        |
| Observações  | 1547       | 1159       | 772        | 1547                  | 1159       | 772        | 1547      | 1159       | 772        |
| R <sup>2</sup>   | 0,1518     | 0,1681     | 0,2556     | 0,2815                | 0,2840     | 0,5411     | 0,2826    | 0,2837     | 0,3091     |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na taxa de crescimento do PIB, PIB per capita e da população nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados demonstram que em todas as colunas o efeito foi significativo e negativo para a distância ao terminal e para o efeito combinado da distância ao terminal com a distância da ferrovia, no entanto, só houve efeito significativo exclusivo da distância da ferrovia na amostra do Painel D para a taxa de crescimento do PIB e do PIB *per capita*. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 29: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGRÊNEO PARA TAXA DE CRESCIMENTO E VARIAÇÃO NOMINAL DA ÁREA COLHIDA E DO VALOR DA PRODUÇÃO

|                             | Taxa de crescimento |          |           |                   |          |          | Variação Nominal     |           |            |                   |           |          |           |
|-----------------------------|---------------------|----------|-----------|-------------------|----------|----------|----------------------|-----------|------------|-------------------|-----------|----------|-----------|
|                             | Área colhida        |          |           | Valor da Produção |          |          | Quantidade Produzida |           |            | Valor da Produção |           |          |           |
|                             | modelo V            |          |           | modelo V          |          |          | modelo V             |           |            | modelo V          |           |          |           |
|                             | Painel B            | Painel C | Painel D  | Painel B          | Painel C | Painel D | Painel B             | Painel C  | Painel D   | Painel B          | Painel C  | Painel D |           |
| InDistância ao meridiano 48 | -                   | 0,6202*  | -0,8700** | -1,0163***        | -0,5005  | 0,7578** | -0,9771**            | -6,5770** | -4,7269*** | -4,5140***        | -9,4444** | -7,529** | -7,1370** |

|  |        |        |         |            |            |         |           |            |           |            |             |           |
|--|--------|--------|---------|------------|------------|---------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|
| InDistância terminal   | linear | ao     | -       |            |            |         |           |            |           |            |             | -         |
|  |        |        | 0,87821 | -3,1150*** | -3,8234*** | -1,0769 | -3,601*** | -4,7897*** | -26,8146* | -21,1903** | -11,7558*** | 47,4549** |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal |        |        | -       |            |            |         |           |            |           |            |             | -         |
|  |        |        | 0,28719 | -1,0678*** | -1,2824*** | -0,3189 | -1,195*** | -1,5635*** | -9,3823*  | -6,9856**  | -7,4277***  | 16,7571** |
| Variáveis de controles                                       | Sim    | Sim    | Sim     | Sim        | Sim        | Sim     | Sim       | Sim        | Sim       | Sim        | Sim         | Sim       |
| Dummy de Estado  | Sim    | Sim    | Sim     | Sim        | Sim        | Sim     | Sim       | Sim        | Sim       | Sim        | Sim         | Sim       |
| Dummy BR-153   | Sim    | Sim    | Sim     | Sim        | Sim        | Sim     | Sim       | Sim        | Sim       | Sim        | Sim         | Sim       |
| Observações  | 1539   | 1155   | 768     | 1539       | 1155       | 768     | 1539      | 1155       | 768       | 1539       | 1155        | 768       |
| R <sup>2</sup>   | 0,3657 | 0,4313 | 0,1530  | 0,2577     | 0,3532     | 0,1694  | 0,0672    | 0,0928     | 0,1439    | 0,0843     | 0,1055      | 0,1593    |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na taxa de crescimento e na variação nominal da área colhida e no valor da produção dos produtos agrícolas nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados mostram que o efeito significativo e negativo para a distância ao terminal e para o efeito combinado da distância ao terminal com a distância da ferrovia para as amostras dos Painéis C e D da taxa de crescimento da quantidade e do valor da produção, e foi significativo para todas as sub amostras da variação nominal da quantidade e do valor da produção. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 30: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGRÊNEO PARA A VARIAÇÃO DA QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MAIS TRANSPORTADOS PELA FERROVIA)

|                                     | Soja     |             |             | Cana-de-açúcar |          |          | Milho    |            |            |
|-------------------------------------|----------|-------------|-------------|----------------|----------|----------|----------|------------|------------|
|                                     | modelo V |             |             | modelo V       |          |          | modelo V |            |            |
|                                     | Painel B | Painel C    | Painel D    | Painel B       | Painel C | Painel D | Painel B | Painel C   | Painel D   |
| InDistância meridiano 48            | ao       | -15,7066*** | -11,1584*** | -9,6697***     | -6,0386  | -2,4892  | -0,3478  | -5,6826*** | -3,9911*** |
| InDistância linear terminal         | ao       | -57,3027    | -41,7250**  | -44,4126***    | -18,4313 | -0,0043  | 3,5152   | -19,1419   | -14,1759** |
| InDistância meridiano 48 x terminal | ao       | -20,9101*   | -14,4592**  | -14,5862***    | -10,0497 | -3,0339  | -1,2904  | -6,7283*   | -4,5454**  |
| InDistância linear terminal         | ao       | 0,0539      | 0,0828      | 0,1335         | 0,0952   | 0,0954   | 0,1237   | 0,0759     | 0,1009     |
| Variáveis de controles              | Sim      | Sim         | Sim         | Sim            | Sim      | Sim      | Sim      | Sim        | Sim        |
| Binárias de Estado                  | Sim      | Sim         | Sim         | Sim            | Sim      | Sim      | Sim      | Sim        | Sim        |
| Binária BR-153                      | Sim      | Sim         | Sim         | Sim            | Sim      | Sim      | Sim      | Sim        | Sim        |
| Observações                         | 1539     | 1155        | 768         | 1539           | 1155     | 768      | 1539     | 1155       | 768        |
| R <sup>2</sup>                      | 0,0539   | 0,0828      | 0,1335      | 0,0952         | 0,0954   | 0,1237   | 0,0759   | 0,1009     | 0,1475     |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação da quantidade produzida dos produtos agrícolas mais transportados nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs

acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados evidenciam que o efeito combinado da distância ao terminal com a distância da ferrovia é significativo e negativo para a soja e o milho, intensificando o efeito da ferrovia sobre a produção desses produtos. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 31: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGRÊNEO PARA A VARIAÇÃO DA QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MENOS TRANSPORTADOS PELA FERROVIA)

|  | Arroz     |           |           | Trigo    |          |          | Algodão Arbóreo |            |            |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------------|------------|------------|
|  | modelo V  |           |           | modelo V |          |          | modelo V        |            |            |
|  | Painel B  | Painel C  | Painel D  | Painel B | Painel C | Painel D | Painel B        | Painel C   | Painel D   |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -0,0129   | 0,0509    | 0,0904    | -0,0538* | -0,0552* | -0,0585* | -0,0237***      | -0,0432*** | -0,0630*** |
| InDistância linear ao terminal                               | -1,7006** | -1,6685** | -1,5475** | -0,4341  | 0,0172   | -0,0035  | -0,0623*        | -0,2129*** | -0,2821*** |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -0,4341   | -0,4017   | -0,3442   | -0,0084* | -0,0128  | -0,0194* | -0,01811        | -0,0718*** | -0,0976*** |
| Variáveis de controles                                       | Sim       | Sim       | Sim       | Sim      | Sim      | Sim      | Sim             | Sim        | Sim        |
| Binárias de Estado   | Sim       | Sim       | Sim       | Sim      | Sim      | Sim      | Sim             | Sim        | Sim        |
| Binária BR-153   | Sim       | Sim       | Sim       | Sim      | Sim      | Sim      | Sim             | Sim        | Sim        |
| Observações  | 1539      | 1155      | 768       | 1539     | 1155     | 768      | 1539            | 1155       | 768        |
| R <sup>2</sup>   | 0,1123    | 0,0942    | 0,1620    | 0,1932   | 0,2102   | 0,2506   | 0,1586          | 0,2001     | 0,2094     |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação da quantidade dos produtos agrícolas menos transportados nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual são inseridos os efeitos heterogêneos. Os resultados demonstram que no arroz a ferrovia apresenta um efeito exclusivo somente da distância ao terminal nas amostras dos Painéis B, C e D. Sobre o trigo é possível identificar efeito negativo e significativo da distância da ferrovia e da combinação da distância da ferrovia com a distância ao terminal para as amostras dos Painéis B e D. E para o algodão arbóreo os mesmos efeitos são identificados para as amostras C e D. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 32: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGRÊNEO PARA A VARIAÇÃO DA QUANTIDADE PRODUZIDA (PRODUTOS MENOS TRANSPORTADOS PELA FERROVIA)  
CONTINUAÇÃO

|                                | Algodão Herbáceo |            |           | Madeira para papel e celulose |          |          |
|--------------------------------|------------------|------------|-----------|-------------------------------|----------|----------|
|                                | modelo V         |            |           | modelo V                      |          |          |
|                                | Painel B         | Painel C   | Painel D  | Painel B                      | Painel C | Painel D |
| InDistância ao meridiano 48    | -1,3886***       | -1,1539*** | -1,1174** | 5,3953**                      | 6,0836** | 2,1710   |
| InDistância linear ao terminal | -3,8990**        | -3,1655**  | -3,4887** | 2,6264                        | 6,62322  | -3,8780  |

|  |           |            |            |        |        |         |
|--|-----------|------------|------------|--------|--------|---------|
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -1.5115** | -1.1994*** | -1.2658*** | 1,6949 | 3,3016 | -1,1156 |
| Variáveis de controles                                       | Sim       | Sim        | Sim        | Sim    | Sim    | Sim     |
| Binárias de Estado   | Sim       | Sim        | Sim        | Sim    | Sim    | Sim     |
| Binária BR-153   | Sim       | Sim        | Sim        | Sim    | Sim    | Sim     |
| Observações  | 1539      | 1155       | 768        | 1550   | 1162   | 773     |
| R <sup>2</sup>   | 0,0655    | 0,0967     | 0,1545     | 0,1612 | 0,1631 | 0,5508  |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação da quantidade produzida dos produtos agrícolas menos transportados nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados apontam que o efeito combinado da distância ao terminal com a distância da ferrovia é significativo e negativo para a algodão herbáceo, aumentando o efeito da ferrovia sobre a produção desse produto. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 33: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGRÊNEO PARA VARIAÇÃO DE DESMATEAMENTO.

|  | Desmatamento |             |             |
|--|--------------|-------------|-------------|
|  | modelo V     |             |             |
|  | Painel B     | Painel C    | Painel D    |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -43,1868**   | -41,4188*** | -42,7606*** |
| InDistância linear ao terminal                               | -70,5514***  | -19,9540    | -35,0794    |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -25,0042***  | -8,27799    | -13,7205    |
| Variáveis de controles                                       | Sim          | Sim         | Sim         |
| Binárias de Estado   | Sim          | Sim         | Sim         |
| Binária BR-153   | Sim          | Sim         | Sim         |
| Observações  | 1549         | 1161        | 773         |
| R <sup>2</sup>   | 0,6865       | 0,8013      | 0,8194      |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação no desmatamento florestal nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados apresentam que o efeito combinado da distância ao terminal com a distância da ferrovia é significativo e negativo para a variação do desmatamento apenas para a amostra do Painel B, aumentando o efeito da ferrovia sobre esse impacto ao meio ambiente. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 34: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGÊNEO PARA VARIAÇÃO DE EDUCAÇÃO.

|  | Alfabetização |            |            | Frequência Escolar |            |          |
|--|---------------|------------|------------|--------------------|------------|----------|
|  | modelo V      |            |            | modelo V           |            |          |
|  | Painel B      | Painel C   | Painel D   | Painel B           | Painel C   | Painel D |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -0,0003***    | -0,0002*** | -0,0002*** | 0,0001             | 0,0000     | 0,0001   |
| InDistância linear ao terminal                               | 0,0000        | 0,0003*    | 0,0001     | -0,0001            | -0,0004*** | -0,0002  |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | -0,0001*      | 0,0000     | 0          | 0,0001             | -0,0001*   | 0        |
| Variáveis de controles                                       | Sim           | Sim        | Sim        | Sim                | Sim        | Sim      |
| Dummy de Estado  | Sim           | Sim        | Sim        | Sim                | Sim        | Sim      |
| Dummy BR-153   | Sim           | Sim        | Sim        | Sim                | Sim        | Sim      |
| Observações  | 1547          | 1159       | 772        | 1547               | 1159       | 772      |
| R <sup>2</sup>   | 0,6767        | 0,7095     | 0,7159     | 0,8215             | 0,8290     | 0,8249   |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação da educação nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 1243,31 km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano 48 < 999,94 km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados demonstram que o efeito combinado da distância ao terminal com a distância da ferrovia é significativo e negativo para a variação da proporção de pessoas alfabetizadas apenas para a amostra do Painel B, potencializando o efeito da ferrovia sobre a educação. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1.

TABELA 35: PAINÉIS B, C E D. ESTIMAÇÃO DE EFEITO HETEROGÊNEO PARA VARIAÇÃO DE MORTALIDADE

|  | Mortalidade Total |           |           | Mortalidade Infantil |           |          | Mortalidade Fetal |          |          |
|--|-------------------|-----------|-----------|----------------------|-----------|----------|-------------------|----------|----------|
|  | modelo V          |           |           | modelo V             |           |          | modelo V          |          |          |
|  | Painel B          | Painel C  | Painel D  | Painel B             | Painel C  | Painel D | Painel B          | Painel C | Painel D |
| InDistância ao meridiano 48                                  | 0,0000            | 0,0000*   | 0,0000**  | 0,0000               | 0,0000    | 0,0000   | 0,0000            | 0,0000   | 0,0000   |
| InDistância linear ao terminal                               | 0,0000**          | 0,0000*** | 0,0000*** | 0,0000               | -0,0000** | 0,0000   | 0,0000            | 0,0000   | 0,0000** |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal | 0,0000***         | 0,0000*** | 0,0000*** | 0,0000               | -0,0000** | 0,0000   | 0,0000            | 0,0000   | 0,0000   |
| Variáveis de controles                                       | Sim               | Sim       | Sim       | Sim                  | Sim       | Sim      | Sim               | Sim      | Sim      |
| Dummy de Estado  | Sim               | Sim       | Sim       | Sim                  | Sim       | Sim      | Sim               | Sim      | Sim      |
| Dummy BR-153   | Sim               | Sim       | Sim       | Sim                  | Sim       | Sim      | Sim               | Sim      | Sim      |
| Observações  | 1373              | 1004      | 661       | 1373                 | 1004      | 661      | 1325              | 1004     | 661      |
| R <sup>2</sup>   | 0,9471            | 0,9225    | 0,9175    | 0,9955               | 0,9892    | 0,9872   | 0,9548            | 0,9477   | 0,9517   |

Notas: essa tabela demonstra os impactos estimados da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte na variação da saúde nas AMCs da amostra acima do paralelo 16 (Painel B), AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano  $48 < 1243,31$  km (Painel C) e AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano  $48 < 999,94$  km (Painel D). O modelo apresentado é o modelo V, no qual é inserido os efeitos heterogêneos. Os resultados demonstram que o efeito combinado da distância ao terminal com a distância da ferrovia é significativo e negativo para a variação da proporção de óbitos total (todas as sub amostras) e para a amostra do Painel C da proporção de óbitos infantis, mesmo assim, o efeito é muito pequeno. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$ .

TABELA 36: PAINEL A. RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES PARA TAXA DE CRESCIMENTO DO PIB, PIB PER CAPITA E POPULAÇÃO PARA PERÍODO DE PRÉ – TRATAMENTO 1960 A 1970.

|  | PIB      |           |            | PIB per capita |           |            | População  |           |            |
|--|----------|-----------|------------|----------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
|  | Painel A |           |            | Painel A       |           |            | Painel A   |           |            |
|  | modelo I | modelo II | modelo III | modelo I       | modelo II | modelo III | modelo I   | modelo II | modelo III |
| InDistância ao meridiano 48                                  | -0,6146* | 0,9984*   | 1,5187     | -0,0214        | 1,2230*** | 1,3887*    | -0,7245*** | -0,31393  | -0,46134   |
| InDistância linear ao terminal                               |          |           | 3,3831     |                |           | 4,9248***  |            |           | -1,7084    |
| InDistância ao meridiano 48 x InDistância linear ao terminal |          |           | 1,12191    |                |           | 1,2623**   |            |           | -0,4942    |
| Dummy de Estado  | Não      | Sim       | Sim        | Não            | Sim       | Sim        | Não        | Sim       | Sim        |
| Dummy BR-153   | Não      | Sim       | Sim        | Não            | Sim       | Sim        | Não        | Sim       | Sim        |
| Observações  | 314      | 314       | 314        | 314            | 314       | 314        | 315        | 315       | 315        |
| R <sup>2</sup>   | 0,0085   | 0,1367    | 0,1431     | 0,3936         | 0,4164    | 0,4164     | 0,0349     | 0,2457    | 0,2507     |

Notas: essa tabela reporta o impacto estimado da ferrovia Norte-Sul Tramo Norte no PIB, PIB per capita e na população da amostra com AMCs acima do paralelo 16 com distância ao meridiano  $48 < 763,39$  km (Painel A) para o período de pré-tratamento, ou seja, antes da construção da ferrovia Norte – Sul Tramo Norte. O modelo I é o modelo base, somente com a variável de interesse como variável explicativa. O modelo II insere o efeito do Estado e das AMCs localizadas na BR-153, o modelo III inclui os efeitos heterogêneos com a distância ao terminal ferroviário. Referente ao PIB, o modelo I mostra um efeito negativo, mas com uma significância de 10%, já no modelo II é observado um efeito pequeno e positivo, também com significância de 10% e considerando os efeitos heterogêneos da ferrovia (modelo III) o efeito da ferrovia não é mais encontrado sobre a taxa de crescimento do PIB. No PIB per capita, um efeito significativo é encontrado para o modelo II e III, no entanto, com troca de sinal, quando comparados ao modelo I, ou seja, o efeito é positivo. No tocante a taxa de crescimento da população, o efeito é significativo e negativo somente no modelo I (base), ao controlar efeitos do Estado e da rodovia BR-153, o efeito sobre a população torna-se não significativo. Os p-values são denotados pelos asteriscos da seguinte maneira: \*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$ .

RELATÓRIO DO PRODUTO P3 | ESTUDO LOGÍSTICA

JOF 2845/2021 | PNUD Projeto BRA/18/023

**SETE ESTUDOS DE CASO DE  
AVALIAÇÕES *EX POST* DE PROJETOS  
DE INVESTIMENTO EM  
INFRAESTRUTURA**

**CONTATO PEZCO ECONOMICS**

---

 Alameda Santos, 1293 • 6º andar • Cj. 61  
Jardim Paulista • São Paulo | SP

 + 55 11 3582-5509

 [economics@pezco.com.br](mailto:economics@pezco.com.br)

 [www.pezco.com.br](http://www.pezco.com.br)