



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ALESSANDRO ARAÚJO DE OLIVEIRA

**INVESTIMENTOS EM TRANSPORTE RODOVIÁRIO E
DESEMPENHO ECONÔMICO DO NORDESTE BRASILEIRO**

RECIFE – PE

2023

ALESSANDRO ARAÚJO DE OLIVEIRA

**INVESTIMENTOS EM TRANSPORTE RODOVIÁRIO E
DESEMPENHO ECONÔMICO DO NORDESTE BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo aluno **ALESSANDRO ARAÚJO DE OLIVEIRA** ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como pré-requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas sob a orientação do professor **Dr. DIEGO FIRMINO COSTA DA SILVA**.

RECIFE – PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O48i Oliveira, Alessandro Araújo de
INVESTIMENTOS EM TRANSPORTE RODOVIÁRIO E DESEMPENHO ECONÔMICO DO NORDESTE
BRASILEIRO / Alessandro Araújo de Oliveira. - 2023.
42 f.
- Orientador: Diego Firmino Costa da .
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Ciências Econômicas, Recife, 2023.
1. Análise exploratória de dados espaciais. 2. Rodovias. 3. Clusters. 4. Economia Regional. I. , Diego
Firmino Costa da, orient. II. Título

CDD 330

ALESSANDRO ARAÚJO DE OLIVEIRA

**INVESTIMENTOS EM TRANSPORTE RODOVIÁRIO E DESEMPENHO
ECONÔMICO DO NORDESTE BRASILEIRO**

TCC apresentado ao Curso de Graduação em Economia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em: 05/09/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Diego Firmino Costa da Silva (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Gisleia Benini Duarte (Examinadora Interna)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Poema Isis Andrade de Souza (Examinadora Interna)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO

Essa monografia tem como objetivo geral a utilização das medidas de autocorrelação espacial bivariado e do método dos Mínimos Quadrados Ordinários para avaliação de impactos de políticas públicas no âmbito da infraestrutura de transporte rodoviário sobre o desempenho econômico de longo prazo do Nordeste brasileiro, bem como de sua vizinhança. Verificamos como a transição das ferrovias para as rodovias a partir dos anos de 1960 influenciaram o padrão espacial de longo prazo das atividades econômicas no Nordeste. Calculamos os diferenciais das distâncias mínimas entre 1960 a 1970, 1970 a 1980, 1980 a 1990, 1990 a 2000 e 2000 a 2010. Com isso, foi possível conhecer quais as áreas mínimas comparáveis do Nordeste são mais homogêneas ou heterogêneas espacialmente, e quais os comportamentos dessas localidades no decorrer das décadas, através do mapa de *Clusters*. Também será possível estimar se as reduções na distância do acesso as rodovias surtiram efeito no crescimento econômico de longo prazo nas décadas seguintes na região. Foram identificados resultados importantes no crescimento econômico a níveis locais como foi observado nos mapas de *clusters*. Contudo, a partir dos resultados extraídos com o método de mínimos quadrados ordinários, considera-se que essa expansão das rodovias e a redução das distâncias ao longo das décadas não foram suficientes para trazer resultados estatisticamente significativos que pudessem confirmar que a evolução da malha rodoviária possa trazer um maior PIB *per capita* em todo o território nordestino.

Palavras-Chave: Análise exploratória de dados espaciais. Rodovias. *Clusters*. Economia Regional.

ABSTRACT

This monograph has the general objective of using bivariate spatial autocorrelation measures and the Ordinary Least Squares method to assess the impacts of public policies within the scope of road transport infrastructure on the long-term economic performance of the Brazilian Northeast, as well as its neighborhood. We verified how the transition from railroads to highways from the 1960s onwards influenced the long-term spatial pattern of activities in the Northeast. We calculated the differentials of the minimum distances between 1960 to 1970, 1970 to 1980, 1980 to 1990, 1990 to 2000 and 2000 to 2010. With this, it was possible to know which comparable minimum areas of the Northeast are more lived or spatially heterogeneous, and which ones have behaved these locations over the decades, through the Clusters map. It will also be possible to estimate whether reductions in the distance to access roads had an effect on long-term economic growth in the following decades in the region. Important results were identified in economic growth at local levels as observed in the cluster maps. However, based on the results extracted using the ordinary least squares method, consider that this expansion of highways and the reduction of distances over the decades were not enough to bring statistically achieved results that could confirm that the evolution of the road network can bring a higher GDP *per capita* throughout the northeastern territory.

Keywords: Exploratory analysis of spatial data. Highways. Clusters. Regional Economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Extensão da infraestrutura rodoviária no Nordeste na década de 1960.....	18
Figura 2: Extensão da infraestrutura rodoviária no Nordeste na década de 2010.	23
Figura 3: Evolução na Infraestrutura rodoviária no Nordeste Brasileiro entre 1960- 2010.	28
Figura 4: Mapa de <i>Cluster</i> para a evolução das rodovias e crescimento do PIB <i>per capita</i> futuro entre 1960-2010.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução da infraestrutura rodoviária Brasileira entre 1960 e 2010.	23
Tabela 2: Variáveis utilizadas no modelo MQO.....	31
Tabela 3: Modelo 1 - Mínimos Quadrados Ordinários.....	31
Tabela 4: Modelo 2 - Mínimos Quadrados Ordinários.....	32
Tabela 5: Modelo 3 - Mínimos Quadrados Ordinários.....	33
Tabela 6: Modelo 4 - Mínimos Quadrados Ordinários.....	34

SUMÁRIO

1. Introdução	6
2. Revisão de literatura	7
2.1. Referencial teórico.....	7
2.2. Evidências empíricas.....	9
3. Evolução da infraestrutura rodoviária no Brasil entre 1960-2010.....	17
4. Metodologia.....	24
4.1. Análise estatística local do indicador de Moran bivariada	24
4.2. Mínimos Quadrados Ordinários.....	26
4.3. Bases de Dados	26
5. Resultados e discussão.....	27
6. Considerações finais	35
7. Referências	36

1. Introdução

O interesse na investigação dos impactos da disponibilidade da infraestrutura de transporte no desenvolvimento econômico regional recai na influência que ela tem sobre as decisões de localização dos investimentos por parte das firmas, como também na decisão de produção e consumo. A disponibilidade de infraestrutura de transporte influencia os fluxos de comércio, determinando os custos das relações comerciais entre firmas e consumidores espacialmente dispersos entre as diversas localidades.

A partir dessa necessidade de se analisar as formas mais eficientes da alocação ótima dos recursos para a infraestrutura de transporte, surge uma nova teoria no trabalho de Krugman (1991), que é a Nova Geografia Econômica (NGE). As diferenças de riqueza entre as localidades se dão pela aglomeração das atividades. Com a existência de mobilidade de fatores, capital e mão-de-obra, se tem como consequência a aglomeração das atividades em uma região em detrimento de outra, significando que determinadas cidades irão crescer mais do que outras, pois possuem fatores de atração maiores do que as outras.

De acordo com Fujita et al. (2001) o papel da acessibilidade para as rodovias é essencial para a possibilidade de se obter retornos crescentes, sendo impactada diretamente pela aglomeração das atividades econômicas no espaço. O aprimoramento da acessibilidade gera contribuições para a concentração das atividades econômicas e da população em regiões mais atrativas (Rietveld & Nijkamp 1992, Wegener & Böckmann 1998, Quinet & Vickerman 2004). Um outro elemento importante ao estudo dos transportes é a dependência espacial entre as localidades. As interações no espaço podem incluir os *spillovers* tecnológicos, migração, amenidades entre outros. Ou seja, as regiões vizinhas as que receberam uma expansão e transformação das rodovias também podem ter seus desempenhos econômicos afetados pelos *spillovers* tecnológicos e ligações intersetoriais que podem fortalecer as economias de aglomeração e acesso aos mercados de fatores (McCann 2013).

Ao observar os trabalhos empíricos já produzidos tratando sobre o tema da infraestrutura de transportes e seus efeitos no desempenho econômico, temos no cenário internacional pesquisas para países considerados subdesenvolvidos como a

China, onde Banerjee et al. (2012), Yu et al. (2013), Faber (2014), Baum-Snow et al. (2016), Baum Snow et al. (2017) apresentam que existem repercussões positivas na economia quando se investe em infraestrutura, como por exemplo: conectar grandes centros metropolitanos de produção a mercados periféricos, reduzir as barreiras comerciais e melhorar a conectividade e produzir uma economia mais integrada. Na Índia, trabalhos como Sahoo & Dash (2009) e Alder et al. (2015) mostram resultados que a infraestrutura de transportes desempenha um papel importante no crescimento econômico do país, que é um dos países em que o PIB mais cresce no mundo.

No contexto Brasileiro, os trabalhos de Araujo (2006), Bertussi & Ellery Junior (2012), Andrade et al. (2015), da Silva et al. (2016) mostram ganhos no crescimento econômico ao se investir na matriz rodoviária. Porém, existe a defesa do investindo mais na infraestrutura de transporte das regiões menos desenvolvidas do país, pois isso aceleraria o crescimento econômico dessas localidades, gerando um aumento na renda da população, atraindo maiores investimentos privados e diminuindo as disparidades econômicas e sociais com as regiões mais desenvolvidas.

No início dos anos de 1950 as rodovias foram apontadas como modalidade prioritária de transporte no Brasil. Desde então, a extensão da malha rodoviária segue crescendo com o decorrer das décadas. Esse trabalho tem como objetivo geral a utilização das medidas de autocorrelação espacial bivariado e do método dos Mínimos Quadrados Ordinários para analisar os impactos de políticas públicas no âmbito da infraestrutura de transporte rodoviário sobre o desempenho econômico de longo prazo nas áreas mínimas comparáveis do Nordeste do Brasil, durante o período entre 1960-2010, bem como de sua vizinhança.

2. Revisão de literatura

2.1. Referencial teórico

No meio dos debatedores responsáveis pelas políticas públicas e pelo planejamento governamental, tem-se uma apresentação fortemente consolidada pela compreensão de que a melhoria na infraestrutura rodoviária influencia na ampliação das potencialidades econômicas das regiões, melhorando seu desenvolvimento e conduzindo a uma distribuição mais eficiente da população, da indústria e da renda. O interesse na investigação dos impactos da disponibilidade da infraestrutura de

transporte no desenvolvimento econômico regional recai na influência que ela tem sobre as decisões de localização dos investimentos por parte das firmas, como também na decisão de produção e consumo. Assim, a disponibilidade de infraestrutura de transporte vem a influenciar os fluxos de comércio, determinando os custos das relações comerciais entre firmas e consumidores espacialmente dispersos entre as diversas localidades.

A partir dessa necessidade de se analisar as formas mais eficientes da alocação ótima dos recursos para a infraestrutura de transporte, surge uma nova teoria no trabalho de Krugman (1991), que é a Nova Geografia Econômica (NGE). De acordo com a teoria, as diferenças de riqueza entre as localidades se dão pela aglomeração das atividades. Com a existência de mobilidade de fatores, capital e mão-de-obra, se tem como consequência a aglomeração das atividades em uma região em detrimento de outra, significando que determinadas cidades irão crescer mais do que outras, pois possuem fatores de atração maiores do que as outras. Este modelo é diferente em relação aos demais por considerar aspectos fundamentais para explicar a desigualdades entre cidades, que são o espaço, que tem implicações diretas na localização das atividades, e as distâncias e suas implicações nos custos de transporte de bens e serviços e, portanto, na competitividade das localidades na atração de atividades.

De acordo com Fujita et al. (2001) o papel da acessibilidade para as rodovias é essencial para a possibilidade de se obter retornos crescentes, sendo impactada diretamente pela aglomeração das atividades econômicas no espaço. O aprimoramento da acessibilidade gera contribuições para a concentração das atividades econômicas e da população em regiões mais atrativas (Rietveld & Nijkamp 1992, Wegener & Böckmann 1998, Quinet & Vickerman 2004). Por sua característica de política espacialmente localizada, a infraestrutura de transporte afetaria as vantagens competitivas das localidades, através dos efeitos de economias de escala e acessibilidade, permitindo as firmas expansão de mercado e acesso a mercados de insumos mais amplos. Sendo assim, um importante elemento ao estudo dos transportes é a dependência espacial entre as localidades.

As interações no espaço podem incluir os *spillovers* tecnológicos, migração, amenidades entre outros. Sendo assim, este tipo de estudo se torna importante não só no sentido de verificar a eficiência da política, mas também pode permitir mensurar seus efeitos sobre o território, haja vista políticas que pretendem dinamizar uma certa

área podem "transbordar" e afetar toda sua vizinhança (Ertur & Koch 2007, Dall'Erba & Le Gallo 2008).

Ou seja, as regiões vizinhas as que receberam uma expansão e transformação das rodovias também podem ter seus desempenhos econômicos afetados pelos *spillovers* tecnológicos e ligações intersetoriais que podem fortalecer as economias de aglomeração e acesso aos mercados de fatores (McCann 2013).

2.2. Evidências empíricas

Essa subseção pretende observar os trabalhos empíricos já produzidos, tratando sobre o tema da infraestrutura de transportes e seus efeitos no desempenho econômico dos países internacionais e do Brasil. Serão abordados os objetivos dos trabalhos, as metodologias utilizadas e a conclusão de cada trabalho com os resultados encontrados.

Banerjee et al. (2012) abordam o acesso a estrutura de transporte e o desempenho econômico em diversas regiões da China em um período de vinte anos (1986-2006), onde o país teve alto ritmo de crescimento. Os autores reforçam que os formuladores de políticas devem examinar as vantagens e desvantagens de investir em infraestrutura, levando em conta várias questões relacionadas. Primeiro, devem considerar a questão da causalidade: "o desenvolvimento da infraestrutura é um objeto valioso politicamente ou seria melhor confiar nas forças naturais do mercado e/ou concorrência entre jurisdições locais para fornecer a infraestrutura necessária quando houver demanda?". Em seguida, os formuladores das políticas estão preocupados com os efeitos distributivos da infraestrutura. Por um lado, o maior acesso a mercados e ideias deve beneficiar todas as regiões. Por outro lado, a infraestrutura de transporte aumenta o acesso das regiões rurais para as cidades, podendo ter chances de ocorrer uma fuga do capital produtivo e da mão de obra qualificada, passando das regiões rurais para as cidades ao longo do tempo. Com isso, os que permanecem nas áreas rurais recebem ganhos econômicos muito limitados. Mesmo com todas essas variáveis, os autores concluem em seu artigo que as regiões que estiveram mais próximas das redes de transporte conseguiram ter níveis mais altos de PIB *per capita*, uma maior desigualdade de renda, maior número de empresas e maiores lucros médios das empresas. Porém, afirmam que não se tem evidências que as distâncias afetaram o crescimento de renda da China. Uma

explicação alternativa de que infraestrutura pode ter levado benefícios consideráveis para a economia chinesa, mas a localização e o nível dos ganhos foram limitados pela falta de mobilidade dos fatores. Ainda assim, o fato de não vermos uma forte divergência entre áreas bem e mal conectadas não tira a possibilidade de que infraestrutura trouxe benefícios para todos os envolvidos.

Para Yu et al. (2013), se tem indícios que existem repercussões positivas em cada período analisado (1978–1990, 1991–2000 e 2001-2009) com relação aos efeitos de transbordamento espacial na infraestrutura de transporte da China, de sua conectividade característica em nível nacional. Os benefícios positivos desses investimentos derivam não apenas de investimentos feitos por estados individuais, mas também existem fatores externos das despesas de rede feitas pelos estados vizinhos. Para isso, os autores argumentam que a China deveria adotar uma política de investimento que dessem prioridade ao desenvolvimento de redes de transporte inter-regionais ao invés de intraregional. A aglomeração industrial e seus efeitos induzidos pelo desenvolvimento do transporte levarão a um aumento da transferência da atividade industrial, especialmente as indústrias intensivas em tecnologia, para as regiões mais atrasadas do país.

Em seu artigo, Faber (2014) analisa e estima empiricamente as consequências econômicas da rede de conexões *National Trunk Highway System* (NTHS) entre os municípios periféricos e os centros metropolitanos. O objetivo da política do NTHS era conectar as capitais provinciais, cidades com uma população urbana acima de 500.000 em uma única rede de vias expressas. O autor expõe como resultado que os investimentos na infraestrutura de transporte da China em larga escala conectam grandes centros metropolitanos de produção como também pequenos mercados periféricos. O autor fortalece seu argumento, mostrando que estes casos são mais especiais nos países em desenvolvimento, onde as disparidades espaciais e/ou regionais são particularmente pronunciadas. Porém, apresenta evidências empíricas de que o transporte inter-regional em larga escala pode levar a uma redução do crescimento industrial da produção entre regiões periféricas em relação às não conectadas, em vez de difundir a produção de regiões metropolitanas para a periferia.

Baum-Snow et al. (2016) apontam que no caso Chinês, as rodovias não foram alocadas aleatoriamente, podendo ter sido planejadas de acordo com a produtividade ou atratividade dos locais e que a produção em uma região também depende da produção de outras regiões, através das ligações de comércio. Os autores estimaram

os efeitos da produção em populações próximas dos municípios, se concentrando na produção agregada alcançável a 6 horas de carro, chamando a estimativa de "potencial de mercado". O resultado do trabalho mostrou que as relações entre potencial de mercado, PIB e a população são qualitativamente semelhantes às das medidas brutas de infraestrutura. Os autores concluem que as estimativas dos efeitos da redução de custos de transportes para os portos e que o acesso aprimorado a estes portos promove crescimento econômico nos contextos dos países em desenvolvimento.

Baum-Snow et al. (2017) investigaram como a configuração e a extensão das malhas rodoviárias e ferroviárias afetaram a descentralização da população e da atividade econômica nas cidades centrais e suburbanas da China entre 1990 e 2010. Os autores avaliaram que o investimento em infraestrutura de transportes tem impactos profundos e duradouros nas áreas urbanizadas. As rodovias levam a população a se descentralizar das grandes cidades, e as ferrovias radiais e estradas circulares levam a descentralização da produção industrial e da força de trabalho. O ganho de bem-estar associado a cada nova rodovia é a soma das reduções resultantes nos custos de transporte e moradia. Para concluir, os autores afirmam que a reorganização da área metropolitana pode contribuir para ganhos de produtividade e de bem-estar. Com as ferrovias facilitando o movimento e escoamento da produção industrial para fora das cidades centrais, é liberado espaço para as atividades menos intensivas em terra que se beneficiam mais com a aglomeração e com os transbordamentos. Essa reorganização espacial pode vir a refletir em uma maior produtividade média, tendo efeitos nos salários que se tornam mais altos e no bem-estar do consumidor. O trabalho mostra que se faz necessário o investimento em infraestrutura para apoiar o rápido crescimento econômico chinês. Tal crescimento que gerou uma demanda crescente por infraestrutura. Os autores apontam que o desenvolvimento de infraestrutura é fundamental para combater o agravamento da desigualdade regional, para preencher a lacuna entre províncias interiores e províncias costeiras. O investimento em infraestrutura não é distribuído igualmente entre as regiões, portanto, as regiões ou setores que recebem mais financiamento podem beneficiar mais do que regiões ou setores mais afastados, o que altera a distribuição das atividades econômicas na China. Os resultados mostram que o investimento em infraestrutura como forma de reduzir as barreiras comerciais e melhorar a conectividade, produz uma economia mais integrada.

Sahoo & Dash (2009) analisaram empiricamente o papel da infraestrutura de transportes no crescimento econômico da Índia para o período 1970-2006. Os resultados mostram que a infraestrutura de transportes, a força de trabalho e investimento total desempenham um papel importante no crescimento econômico da Índia, que é um dos países em que o PIB mais cresce no mundo. Além disso, a análise de causalidade mostra que há um comportamento unidirecional do desenvolvimento da infraestrutura ao crescimento da produção. Autores afirmam que é necessária maior ênfase no desenvolvimento da infraestrutura de transportes para sustentar os altos níveis de crescimento econômico em que a economia indiana vem experimentando nos últimos anos, aumentando assim a produtividade das empresas e o bem-estar da população.

Alder et al. (2015) verificou os impactos nos investimentos em infraestrutura de transporte na China e na Índia. No início dos anos 90, a infraestrutura rodoviária indiana era superior à chinesa em termos de extensão total de km e km por pessoa, mas ambos os países tinham suas rodovias bastante precárias. A rede rodoviária e ferroviária da China se desenvolveu significativamente mais rapidamente que a indiana. O país construiu a *National Expressway Network* (NEN) com intuito de conectar todas as cidades com mais de 500.000 pessoas e todas as capitais provinciais em um sistema moderno de rodovias. A Índia também investiu em sua infraestrutura viária, porém, dez vezes menos que a China. O país lançou o Projeto Nacional de Desenvolvimento de Rodovias (NHDP) em 2001 e a primeira conquista projeto desse projeto foi o *Golden Quadrilateral* (GQ), que conecta os quatro principais centros econômicos indianos (Delhi, Mumbai, Chennai e Calcutta) com rodovias de quatro faixas. Os projetos rodoviários instalados nos dois países são as partes cruciais de sua estratégia de transporte e de grande importância para o desenvolvimento dos dois países. Os resultados expostos no artigo sugerem que os recentes investimentos nas rodovias indianas resultaram em ganhos líquidos agregados positivos, mas efeitos desiguais entre os distritos. Usando um modelo para avaliar os efeitos de uma rede de estradas para a Índia que replica a estratégia chinesa de conectar cidades de tamanho intermediário, os autores afirmam que reduziriam as disparidades regionais e beneficiaria também as regiões mais atrasadas da Índia.

Em seu trabalho, Holl (2004) utiliza dados em nível municipal para estudar o nascimento das firmas em Portugal, no período entre 1986 a 1997. Desde o início dos anos 80, o modal rodoviário em Portugal foi alargado em mais de 1.000 quilômetros,

quando se existiam apenas 200 quilômetros em torno das duas cidades centrais e urbanas (Lisboa e Porto) para cerca de 1.300 quilômetros até 1998. Este foi um momento de melhorias significativas para o mercado português. O artigo mostra o efeito dos investimentos nas rodovias em larga escala juntamente com o papel desempenhado pelas economias de aglomeração para o nascimento de novas firmas. Foram selecionados 13 setores industriais e 9 setores de serviços. As rodovias aumentam a atratividade de locais próximos a nova infraestrutura para a maioria dos setores. Porém, diferenças marcantes entre setores existem na maneira como as melhorias no transporte afetam a concentração geográfica de empresas. Os resultados também indicam que um ambiente econômico local mais diversificado incentiva o surgimento de novas firmas, mas são encontradas poucas evidências dos benefícios da aglomeração decorrentes de especialização em nível local.

Tong et al. (2013) estudam os efeitos da infraestrutura de transporte nas áreas agrícolas em 44 estados norte-americanos no período de 1981 a 2004. Os resultados baseados nas estimativas é que o investimento rodoviário tem um efeito direto e significativamente positivo sobre a produção agrícola de um estado. Concluem que esta pesquisa tem implicações políticas importantes para o investimento na infraestrutura de transporte no que se refere ao setor agrícola dos Estados Unidos. Os autores mostram que o investimento em infraestrutura rodoviária em um estado não se limita apenas para a produção agrícola do local que foi investido, mas também traz benefícios para o desenvolvimento agrícola em outros estados. Sendo assim, ao alocar os recursos em construção e manutenção de infraestrutura rodoviária pode servir como um meio de aumentar o crescimento na economia agrícola.

Crescenzi et al. (2016) investigaram em seu artigo a importância da qualidade do governo para a economia e para os retornos dos investimentos em infraestrutura de transporte nas regiões europeias. Foram reunidas 166 regiões da União Europeia (UE) durante o período de 1995–2009. Os resultados revelam a influência da qualidade regional do governo sobre os retornos econômicos da infraestrutura de transporte. Os autores mostram que em contextos institucionais fracos, o investimento em autoestradas, que é a opção preferida pelos governos, gera retornos significativamente mais baixos do que as estradas mais comuns. Ou seja, as instituições governamentais também afetam o retorno do investimento em infraestrutura de transporte. Por isso, os autores afirmam que a manutenção da infraestrutura de transporte está associada positivamente com crescimento

econômico somente em regiões com instituições governamentais sólidas. O fortalecimento institucional precisa ser colocado no topo da agenda de desenvolvimento, e assim, outros tipos de intervenções de desenvolvimento, como a infraestrutura de transportes, devem se tornar mais eficientes.

Araujo (2006) analisa a infraestrutura do transporte brasileiro e o desenvolvimento nacional e regional. A autora seleciona as rodovias BR-116 e BR-153 para implementar ao modelo, tendo como referência o ano de 1999. O modelo de transporte agregado a um modelo aplicado de equilíbrio geral, a fim de avaliar os impactos espaciais na melhoria da infraestrutura de transportes sobre o desempenho econômico nas regiões, como a produtividade, emprego, PIB, dentre outros indicadores. Os resultados para a BR-116, que liga as regiões Nordeste, Sul e Sudeste do Brasil, demonstram uma situação complicada para o Nordeste em relação ao restante do país. Ao ser duplicada parcialmente, houve uma perda relativa do Nordeste em relação as regiões mais dinâmicas do país, quando se considera a variação do PIB, indicando que essas regiões atraíram para si os benefícios de uma melhor facilidade do fluxo de comércio. Os resultados para a BR-153 reforçam o que foi encontrado ao analisar a BR-116, porém, a duplicação dessa rodovia trouxe resultados mais favoráveis do que os da BR-116. Isso se explica pela razão de que as partes duplicadas da BR-153 se encontravam em regiões mais desenvolvidas do país. Em relação aos efeitos positivos, quando ocorre uma duplicação de uma rodovia, o acesso a estrada se torna mais fácil e rápido, algumas regiões se tornam mais atrativas economicamente, os custos com o transporte diminuem, reduz o desgaste com os veículos, é gerado menos poluição, etc. A autora conclui que a decisão para os investimentos em infraestrutura de transporte deve levar em conta não só os efeitos sobre a economia nacional, mas, principalmente os efeitos regionais, pois uma decisão tomada isoladamente pode contribuir para a ampliação das disparidades entre as regiões, e que as consequências da melhoria das rodovias vão depender da estrutura espacial da infraestrutura entre as regiões.

Bertussi & Ellery Junior (2012) investigaram a relação entre gastos públicos na área de transportes e a taxa de crescimento dos estados brasileiros no período entre 1986 e 2007. Os resultados obtidos mostraram que o investimento público no setor de transportes tem um efeito positivo, estatisticamente significativo sobre o desempenho econômico dos estados brasileiros e facilita potencialmente para a redução da desigualdade entre eles. Com as evidências encontradas, os gastos públicos em

infraestrutura de transporte são mais produtivos nas regiões menos desenvolvidas do país (regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste), comparando-se com as regiões mais desenvolvidas (Sul e Sudeste). Sendo assim, a mesma quantidade de gasto público tem impacto diferente entre as localidades, dependendo assim, de que região do país ele é aplicado. Os autores concluem que o papel dos formuladores de políticas públicas é de fundamental importância para a promoção do crescimento econômico e o desenvolvimento regional brasileiro. Investindo mais na infraestrutura de transporte das regiões menos desenvolvidas do país, pode-se acelerar o crescimento econômico dessas localidades, gerando um aumento na renda da população, atraindo maiores investimentos privados e diminuindo as disparidades econômicas e sociais com as regiões mais desenvolvidas.

Andrade et al. (2015) avaliaram as possibilidades e as limitações dos investimentos em infraestruturas rodoviárias em promover crescimento econômico em nível regional e local, tomando como caso de estudo os resultados econômicos de 28 cidades do Agreste e da Zona da Mata de Pernambuco, diretamente beneficiadas pela duplicação da BR-232-PE, trecho de Recife até São Caetano com 150 km de extensão, aberta ao tráfego em 2004, com período de avaliação até o final de 2010. Para analisar os efeitos específicos dos melhoramentos em infraestruturas rodoviárias, essas cidades foram comparadas com um conjunto de 20 cidades não beneficiadas por essas melhorias, com perfil socioeconômico e nível de desenvolvimento semelhante, estruturadas pelo eixo rodoviário da BR-408/PE-090 (154 km), aproximadamente paralelo funcionando em pistas simples. Como resultado, o artigo expõe que o crescimento regional estimulado pela duplicação da BR-232-PE, por meio de comparações realizadas com o desempenho médio de outra região não beneficiada, mostra um impacto positivo do projeto sobre a região. Os principais diferenciais entre as regiões situam-se sobre o aumento do PIB, do número de novos empregos e empresas nos setores industriais e comerciais e da massa salarial. A região beneficiada cresceu em ritmo superior à média do Estado de Pernambuco, e ao verificar de uma perspectiva externa, a melhoria da acessibilidade regional produziu como benefício uma maior atratividade para a área como um todo. Porém, foi observado que os benefícios não foram distribuídos igualmente entre as cidades. Verificou-se um fortalecimento maior nos municípios que tem a maior população, com economias mais dinâmicas e diversificadas e certa indiferença nos impactos nos municípios mais periféricos, mesmo que em alguns tenham tido ganhos de

mobilidade. Estes municípios com maiores níveis de diversificação econômica situados nas margens da rodovia, como as cidades de Caruaru, Vitória de Santo Antão e Belo Jardim, apresentaram maiores ganhos no PIB, enquanto outros também atravessados pela BR-232-PE, como Bezerros, Gravatá e Pombos, se situaram abaixo da curva de produtividade, denotando a ocorrência de outros fatores influentes, como a concentração prévia de atividades econômicas mais produtivas nos polos regionais.

Em seu artigo, da Silva et al. (2016) desenvolvem um trabalho para analisar os efeitos dos investimentos em infraestrutura do transporte, realizados no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) sobre as regiões brasileiras. Tomam como ponto de partida três hipóteses: a primeira é que os investimentos em infraestrutura contribuem para o crescimento econômico dos estados brasileiros; a segunda é que os investimentos em infraestrutura realizados no âmbito do PAC têm contribuído para aumentar as taxas de crescimento econômico dos estados brasileiros; a terceira é que estes investimentos contribuem para alterar a dispersão das taxas de crescimento econômico entre os estados, em particular, a favor dos estados de menor produto. Os resultados mostraram que a primeira hipótese foi confirmada pelas estimações. Os investimentos foram relevantes para o crescimento dos estados, sendo que tanto o investimento total quanto os investimentos efetivados pelos governos estaduais em infraestrutura de transportes foram importantes para o crescimento econômico dos estados, e, assim, apresentaram um caráter complementar e estratégico para o desenvolvimento regional do país. Entretanto, o investimento total, por apresentar efeitos bem superiores, mostra um potencial maior para estimular o desenvolvimento regional e o processo de redução da desigualdade regional no Brasil. As duas últimas hipóteses não foram confirmadas pelos testes realizados. O teste de diferenças de médias das taxas de crescimento do Produto Interno Bruto real observado para os períodos 2004-2006 e 2007-2009 demonstrou que, apesar da diferença das médias entre o segundo período e o primeiro período ser positiva em favor do PAC, esta não foi significativa, ou seja, o PAC I não produziu efeito significativo sobre a média das taxas de crescimento dos estados, em relação ao período imediatamente anterior. Para concluir, os autores afirmam que deve aumentar o volume de investimento mais que proporcionalmente nas regiões menos desenvolvidas, contribuindo assim para elevar a taxa de crescimento do produto nessas regiões. Esse caminho, entretanto, teria risco de que a capacidade da infraestrutura não seja efetivamente ocupada,

gerando mais capacidade do que o desejável. Para reduzir esse risco, deve-se estimular as atividades diretamente produtivas nas regiões menos desenvolvidas, para que se ocupe essa capacidade de infraestrutura, com o intuito de ampliar o impacto sobre o crescimento econômico nessas regiões, para assim ser capaz de reduzir efetivamente as desigualdades regionais.

3. Evolução da infraestrutura rodoviária no Brasil entre 1960-2010

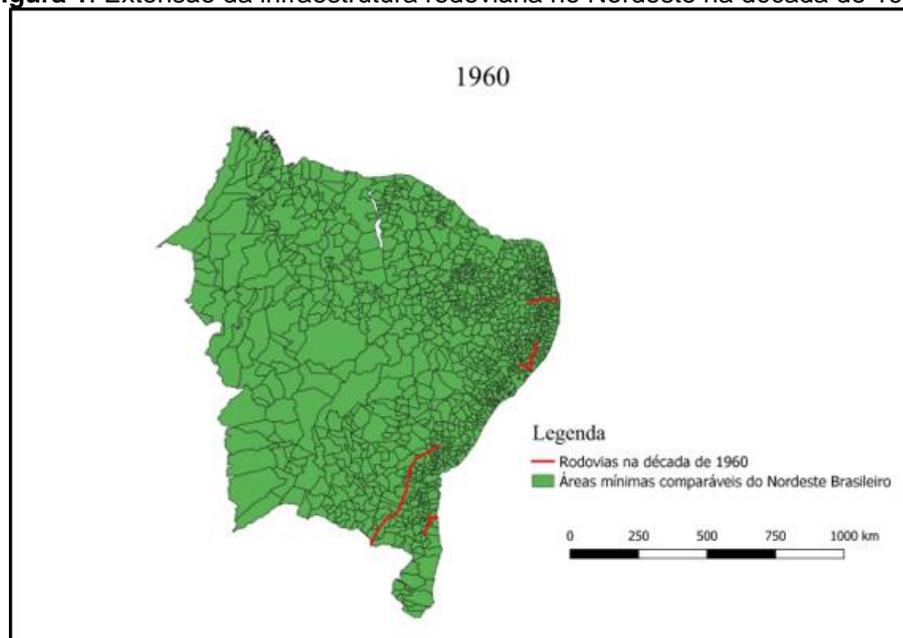
No período após a Segunda guerra mundial (1939-1945) grandes grupos automobilísticos localizados nas economias centrais instalaram seus complexos produtivos industriais em vários países periféricos do mundo, visando ampliar o mercado automobilístico, que viria a influenciar os investimentos na infraestrutura de transporte, priorizando a política de transporte rodoviário em detrimento dos outros modais de transportes, no caso do Brasil. Somente no início dos anos de 1950 houve um reconhecimento oficial das rodovias como modalidade prioritária de transporte no Brasil. No governo do então presidente Getúlio Vargas, o Plano Nacional de Viação aprovado em 1951 estabeleceu que as rodovias assumissem a função pioneira em lugar das ferrovias. Na política de transporte rodoviário, esse plano demonstra, explicitamente, o papel das rodovias nas políticas de ocupação do território do país. Segundo De Arroxelas Galvão (1996) de 1945 a 1952, o número de caminhões e ônibus em circulação cresceu mais de 157%.

No meio da década de 1950, o governo de Juscelino Kubitschek tomou a posse da Presidência da República com o discurso ousado de modernizar e transformar a economia brasileira por meio de um plano de governo capaz de fazer o Brasil crescer “cinquenta anos em cinco”, sendo chamado de “Plano de Metas” (1956 –1960). O plano com 30 metas previa os investimentos em setores estratégicos da economia brasileira, sendo eles a energia, alimentação, transporte, educação, indústria de base e a construção da capital nacional em Brasília. De acordo com Ferreira & Malliagos (1999), os setores de energia e transportes eram as áreas principais de investimento, com 71,3% do total de recursos. O Plano de Metas atingiu um percentual razoável nas metas estabelecidas, com cerca de 70%, especialmente nos transportes e indústrias de base.

Conforme afirmou Cardoso Jr (2011) o Plano de Metas promoveu a diversificação da indústria brasileira, completando um ciclo de industrialização que

havia sido iniciado na década de 1930 na Era Vargas. No mesmo período, o do projeto de integração nacional, nasceu a ideia do "cruzeiro rodoviário", que seria executado como a construção de grandes eixos rodoviários radiais, longitudinais e transversais que interligassem a nova capital federal até as capitais de outros estados, bem como os pontos extremos do extenso território brasileiro. Com o projeto de integração nacional, o governo de Juscelino Kubitschek propunha a modernização do transporte ferroviário, erradicando ramais ferroviários antieconômicos, priorizando os investimentos na infraestrutura rodoviária em nome do desenvolvimentismo. Em 1959, o modal rodoviário já era responsável por 58.63% do tráfego interurbano das mercadorias circuladas no país, quando em 1951 eram apenas 49.57%. A Figura 1 exibe a distribuição da malha da infraestrutura rodoviária no nordeste brasileiro existentes no ano de 1960.

Figura 1: Extensão da infraestrutura rodoviária no Nordeste na década de 1960.



Fonte: Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

Nos governos de João Goulart e dos militares mantém-se o foco na política de desenvolvimento regional ancorada na política rodoviária. A partir da década de 1960, Castro (2001) aponta que a expansão da infraestrutura foi acompanhada pelo florescimento de uma vigorosa indústria de transporte rodoviário de cargas e passageiros, que viria a se tornar responsável pela maior parcela na divisão intermodal de serviços de transportes do país.

Em 1963, ainda no governo de João Goulart, foi implantado o Plano Trienal, que propunha a construção, pavimentação e conservação das rodovias que interligavam as regiões de grande potencial econômico. Nas políticas voltadas para a expansão do transporte rodoviário, o governo destacava como prioridade a construção de trechos rodoviários em substituição aos ramais ferroviários antieconômicos e a construção de rodovias de penetração para ocupação do território brasileiro, priorizando a pavimentação das rodovias localizadas em regiões de grande densidade de tráfego.

Nos governos militares, planos como o Programa de Ação Econômica do Governo – PAEG (1964–1966) e Programa Estratégico de Desenvolvimento - PED (1968–1970) deram continuidade à política rodoviária dos governos anteriores, propondo: a garantia de recursos para a implantação, a pavimentação e a conservação das rodovias; a liberdade econômica para os transportadores rodoviários, com condição de segurança; a priorização das rodovias de maior tráfego; melhoramento das condições técnicas das rodovias; consolidação das vias de penetração; e a aceleração do programa de rodovias substitutivas aos trechos ferroviários deficitários (Pereira & Lessa 2011).

A necessidade de promover a descentralização econômica levou o governo militar a elaborar o discurso da necessidade de ocupação do território brasileiro. Em 1970 o governo federal lançou o Plano de Integração Nacional – PIN, que construiria os eixos rodoviários para fazer a integração de todo o país. Com isso, buscava viabilizar a criação de novos polos agropecuários e industriais nas regiões mais atrasadas, interligando-as com as regiões mais desenvolvidas do país. Tinha-se como enfoque a criação da rede rodoviária brasileira, afirmando que novas estradas trariam mais conexão com a rede rodoviária do Nordeste, com as da Amazônia e do Planalto central.

A política de expansão da malha rodoviária foi continuada no I Plano Nacional de Desenvolvimento – I PND (1972 – 1974) e no II Plano Nacional de Desenvolvimento – II PND (1975 – 1979) em fase de continuação do projeto de integração nacional, tendo Brasília como centro de irradiação das rodovias federais. O Plano Rodoviário Nacional de 1973 incluiu oito rodovias radiais, 14 rodovias longitudinais, 20 rodovias transversais, 29 rodovias diagonais e 77 rodovias de ligação. Antes do I PND, o Brasil já havia entrado no ciclo acelerado de desenvolvimento que ficou conhecido como o “milagre econômico brasileiro”. O auge do crescimento ocorreu nos anos de 1972 e

1973 com o crescimento atingindo cerca de 14% do PIB neste último ano. Na avaliação das ações implementadas com esse II PND, o Governo Geisel conseguiu manter as altas taxas de crescimento econômico, mesmo em um contexto adverso.

No entanto, por causa do alto endividamento externo realizado em larga escala através de empréstimos a juros altos, anos mais tarde, esta política cobrou a fatura de empréstimos no exterior para a sua implementação. A grande dependência do transporte rodoviário, diante da crise do petróleo no final da década de 1970, levou o governo brasileiro, no II PND, a propor a racionalização do consumo de energia originada dos combustíveis derivados do petróleo. Segundo Barat (1991) a crise econômica levou a uma redução drástica nos investimentos da infraestrutura rodoviária, resultando na deterioração da malha rodoviária brasileira.

A década de 1980 foi marcada pela crise econômico-financeira e por mudanças políticas que influenciaram os investimentos na área da infraestrutura de transportes. O Governo do então Presidente Figueiredo, tentando dar continuidade ao sucesso dos planos anteriores, apresenta o III Plano Nacional de Desenvolvimento - o III PND, implementado para cobrir o período 1980-1985. Com este III PND, tinha-se para a infraestrutura de transportes uma meta de implantar estradas vicinais nos municípios para interligar os grandes eixos rodoviários, ferroviários e hidroviários, objetivando a integração das diversas modalidades de transportes para redução dos custos do transporte de cargas, visando também reduzir o consumo de energia derivada do petróleo. Com a crise econômica e financeira, reduziram-se os investimentos federais na infraestrutura rodoviária.

Segundo Ferreira & Malliagros (1999) a participação dos gastos em construção, pavimentação e restauração situou-se na média em 37,5%, ou seja, menos da metade da despesa total era alocada em investimento. Com isso, os estados da federação tiveram maior participação na elaboração da política de transporte rodoviário, por meio dos seus departamentos de estradas de rodagens, que investiram na pavimentação das rodovias estaduais para interligá-las às rodovias federais.

De acordo com Araújo (2013) apesar do esforço do governo em manter o ritmo de crescimento da década de 1970, a crise econômica mundial que coincidiu com o início deste governo, trouxe consigo a recessão e a alta inflacionária, impedindo a retomada do crescimento econômico. A rigor, o III PND não chegou a ser executado, pois o agravamento da crise externa jogou o país em uma depressão da qual só começou a sair em 1984 por conta da recuperação da economia mundial. Aponta-se

que o menor crescimento da malha rodoviária em relação aos demais períodos se deu por conta de baixos investimentos na matriz rodoviária.

A década de 1990 trouxe novos desafios para os setores econômicos, logísticos e de transportes, retomando o discurso sobre a necessidade de melhorar a eficiência do sistema logístico brasileiro para integrá-lo à economia internacional. De acordo com Pereira & Lessa (2011) identificou-se a necessidade de investir nos eixos viários para atender à demanda do sistema produtivo, na medida em que o transporte se tornou um instrumento importante na expansão dos eixos de desenvolvimento nacional e/ou regional.

Com o esgotamento da capacidade de financiamento dos investimentos do setor público federal, o governo Collor adotou um amplo programa de privatizações visando à redução do estado. O resultado foi não ter conseguido atingir o nível de investimentos médios da década de 1970. A alternativa encontrada foi dar continuidade às privatizações, delegando ao setor privado uma série de investimentos em infraestrutura. A Constituição Federal de 1988 proibiu a vinculação de receita de impostos a órgãos, fundos ou despesas predeterminadas. Com o fim da vinculação de tributos, a infraestrutura rodoviária passou a depender quase exclusivamente de recursos ordinários da União. Com a crise fiscal do governo federal, estes recursos passaram a ser disputados por muitas áreas, fazendo com que a infraestrutura rodoviária do país atravessasse um gradativo e sistemático processo de deterioração por falta de adequada e necessária manutenção.

Com este cenário, Campos Neto et al. (2011) mostra que foram encaminhadas três alternativas que visavam manter as rodovias federais, que eram: restabelecer as fontes de recursos para o setor rodoviário; conceder rodovias para operadoras privadas; delegar aos estados a administração e a exploração de trechos de rodovias. O governo federal repassou por meio de concessão, por um período de 25 anos, as rodovias federais às operadoras privadas, concedendo o direito de cobrança de pedágio por parte das operadoras para a manutenção/conservação do sistema rodoviário. Cabe destacar que à iniciativa privada somente interessam as rodovias que se apresentem como um negócio lucrativo, ou seja, quando as receitas superam significativamente as despesas, apresentando viabilidade financeira. Esta restrição do setor privado limitava a possibilidade de o governo vir a conceder um número expressivo de rodovias. Tal limitação foi superada pelo governo com a promulgação da Lei 11.079, de 30 de dezembro de 2004, conhecida como Lei das Parcerias

Público–Privadas. Esta lei viabiliza a participação privada em empreendimentos com pouca ou nenhuma rentabilidade financeira.

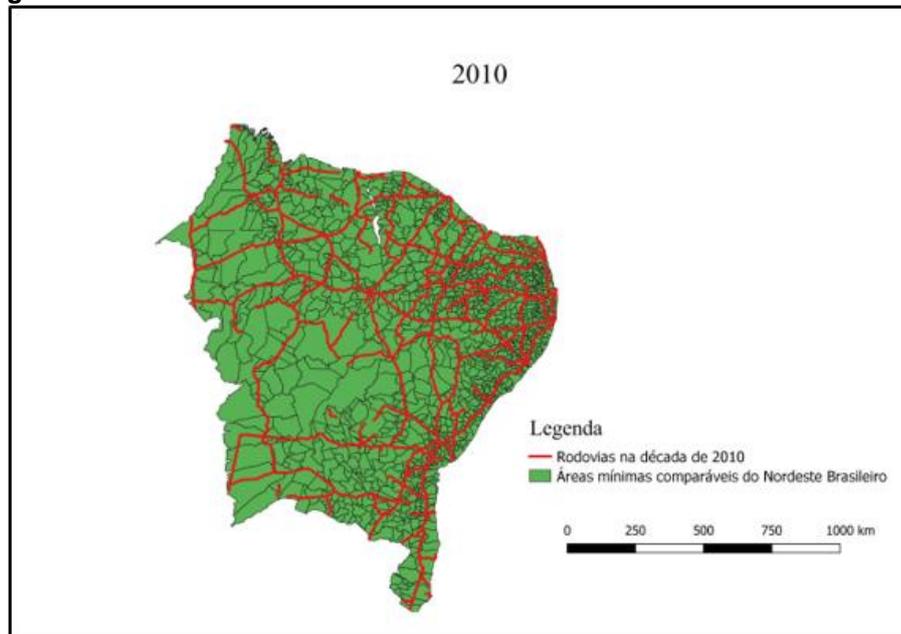
Ao longo da primeira década do Século XXI, paralelamente aos programas de repasse das rodovias federais para os Estados da Federação e para a iniciativa privada, o governo federal realizou os investimentos diretos na infraestrutura do sistema rodoviário brasileiro previstos nos planos de construção, de pavimentação e de conservação das rodovias federais, que foram os programas: Avança Brasil (2000 – 2003); Brasil de Todos (2004 – 2007); PAC (2008 – 2011). No programa Avança Brasil, o governo federal criou os “corredores de transportes” compostos por grandes malhas rodoviárias. As principais ações desse programa previam a construção, a pavimentação, a recuperação e a adequação de trechos rodoviários nos corredores Araguaia – Tocantins, Fronteira Norte, Leste, MERCOSUL, Nordeste, Oeste – Norte, São Francisco, Sudoeste e Transmetropolitano (Castro 2001). O plano Brasil de Todos buscou a implantação do transporte multimodal com o intuito de reduzir o custo Brasil. Os investimentos no setor rodoviário para a recuperação da malha rodoviária federal e a conclusão das obras rodoviárias de interesse regional visam à ampliação da capacidade operacional do transporte rodoviário brasileiro. Previa também a concessão da malha rodoviária, a recuperação e a conservação de 75% da malha rodoviária existente.

Na política de transporte rodoviário, o PAC não difere muito dos planos anteriores, pois busca investir em grandes obras de infraestrutura rodoviária (construção, pavimentação e conservação de rodovias) e continuar com a concessão de trechos das rodovias federais. Os investimentos realizados no âmbito do PAC contribuíram para a elevação da média anual do investimento total como porcentagem do PIB, que passou de 16% no período 2004-2006 para 18% do PIB no período 2007-2009, segundo dados do IBGE.

O segundo período foi marcado por forte crise econômica internacional, com redução das taxas de crescimento na maior parte dos países: segundo dados do Banco Mundial, entre 2004 e 2006 o crescimento acumulado do PIB mundial foi de 11,8% e o Brasil cresceu 11,9%, ao passo que, entre 2007 e 2009, a taxa acumulada de crescimento do PIB mundial foi de 3,3%, enquanto no Brasil essa taxa foi de 11,0%. Nesse contexto, o papel do PAC pode ter sido relevante, no sentido de sustentar as taxas de crescimento durante a crise mundial (da Silva et al. 2016). A figura 2 exibe a

distribuição da malha da infraestrutura rodoviária no Nordeste brasileiro existentes no ano de 2010.

Figura 2: Extensão da infraestrutura rodoviária no Nordeste na década de 2010.



Fonte: Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

A Tabela 1 a seguir mostra a evolução da malha rodoviária no Brasil no período de 1960-2010, mostrando o seu total em Km de extensão em cada década, média, desvio padrão e as áreas mínimas comparáveis que possuíam rodovias no período, em percentual.

Tabela 1: Evolução da infraestrutura rodoviária Brasileira entre 1960 e 2010.

Ano	Total (Km)	Média (Km) / AMC	Desvio Padrão	AMC com rodovias (%)
1960	11279.41	3,08	12,52	11,58
1970	38921.57	10,63	29,77	32,65
1980	54370.96	14,85	37,64	40,72
1990	76928.74	21,02	55,01	50,61
2000	85810.53	23,45	61,52	53,94
2010	98317.37	26,87	75,65	56,60

Fonte: Ministério da infraestrutura. Elaboração própria.

Desta tabela, podemos ver que a extensão da malha rodoviária segue crescendo com o decorrer das décadas e que cada vez mais as áreas mínimas comparáveis tiveram novas rodovias. Porém, em um total de 3.659 áreas mínimas

comparáveis¹, 43,4% delas ainda não tinham estradas rodoviárias no ano de 2010, mostrando que mesmo com todos os projetos historicamente propostos para o desenvolvimento da infraestrutura rodoviária em todo o território do Brasil, as rodovias Brasileiras ainda não são descentralizadas por todo o território.

4. Metodologia

4.1. Análise estatística local do indicador de Moran bivariada

A estratégia de estimação da relação entre a melhoria de acessibilidade e o crescimento econômico futuro dos municípios nordestinos será através da utilização de técnicas de econometria espacial. A existência de dependência espacial nas variáveis implica que o comportamento de algum(as) característica(s) de uma determinada localidade pode estar influenciando o comportamento da variável que se deseja explicar em outra localidade. Especificamente, o melhor nível de acessibilidade de um município pode influenciar o crescimento do município vizinho. Portanto, se não levamos em conta esta possibilidade de fenômeno, podemos estar guiando as nossas políticas públicas através de parâmetros viesados.

Anselin (1998) descreve a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) como um conjunto de estratégias utilizadas para o estudo dos efeitos decorrentes da dependência espacial e da heterogeneidade espacial a partir do esboço de padrões de correlação espacial, ocorrência de *clusters* ou *outliers*. A autocorrelação espacial acontece quando o valor de uma dada variável em uma região está relacionado com o valor da mesma variável em uma localidade vizinha. A heterogeneidade espacial ocorre quando os dados de regiões vizinhas não se relacionam (ANSELIN, 1998). Para verificar a autocorrelação espacial local de cada território é utilizado o método estatístico Indicador Local de Associação Espacial (LISA). De acordo com Anselin (1995) este indicador deve satisfazer a dois critérios:

¹ Uma área agregada do menor número de municípios necessários para que comparações intertemporais sejam geograficamente consistentes, sendo assim, um modo necessário para compatibilizar as divisões político-administrativas utilizadas nos diferentes censos, pois as alterações dos contornos e áreas geográficas dos municípios devidas à criação de novos municípios impedem comparações intertemporais das variáveis demográficas, econômicas e sociais em nível municipal.

- i) A capacidade de indicar *clusters* significativos estatisticamente para cada observação;
- ii) O somatório dos indicadores locais, para todas as regiões, deve ser proporcional ao indicador de autocorrelação global.

O Índice de Moran é uma estratégia de representação da correlação de variáveis. O valor varia de -1 a +1, onde os valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores das variáveis. Valores positivos e negativos indicam respectivamente autocorrelações positivas ou negativas entre as variáveis.

O coeficiente I_i de Moran local faz uma separação do indicador global de autocorrelação e distribui cada observação em 4 categorias (Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto) sendo cada uma observação correspondente a um quadrante no diagrama de dispersão de Moran bivariado, que é representado por um gráfico de duas variáveis, na qual o coeficiente da inclinação da curva de regressão é dado pela estatística I de Moran (ALMEIDA et. al. 2005). Segundo Perobelli et al. (2006) o diagrama representa locais que apresentam padrões de associação espacial positiva AA e BB, formando *clusters* de valores similares, ao passo que regiões de padrões BA e AB apresentam associação espacial negativa. O I_i de Moran local para uma variável y padronizada, observada na região Z_i é dada pela equação:

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^I W_{ij} Z_j \quad (1)$$

Almeida (2012) reforça que o cálculo de I_i só abrange os vizinhos da observação i , que são definidos de acordo com uma matriz de pesos espaciais. É possível calcular a autocorrelação espacial local em um contexto bivariado dada a seguinte Equação 2:

$$I_i = z_{1i} W z_{2i} \quad (2)$$

onde $W z_{2i}$ é a defasagem espacial da variável padronizada z_{2i} . Essa estatística dá uma indicação do grau de associação linear, positiva ou negativa, entre o valor

para uma variável em uma dada localidade i e a média de uma outra variável nas localidades vizinhas (ANSELIN ET AL., 2003). Segundo Pimentel et al. (2004) combinando-se as informações do diagrama de Moran bivariado com o mapa lisa de significância, obtém-se o mapa de *Cluster* com os regimes bivariados, permitindo uma visualização geográfica mais adequada do grau de concentração das variáveis estudadas.

4.2. Mínimos Quadrados Ordinários

Os modelos de regressão linear buscam identificar o impacto de uma determinada variável de interesse sobre o comportamento médio de uma dada variável dependente qualquer, como descrito na Equação 3 abaixo:

$$W_z = \alpha + \beta_z + \varepsilon \quad (3)$$

A estratégia de estimação dos coeficientes da Equação 3 mais comumente empregada é o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Consiste em um estimador que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos da regressão, de forma a maximizar o grau de ajuste do modelo aos dados observados. Para esta estratégia ser implementada com êxito, faz-se necessário que o modelo esteja bem especificado e que as variáveis independentes sejam exógenas, ou seja, não estejam correlacionadas com os erros da regressão. Um requisito para o método dos mínimos quadrados é que o fator imprevisível (erro) seja distribuído aleatoriamente e essa distribuição seja normal. Outro requisito é que o modelo é linear nos parâmetros, ou seja, as variáveis apresentam uma relação linear entre si.

4.3. Bases de Dados

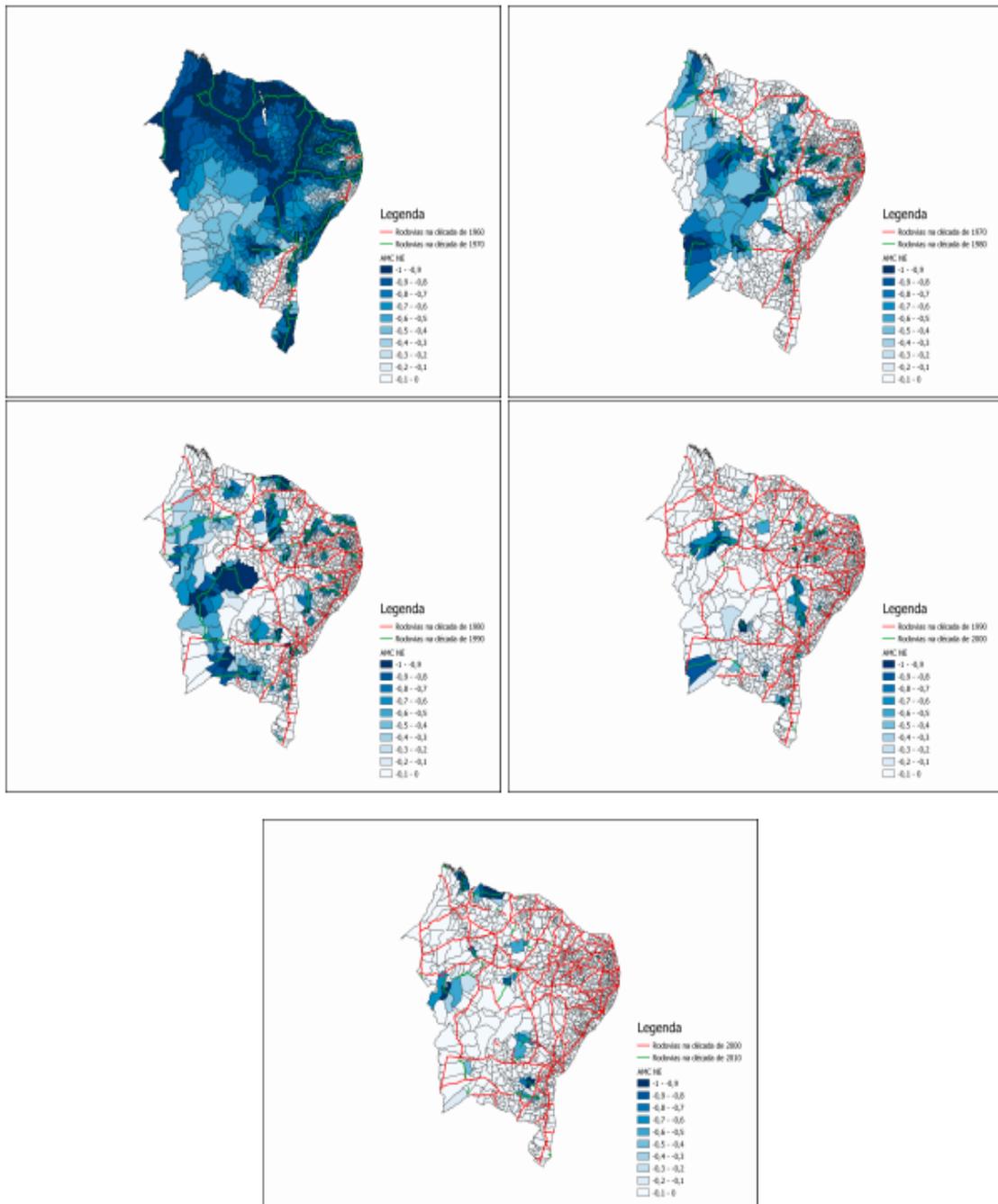
O período que se pretende analisar vai desde 1960 até o ano de 2010. Com intuito de considerar todo o território da região Nordeste na análise intertemporal, os dados serão agrupados em áreas mínimas comparáveis. Vale salientar que estes dados são coletados a partir do nível municipal e, em seguida, agrupados.

Os dados necessários serão provenientes principalmente dos Censos (IBGE) para a obtenção das variáveis socioeconômicas. Além disso, serão construídas bases de dados georreferenciados sobre a evolução da infraestrutura de transporte do país, bem como os atributos determinantes nos custos de transporte disponibilizadas pelo Ministério dos Transportes.

5. Resultados e discussão

A Figura 3 abaixo traz evidências em relação a evolução da infraestrutura rodoviária no nordeste brasileiro referentes ao período entre 1960 e 2010. Nos mapas graduados, constam as diferenças percentuais da distância entre as áreas mínimas comparáveis e a rodovia mais próxima a cada década. Com isso, é possível avaliar as localidades que tiveram as maiores reduções de distância para as rodovias, sendo elas indicadas pelas cores mais escuras nos mapas. As regiões com cores mais claras do mapa indicam que a expansão das rodovias foi durante a década menos expressiva.

Figura 3: Evolução na Infraestrutura rodoviária no Nordeste Brasileiro entre 1960-2010.



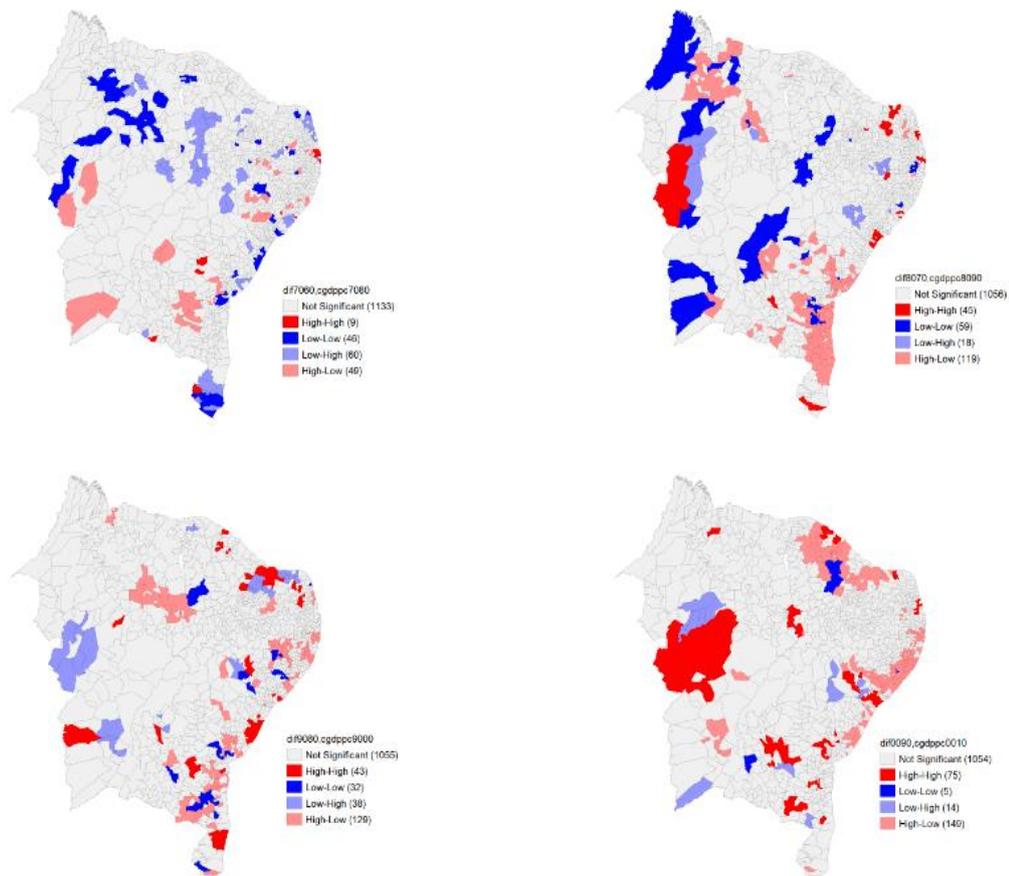
Fonte: Ministério da Infraestrutura. Elaboração Própria.

Observa-se que entre 1960 e 1970, a ampla maioria das áreas mínimas comparáveis na região tiveram reduções relevantes em relação as distâncias das rodovias, principalmente as localidades que se situam mais afastadas dos grandes centros urbanos. Entre 1970 a 1980 e entre 1980 a 1990 também é verificado que diversas regiões em que tiveram reduções significativas nas distâncias para a infraestrutura rodoviária, contudo, em expressões menores do que foi averiguado

entre 1960 e 1970. Já para as décadas seguintes, estima-se que a expansão da malha rodoviária não foi suficiente para provocar reduções profundas em relação as distâncias para grande maioria das áreas mínimas comparáveis no Nordeste. Isso pode trazer um breve indicio de que ao longo das décadas, as rodovias foram ficando mais homogêneas entre as áreas mínimas comparáveis da região.

A Figura 4 abaixo traz evidências em relação a evolução da infraestrutura rodoviária no nordeste brasileiro e os seus efeitos no crescimento econômico nas décadas seguintes, entre 1960 e 2010. Com o intuito de evidenciar as regiões em que a dependência espacial é mais acentuada, utilizou-se o Índice Local de Associação Espacial (LISA) para gerar o mapa de *Cluster* (aglomerados), através do índice de Moran bivariado local. Sendo assim, permite-se uma visualização geográfica mais adequada do grau de concentração das variáveis estudadas.

Figura 4: Mapa de *Cluster* para a evolução das rodovias e crescimento do PIB *per capita* futuro entre 1960-2010.



Fonte: Censo populacional do IBGE e Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

Observa-se que tiveram resultados significativos no decorrer das décadas apontando uma relação espacial positiva sobre as taxas de crescimento do PIB *per capita* futuro a partir da redução das distâncias para as rodovias. Podemos verificar que da expansão das rodovias entre 1960 e 1970 e seus efeitos no crescimento econômico entre 1970 e 1980, 9 áreas mínimas comparáveis onde existiram uma melhor acessibilidade, ou seja, uma alta densidade de rodovias, tiveram como resultado um PIB *per capita* maior na década seguinte, estando no *cluster* do tipo Alto-Alto. Este *cluster* evoluiu até alcançar a marca de 75 áreas mínimas comparáveis que tiveram um crescimento em sua malha rodoviária entre as décadas de 1990 e 2000 e tiveram um maior PIB *per capita* na década seguinte. Uma região de destaque nessa análise é a do MATOPIBA, que é uma extensão geográfica que cobre parcialmente os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Nas últimas décadas, ocorreram diversas transformações socioeconômicas nessa região ligadas à ampliação da infraestrutura viária, logística e energética, tendo, entre outras consequências, o surgimento de polos de expansão da fronteira agrícola baseados na adoção de tecnologias agropecuárias de alta produtividade.

Na Tabela 2 abaixo, estão as descrições das variáveis inseridas para a estimativa dos resultados do método dos Mínimos Quadrados Ordinários, buscando verificar a relação entre a melhoria da acessibilidade e o crescimento econômico da região em décadas posteriores a expansão da malha rodoviária, para todos os estados do nordeste brasileiro. A variável dependente dos modelos é a do crescimento do PIB *per capita* futuro, a variável independente é a da variação do crescimento da infraestrutura rodoviária por década e as demais variáveis do modelo sendo utilizadas como controle.

Tabela 2: Variáveis utilizadas no modelo MQO

Variável	Descrição
Dif	Diferença da evolução da infraestrutura rodoviária entre as décadas
Gdppc	PIB <i>Per capita</i>
Density	Densidade populacional
Literate	Taxa de alfabetização
Mage	Média de idade
Manufc	Percentual de emprego em manufatura
Migrant	Percentual de migrantes
Ocupatio	Taxa de ocupação
Water	Percentual de domicílios com água encanada
Sewer	Percentual de domicílios com esgoto sanitário

Fonte: Censo populacional do IBGE e Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

Nas tabelas 3,4,5, e 6 a seguir estão os resultados estimados para o modelo MQO, trazendo os indícios de quais foram os efeitos da evolução das rodovias entre as décadas no crescimento econômico durante os períodos seguintes.

Tabela 3: Modelo 1 - Mínimos Quadrados Ordinários – Evolução da infraestrutura rodoviária entre 1960 e 1970 e crescimento econômico na década de 1970

Variáveis	Coef.	P-valor
dif7060	-.2660068	0.269
gdppc70	-.0832962	0.368
density70	-.0000514	0.849
literate70	-.2053302	0.690
mage70	-.0895256	0.103
manufc70	-1.595952	0.216
migrant70	-.4856977	0.680
ocupatio7	-8.428254	0.129
water70	-.3814748	0.550
sewer70	-.2761482	0.808
estados2	-.0628416	0.739
estados3	.4089028	0.089
estados4	.6256857	0.007
estados5	.2779106	0.456

estados6	.3491777	0.238
estados7	.4185686	0.275
estados8	.0275543	0.923
estados9	.1741744	0.751
_const	11.25293	0.037
Observações	1,297	
F(18, 1278)	2.35	
Prob > F	0.0012	
R-squared	0.0104	
Root MSE	2.519	

Fonte: Censo populacional do IBGE e Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

Tabela 4: Modelo 2 - Mínimos Quadrados Ordinários - Evolução da infraestrutura rodoviária entre 1970 e 1980 e crescimento econômico na década de 1980

Variáveis	Coef.	P-valor
dif8070	-.0118668	0.947
gdppc80	-.0237854	0.101
density80	.0000299	0.911
literate80	1.401601	0.055
mage80	.0396629	0.040
manufc80	-.4422679	0.544
migrant80	-.5684844	0.608
ocupatio8	-1.653934	0.138
water80	-.3285889	0.407
sewer80	-.4023836	0.341
estados2	-.480738	0.413
estados3	-.2782227	0.188
estados4	.0807038	0.775
estados5	.0512011	0.801
estados6	-.1488285	0.460
estados7	.0688841	0.711
estados8	.377365	0.319
estados9	-.4604833	0.061

_const	.571879	0.656
Observações	1,297	
F(18, 1278)	4.99	
Prob > F	0.0000	
R-squared	0.0311	
Root MSE	1.6149	

Fonte: Censo populacional do IBGE e Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

Tabela 5: Modelo 3 - Mínimos Quadrados Ordinários - Evolução da infraestrutura rodoviária entre 1980 e 1990 e crescimento econômico na década de 1990

Variáveis	Coef.	P-valor
dif9080	-.1406309	0.086
gdppc90	-.0533386	0.111
density90	-.0009713	0.014
literate90	.0548443	0.803
mage90	-.0210093	0.108
manufc90	.088586	0.894
migrant90	-.1820143	0.510
ocupatio9	-1.000513	0.089
water90	-.1871961	0.339
sewer90	-.1923256	0.632
estados2	-.0685378	0.318
estados3	.1853097	0.005
estados4	.5389401	0.000
estados5	.1635768	0.016
estados6	-.0257589	0.741
estados7	.0139722	0.867
estados8	.1899907	0.068
estados9	.0607397	0.411
_const	2.130234	0.000
Observações	1,297	

F(18, 1278)	9.33
Prob > F	0.0000
R-squared	0.0840
Root MSE	.74088

Fonte: Censo populacional do IBGE e Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

Tabela 6: Modelo 4 - Mínimos Quadrados Ordinários - Evolução da infraestrutura rodoviária entre 1990 e 2000 e crescimento econômico na década de 2000

Variáveis	Coef.	P-valor
dif0090	-.0734711	0.100
gdppc00	-.002531	0.311
density00	-.0001694	0.149
literate00	-.1985095	0.164
mage00	-.0169174	0.013
manufc00	-.6622217	0.038
migrant00	-.1487329	0.278
ocupatio0	.1830448	0.329
water00	.038542	0.519
sewer00	.0827935	0.176
estados2	.1377789	0.055
estados3	-.1154169	0.009
estados4	-.0091458	0.843
estados5	-.0432564	0.284
estados6	-.1064765	0.010
estados7	-.356935	0.000
estados8	.10112	0.150
estados9	.0335791	0.411
_const	.8668606	0.000
Observações	1,297	
F(18, 1278)	12.22	
Prob > F	0.0000	
R-squared	0.1205	

Root MSE .32478

Fonte: Censo populacional do IBGE e Ministério da Infraestrutura. Elaboração própria.

Observa-se que nos 4 modelos que foram estimados, as variáveis de interesse dif7060, dif8070, dif9080 e dif0090 não apontam parâmetros estatisticamente significativos, considerando-se o nível de significância de 5%. Ou seja, aceita-se a hipótese nula, tendo em vista que é possível afirmar que as áreas mínimas comparáveis que tiveram as suas distâncias reduzidas em relação a malha rodoviária em geral não surtiram efeitos no crescimento econômico nas décadas futuras.

6. Considerações finais

A disparidade regional é bastante evidente no país, onde a região nordeste encontra-se como uma das localidades que possuem os piores indicadores socioeconômicos, sem possuir um grande nível de desenvolvimento em relação as demais. Nesse contexto, políticas públicas eficientes que impulsionem uma geração de renda para a população e ganhos de produtividade nas empresas possuem extrema importância.

Investimentos maciços a partir da década de 1950 foram feitos, visando a descentralização do território nacional e a chegada de desenvolvimento econômico para outras localidades. Houve uma prioridade em expandir as rodovias em detrimento das ferrovias para a promoção do crescimento. Com isso, a região nordeste também foi bastante contemplada com a acessibilidade das rodovias.

Estimativas apresentadas neste trabalho trazem informações fundamentais em relação ao tema. Pode-se observar ao longo das décadas uma expansão expressiva da malha rodoviária na região, principalmente entre as décadas de 1960 e 1980, sendo considerado o período com o maior investimento nessa infraestrutura de transporte. Com isso, as distâncias das áreas mínimas comparáveis de todo o nordeste brasileiro foram recorrentemente se reduzindo, contudo, cada vez mais em um ritmo percentualmente menor. Sendo assim, os resultados indicam que as áreas do território nordestino foram ficando cada vez mais homogêneas com relação as rodovias, pois a acessibilidade das áreas para as rodovias foram aumentando. Com as áreas mínimas mais homogêneas, torna-se mais difícil ter resultados expressivos ao se aumentar a malha rodoviária.

Foram identificados resultados importantes no crescimento econômico a níveis locais como foi observado nos mapas de *clusters*. Observa-se que regiões mais litorâneas do território e a região do MATOPIBA, que é considerado um polo do agronegócio na região, tiveram as suas áreas mínimas comparáveis com um maior crescimento econômico derivados destes investimentos. Com isso, faz-se necessário uma maior atenção para estas regiões que se destacaram positivamente, com intuito de identificar os motivos de outras áreas mínimas comparáveis não terem surtido o mesmo efeito.

Contudo, a partir dos resultados extraídos com o método de mínimos quadrados ordinários, considera-se que essa expansão das rodovias e a redução das distâncias ao longo das décadas não foram suficientes para trazer resultados estatisticamente significativos que pudessem confirmar que a evolução da malha rodoviária possa trazer um maior PIB *per capita* em todo o território nordestino.

Com isso, formuladores de políticas públicas devem repensar jeitos mais eficientes de estimular e levar o crescimento econômico para o nordeste brasileiro, trazendo uma redução das disparidades regionais, pois apesar de governos anteriores investirem na infraestrutura rodoviária como a malha principal e até melhorarem a acessibilidade entre as áreas mínimas comparáveis, trazendo uma maior mobilidade dos fatores como mão de obra e bens e serviços, as rodovias por si só não foram suficientes para trazerem retornos expressivos que impactassem significativamente o PIB *per capita*.

7. Referências

Alder, S. et al. (2015), Chinese roads in india: The effect of transport infrastructure on economic development, in '2015 Meeting Papers', number 1447, Society for Economic Dynamics.

ALMEIDA, Eduardo. Econometria Espacial Aplicada. Editora alínea. 2012.

ALMEIDA, E. S., HADDAD, E. A. e HEWINGS, G. J. D. The spatial pattern of crime in Minas Gerais: an exploratory analysis. In: Economia Aplicada, vol. 9, n. 1. 2005.

Andrade, M. O., Maia, M. L. A. & Neto, O. C. d. C. L. (2015), 'Impactos de investimentos em infraestruturas rodoviárias sobre o desenvolvimento regional no brasil-possibilidades e limitações', TRANSPORTES 23(3), 90–99.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical analysis*, v. 27, n. 2, p. 93- 115, 1995.

ANSELIN, Luc. Exploratory spatial data analysis in a geocomputational environment. In: Longley P. A.; Brooks; S. M.; MCDONNELL, R.; MACMILLIAN; B. *Geocomputation a primer*. Chichester: John Willey & Sons Ltd, 1998, p.77-94

ANSELIN, L.; SYABRI, I. SMIRNOV, O. Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows. University Illinois, 2003 (mimeo).

Araujo, M. d. P. (2006), *Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional*, PhD thesis Universidade de São Paulo.

Araújo, S. R. F. (2013), *A contribuição do geipot ao planejamento dos transportes no brasil*, Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco.

Banerjee, A., Duflo, E. & Qian, N. (2012), *On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in china*, Technical report, National Bureau of Economic Research.

Barat, J. (1991), *Transportes e industrialização no Brasil no período 1885-1985: o caso da indústria siderúrgica*, Vol. 593, Biblioteca do Exército Editora.

Baum-Snow, N., Henderson, J. V., Turner, M. A., Zhang, Q. & Brandt, L. (2016), *Highways, market access and urban growth in China*, SERC, Spatial Economics Research Centre.

Baum-Snow, N., Brandt, L., Henderson, J. V., Turner, M. A. & Zhang, Q. (2017), 'Roads, railroads, and decentralization of chinese cities', *Review of Economics and Statistics* 99(3), 435–448.

Bertussi, G. L. & Ellery Junior, R. (2012), 'Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no brasil', *Journal of Transport Literature* 6(4), 101–132.

Campos Neto, C. A. d. S., Soares, R. P., Ferreira, I. M., Pompermayer, F. M. & Rommin-ger, A. E. (2011), 'Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do pac: mapeamento ipea de obras rodoviárias'.

Cardoso Jr, J. C. O. (2011), 'A reinvenção do planejamento governamental no brasil'.

Castro, N. d. (2001), 'Privatização e regulação dos transportes no brasil', *Logística do Transporte de Carga*. Editora Atlas. Rio de Janeiro.

Chiovelli, G., Michalopoulos, S. & Papaioannou, E. (2018), *Landmines and spatial development*, Technical report, National Bureau of Economic Research.

Crescenzi, R., Di Cataldo, M. & Rodríguez-Pose, A. (2016), 'Government quality and the economic returns of transport infrastructure investment in european regions', *Journal of Regional Science* 56(4), 555–582.

da Silva, G. J. C., de Paula Martins, H. E. & DA NTAS NEDER, H. (2016), 'Investimentos em infraestrutura de transportes e desigualdades regionais no brasil: uma análise dos impactos do programa de aceleração do crescimento (pac).', *Brazilian Journal of Political Economy/Revista de Economia Política* 36(4).

Dall'Erba, S. & Le Gallo, J. (2008), 'Regional convergence and the impact of european structural funds over 1989–1999: A spatial econometric analysis', *Papers in Regional Science* 87(2), 219–244. De Arroxelas Galvão, O. J. (1996), 'Desenvolvimento dos transportes e integração regional no brasil—uma perspectiva histórica', *Planejamento e Políticas Públicas* (13).

Ertur, C. & Koch, W. (2007), 'Growth, technological interdependence and spatial externalities: theory and evidence', *Journal of applied econometrics* 22(6), 1033–1062.

Faber, B. (2014), 'Trade integration, market size, and industrialization: evidence from china's national trunk highway system', *Review of Economic Studies* 81(3), 1046–1070.

Ferreira, P. C. & Malliagos, T. G. (1999), 'Investimentos, fontes de financiamento e evolução do setor de infra-estrutura no brasil: 1950-1996'.

Fujita, M., Krugman, P. R. & Venables, A. J. (2001), *The spatial economy: Cities, regions, and international trade*, MIT press.

Holl, A. (2004), 'Transport infrastructure, agglomeration economies, and firm birth: empirical evidence from portugal', *Journal of Regional Science* 44(4), 693–712.

Krugman, P. (1991), 'Increasing returns and economic geography', *Journal of political economy* 99(3), 483–499.

McCann, P. (2013), *Modern urban and regional economics*, Oxford university press.

Pereira, L. A. G. & Lessa, S. N. (2011), 'O processo de planejamento e desenvolvimento do transporte rodoviário no brasil', *Caminhos de Geografia* 12(40).

PEROBELLI, F.S.; ALMEIDA, E.S.; ALVIM, M.I.S.A.; FERREIRA, P.G.S. Análise espacial da produtividade do setor agrícola brasileiro: 1991-2003. *Revista Nova Economia*. Vol.17 no. 1, Belo Horizonte, p. 65-91, Jan./Apr. 2007.

HADDAD, E. A.; PIMENTEL, E. A. Análise da distribuição espacial da renda no estado de Minas Gerais: uma abordagem setorial. *Usp.br São Paulo*, 2004.

Quinet, E. & Vickerman, R. W. (2004), *Principles of transport economics*, Northampton, MA. Rietveld, P. & Nijkamp, P. (1992), 'Transport and regional development'.

Sahoo, P. & Dash, R. K. (2009), 'Infrastructure development and economic growth in india', *Journal of the Asia Pacific economy* 14(4), 351–365.

Tong, T., Yu, T.-H. E., Cho, S.-H., Jensen, K. & Ugarte, D. D. L. T. (2013), 'Evaluating the spatial spillover effects of transportation infrastructure on agricultural output across the united states', *Journal of Transport Geography* 30, 47–55.

Wegener, M. & Bökemann, D. (1998), 'The sasi model'.

Yu, N., De Jong, M., Storm, S. & Mi, J. (2013), 'Spatial spillover effects of transport infrastructure: evidence from chinese regions', *Journal of Transport Geography* 28, 56– 66.