

MAIKON SANTIAGO MAIA

**EFEITOS DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE SOBRE O
CRESCIMENTO ECONÔMICO BRASILEIRO DE 2001 A 2012**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Maia, Maikon Santiago, 1989-
M217e Efeitos da infraestrutura de transporte sobre o crescimento
2015 econômico brasileiro de 2001 a 2012 / Maikon Santiago Maia. –
Viçosa, MG, 2015.
vi, 71f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Elvanio Costa de Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.56-59.

1. Desenvolvimento econômico. 2. Infraestrutura
(Economia). 3. Transportes. 4. Logística. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Economia Rural. Programa
de Pós-graduação em Economia. II. Título.

CDD 22. ed. 330

MAIKON SANTIAGO MAIA

**EFEITOS DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE SOBRE O
CRESCIMENTO ECONÔMICO BRASILEIRO DE 2001 A 2012**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de novembro de 2015.

Marcelo José Braga

Silvia Harumi Toyoshima
(Coorientadora)

Elvanio Costa de Souza
(Orientador)

SUMÁRIO

Lista de figuras	iii
Lista de tabelas	iv
Resumo	v
Abstract	vi
1. Introdução	1
1.1. Objetivos	5
2. Revisão de literatura.....	6
2.1 Efeitos da Infraestrutura de Transporte sobre a Economia.....	6
2.2 Modais de Infraestrutura de Transporte.....	9
2.2.1 Modal Rodoviário.....	9
2.2.2 Modal Ferroviário.....	15
2.2.3 Modal Aeroviário.....	19
2.2.4 Modal Hidroviário.....	22
3. Referencial teórico	27
3.1 Modelo de Solow.....	27
3.1.1 Modelo de Solow com capital humano.....	31
Resíduo de Solow	33
Análise do Modelo	33
4. Metodologia.....	35
4.1. Estimação	37
4.2 Fontes e Tratamentos dos Dados	43
5. Resultados e discussão	45
6. Conclusão.....	51
7. Referências Bibliográficas.....	56
8. Anexos	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Extensão da malha rodoviária do Brasil.....	12
Figura 2 – Extensão da malha rodoviária por estado.....	14
Figura 3 – Extensão da malha ferroviária do Brasil.....	17
Figura 4 – Extensão da malha ferroviária por estado.....	18
Figura 5 – Movimentação portuária no Brasil.....	20
Figura 6 – Movimentação portuária por estado.....	21
Figura 7 – Movimentação de passageiros no sistema aeroviário no Brasil.....	24
Figura 8 – Movimentação de passageiros no sistema aeroviário por estado.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Testes de Adequação	46
Tabela 2 – Teste de Estacionariedade	46
Tabela 3 – Resultados da Regressão.....	47
Tabela 4 – Valores das participações de cada termo no crescimento econômico.....	49
Tabela 5 - Estoque de Capital (em milhares), por Unidade da Federação.....	60
Tabela 6 – Extensão das linhas férreas, por Unidade da Federação.....	61
Tabela 7 – Embarques e desembarque de mercadorias nos portos, por Unidade da Federação.....	62
Tabela 8 – Anos de estudo médio, por Unidade da Federação.....	63
Tabela 9 – Embarque de passageiros no sistema aeroviário, por Unidade da Federação..	64
Tabela 10 – Mão-de-obra disponível, por Unidade da Federação (em milhares).....	65
Tabela 11 – PIB a valores constantes de 2000, por Unidade da Federação.....	66
Tabela 12 – Rodovias pavimentadas, por Unidade da Federação.....	67

RESUMO

MAIA, Maikon Santiago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2015. **Efeitos da infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico brasileiro de 2001 a 2012.** Orientador: Elvanio Costa de Souza. Coorientadora: Silvia Harumi Toyoshima.

O setor de transportes é de grande importância para o desenvolvimento de uma logística eficiente, o que é fundamental para uma atuação eficaz das empresas e da economia como um todo. Nesse sentido, este trabalho visa mensurar o retorno proporcionado por cada um dos modais de transporte (rodoviário, ferroviário, aeroviário e aquaviário) sobre o crescimento econômico médio dos estados brasileiros, analisando os através da modelagem de crescimento econômico de Solow. Utilizou-se uma regressão com dados em painel, o qual continha informações sobre os 26 estados brasileiros mais o distrito federal, de 2001 a 2012. Os dados em painel têm a vantagem de controlar a heterogeneidade da amostra, principalmente para um universo tão restrito quanto o que é tratado aqui, devido à combinação de *cross section* com a série temporal. Essa amostra aumenta a robustez da análise, pois aproxima os valores obtidos dos que seriam observados se a análise fosse feita sobre todo o universo analisado. Os resultados apontam para retornos positivos das infraestruturas de transporte, excetuando o setor ferroviário, sobre o crescimento econômico médio brasileiro. Pode-se atribuir essa não significância aos baixos investimentos nessa modalidade nos últimos anos e grande depreciação sofrida por ele. Este trabalho procura colaborar e fortalecer a análise do setor, que ainda é pouco explorada, ainda mais se tratando de valores reais, extensão das estruturas, por exemplo, e não de valores monetários, que podem apresentar ineficiências, advindas de diversos fatores, tais como corrupção e má elaboração de projetos.

ABSTRACT

MAIA, Maikon Santiago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, november of 2015. **Transportation infrastructure effects over the Brazilian economic growth of the since 2001 to 2012.** Advisor: Elvanio Costa de Souza. Co-advisor: Silvia Harumi Toyoshima.

The transport sector is very important for the development of efficient logistics, which is critical for effective performance of businesses and the economy as a whole. Thus, this study aims to measure the return provided by each of the transport modes (road, rail, air transportation and waterway) on the average economic growth of the Brazilian states, analyzing them through modeling Solow economic growth. We used a regression with panel data, which contained information about the 26 Brazilian states plus the Federal District from 2001 to 2012. The panel data have the advantage of controlling the heterogeneity of the sample, especially for such a restricted universe and which is treated here due to the combination of cross section with time series. This sample increases the robustness of the analysis as it nears the values of which would be observed if the analysis was made on the analyzed universe. The results point to positive returns of transport infrastructure, except for the railway sector, on average Brazilian economic growth. It is possible to assign this no significance to low investments in this modal in recent years and large depreciation suffered by it. This work seeks to collaborate and strengthen the analysis of the sector, which is still underused, especially when it comes to actual values, extension of structures, for example, not monetary values, which may have inefficiencies, resulting from several factors, such as corruption and poor development projects.

1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura é uma das principais fontes de externalidades positivas de uma economia, afetando positivamente as transações econômicas e aumentando a competitividade dela. Como é gerador de externalidades, ele geralmente é provido pelo Governo, ou por empresas autorizadas para efetuar essa prestação (ASCHAUER, 1989).

Setores como o elétrico, o de comunicação e transporte são chamados de infraestruturas econômicas, já que são os que mais afetam o mercado. A não disponibilidade de um deles consiste em um obstáculo ao desenvolvimento da plena atividade econômica.

Neste trabalho, é analisado o setor de transporte, para observar de forma mais efetiva os retornos gerados por ele. Além disso, é considerado um dos principais setores por governantes e por agentes envolvidos nas atividades, tanto econômicas quanto as corriqueiras da população em geral.

É essencial analisar o sistema de transporte para entender uma economia de mercado, já que foi esse importante setor de infraestrutura que possibilitou a transição de uma economia de subsistência para uma de mercado, pois facilitou a integração econômica nos diferentes níveis (MALLON, 1960).

Anteriormente ao desenvolvimento de um sistema integrado de transporte, a produção era, essencialmente, de subsistência. Porém, com o desenvolvimento de formas mais eficientes de transporte, o mercado se desenvolveu, a integração mundial se intensificou e a economia mundial passou a crescer mais intensamente.

Os teóricos econômicos, de modo geral, observam que o transporte se correlaciona positivamente com o crescimento econômico de uma região, porém, trabalhos que comprovassem tal relação são relativamente escassos, se comparados com outras áreas da economia. O estudo de Aschauer (1989) é considerado pioneiro nessa área e confirmou essa relação positiva, analisando a relação entre os investimentos privados e os gastos públicos com infraestrutura de transporte.

Aschauer (1989) tratou também da grande especificidade e dos grandes custos dos capitais utilizados nos setores de infraestrutura, entre eles no de transporte, o que muitas vezes torna esses investimentos pouco atrativos para o setor privado, obrigando o setor público a arcá-los, o que poderia gerar o questionamento se esses investimentos seriam maléficos ao investimento privado, gerando efeito *crowding out*. O autor concluiu que não é, muito pelo contrário.

Além de fomentar os investimentos das empresas, um setor de transporte eficiente melhora a alocação de recursos humanos e materiais, induzindo um fluxo desses para localidades onde esses recursos são empregados de forma mais produtiva (QUEIROZ; GAUTAM, 1992).

Além da disponibilidade das vias, a qualidade também é essencial para o pleno desempenho das atividades econômicas, o que é defendido por Horst e Moore (2003), que afirmam que a qualidade das vias influencia diretamente no desenvolvimento econômico regional ao longo do tempo. Possibilita também uma maior integração econômica e a formação de polos econômicos.

O transporte afeta diretamente a produção. Segundo Winston (1991), estradas congestionadas, assim como as de má qualidade, diminuem a eficiência produtiva das empresas, gerando atrasos, o que acaba por prejudicar o processo produtivo ou a distribuição dos produtos, tornando o processo delas menos eficiente.

Nesse sentido, Bernard e Garcia (1997) afirmam que os setores de infraestrutura são geradores de externalidades positivas, afetando positivamente a produtividade das empresas.

Apesar de ser um setor fundamental para o crescimento de uma economia, esse setor no Brasil passou por um período de baixo investimento e de grande depreciação da estrutura existente, o que, segundo Oliveira e Turolla (2013), deixou o país em uma posição competitivamente inferior em todos os modais, se comparado com os demais países. Devido a essa precariedade, os custos de logística chegam a níveis bastante elevados, diminuindo a competitividade do produto nacional. Nesse estudo, os autores classificaram o Brasil como o 119º colocado entre 142 países analisados na pesquisa, no que tange ao setor rodoviário, resultado muito ruim, principalmente para um país que produz como um dos maiores PIBs do mundo. A posição de pouca competitividade também é observada nos setores ferroviário, aeroviário e hidroviário, sendo classificado como o 91º, 122º e 130º respectivamente, entre os 140 países analisados, segundo o mesmo estudo.

Para Araújo (2006), a questão do transporte no Brasil é um dos principais gargalos para o desenvolvimento do país.

O caso da Transamazônica é exemplo da situação brasileira, uma rodovia que custou milhões e leva a lugar algum, além de se encontrar em condições muito precárias. No setor ferroviário, a divergência da largura das bitolas, distância entre os trilhos, da malha ferroviária brasileira praticamente impossibilita uma plena integração

de todo o sistema brasileiro, já que a troca de grande parte da estrutura seria necessária, um custo exorbitante que acaba desestimulando maiores e melhores obras na área (ANTT, 2015). As filas quilométricas de caminhões para descarregar nos portos do país testemunham contra a eficiência desse setor, marcado pela precariedade e insuficiência da oferta da estrutura (ANTAq, 2015). Os aeroportos brasileiros também são exemplo de ineficiência, a crise aérea dos últimos anos, quando os atrasos e cancelamentos de voos se tornaram rotina, testemunham para a precariedade do setor (ANAC, 2015). Esse panorama mostra o quão ineficiente a infraestrutura de transporte brasileira está, em decorrência de anos de investimentos insuficientes e de má gestão. Essas são especificidades, porém, a estrutura sob um aspecto geral se encontra em condições que justificam bem a posição competitivamente desprivilegiada apresentada por Oliveira e Turolla (2013), o que pode ser uma boa explicação para o baixo crescimento brasileiro nos últimos anos.

Dessa forma, ressalta-se a importância dos setores de infraestrutura para o crescimento econômico. Este trabalho focará no efeito da infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico médio das unidades da federação brasileira, analisando a relação entre os setores de transporte e o crescimento médio do PIB deles, qual a intensidade desse efeito, investigando cada um dos setores: rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário. A análise combina o universo dos 26 estados mais o distrito federal com uma evolução deles ao longo do tempo, de 2001 a 2012, ou seja, uma análise em painel, levando-se em conta a importância atribuída a esse setor por entidades públicas e também por outros trabalhos realizados na área, sendo que, na maioria deles, esse setor foi o que apresentou maior importância para o crescimento econômico das regiões analisadas, não havendo nenhum estudo que contradissesse a importância desses modais.

A configuração utilizada vai do encontro ao modelo de Solow com capital humano. Um trabalho que utilizou uma modelagem semelhante foi o de Ozbay (2007), que estudou a relação do crescimento do PIB de Nova Iorque e Nova Jersey em relação aos desempregos, empregos, capital privado e capital público empregado em rodovias, obtendo resultados positivos para a relação analisada. Neste trabalho, no entanto, será adicionado o fator capital humano para melhorar o poder de explicação do modelo.

Pretende-se também, ampliar o estudo sobre esse tema no Brasil, que ainda é relativamente pouco explorado, utilizando uma modelagem de crescimento econômico consolidado na teoria econômica e muito utilizada para relacionar os setores de

transporte com o crescimento econômico, geralmente, utilizando uma abordagem semelhante à utilizada aqui, onde o termo de capital é dividido entre o capital das empresas e o do Governo, sendo esse representado pelas estruturas de transportes.

Se houver um apontamento de quais modais de transporte geram melhores resultados econômicos, podem-se fazer investimentos de forma mais eficiente, o que gera externalidades positivas relacionadas ao transporte mais eficiente, e podendo diminuir as externalidades negativas, ligadas aos altos impostos, pois a economia de recursos possibilita que o governo tenha capacidade de diminuir a carga tributária. Levanta-se então o seguinte problema de pesquisa: qual é o impacto da infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico médio das Unidades da Federação brasileira?

Responder essa pergunta é o objetivo principal deste estudo, assim como analisar se a infraestrutura de transporte tem o mesmo efeito médio sobre os estados brasileiros e o Distrito Federal que o verificado em outras regiões em outros estudos, assim como a análise de Ozbay (2007), que faz investigação semelhante para Nova Iorque e Nova Jersey. Para isso, este trabalho está dividido em cinco seções, sendo esta introdução a primeira, que traz também os objetivos deste trabalho. A segunda traz uma revisão de literatura relacionada ao tema, trazendo trabalhos realizados na área, assim como uma definição formal de transporte e de suas subáreas. Apresenta também o referencial teórico utilizado, o modelo de crescimento de Solow com capital humano. A terceira seção trata da metodologia utilizada na análise. A quarta apresenta e discute os resultados obtidos pela análise estatística. A quinta e última conclui sobre o estudo, fazendo um apanhado sobre o que foi observado na pesquisa e o que foi levantado através da teoria.

A hipótese fundamental deste trabalho é que a ampliação da estrutura de transporte gera crescimento econômico nas Unidades da Federação brasileira, observando-se se os retornos são crescentes, como é observado na modelagem de Solow.

Na subseção a seguir, são apresentados os objetivos deste trabalho.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é analisar a significância dos modais de transporte para o crescimento econômico dos estados brasileiros. Alguns objetivos específicos também são estabelecidos:

- Aferir os retornos gerados por cada um dos modais de infraestrutura de transporte, distinguindo-se quais geram maiores retornos;
- Investigar se os modais analisados se encontram no estágio de retornos crescentes a escala.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção discorre-se inicialmente sobre os efeitos da infraestrutura de transporte na economia. Na sequência, apresenta-se o panorama das infraestruturas de transporte brasileira.

2.1 EFEITOS DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE NA ECONOMIA

Esta sessão traz alguns trabalhos que tratam da importância do setor de infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico, ressaltando os efeitos gerados pela boa e pela má estrutura, ligando com as teorias que fundamentam este estudo, assim como a modelagem usada, trazendo a importância dos modais de transporte sobre a vida da população, mas fundamentalmente, sobre o cenário econômico.

Com respeito ao aspecto econômico, Mallon (1960) afirma que a existência de um sistema de transporte é uma das diferenças essenciais do sistema de subsistência para uma economia de mercado, pois ele proporciona uma integração econômica de diversos níveis. Ou seja, sem um sistema de transporte adequado, não é possível haver uma economia de mercado, daí a importância de se estudar e entender esse setor.

O trabalho de Aschauer (1989) é considerado o pioneiro no estudo do efeito da infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico. Embora sempre houvesse o consenso entre os economistas de que uma infraestrutura de transporte bem desenvolvida beneficia o crescimento econômico da região em questão, até o trabalho de Aschauer (1989), não havia nenhum estudo que confirmasse isso prática. Esse trabalho contribuiu fundamentalmente para confirmar essa premissa, mas também foi importante para ressaltar que o setor de transportes em si não gera crescimento econômico, ele é um propiciador desse crescimento, indo no mesmo sentido das observações dos trabalhos de Munnell (1992), Galvão (1996) e Bernard e Garcia (1997).

Nesse sentido, Banister e Berechman (2000) ressaltam que os investimentos em infraestrutura de transporte proporcionam desenvolvimento econômico de longo prazo e afirma também que, embora necessário para gerar crescimento econômico, ele não é suficiente.

Estudos como os de Anas (1995) e Rephann (1993) encontraram que o aprimoramento da infraestrutura de transporte melhora a atividade econômica na região

em questão. Da mesma forma, uma infraestrutura deficiente restringe o crescimento econômico de uma localidade, porém, quando revitalizada, pode reduzir os custos e impulsionar a produtividade da economia.

Complementando, Aschauer (1989) e Munnell (1990) investigaram se o investimento público em infraestrutura gera um efeito *crowding out* (diminuição dos investimentos privados causada pelo aumento dos gastos governamentais) para as empresas e concluíram que o investimento público não-militar é complementar ao investimento privado, ou seja, a melhoria da infraestrutura gera um estímulo para as empresas investirem mais, de forma que não ocorre o efeito *crowding out*.

Mallon (1960) vai além, afirmando que o investimento em transporte age exercendo um efeito multiplicador positivo sobre os demais investimentos.

Além do investimento para ampliação da malha, é essencial que se cuide da qualidade das instalações, o que é ressaltado por Horst e Moore (2003) que defendem que a qualidade das vias influencia o desenvolvimento econômico regional ao longo do tempo. Ou seja, afeta desde as empresas individualmente até a região onde ela se localiza.

Em outros trabalhos, Weisbrod e Reno (2009), Almeida (2008) e Banister (1998) afirmam também que a melhoria dessa infraestrutura beneficia diretamente os usuários, somando-se também os benefícios de mobilidade e acessibilidade, produzindo uma expansão dos negócios na região, sendo ela fundamental para a formação e desenvolvimento de polos econômicos, já que um transporte mais eficiente fortalece as vantagens comparativas, o que permite a especialização na produção de um setor.

Weisbrod (2008) acrescenta que o desenvolvimento e a concentração da atividade econômica em uma localidade dependem do nível da infraestrutura de transporte dessa.

Entretanto, Andrade e Maia (2013) afirmam que a melhoria do transporte não é capaz de quebrar a hierarquia das cidades de uma certa região, porém é capaz de gerar maior integração entre elas, o que já permite uma redução da desigualdade econômica dentro da região.

Um argumento apresentado por Banister e Berechman (2000) reforça essa afirmação. Eles tratam dos investimentos das economias mais desenvolvidas da União Europeia nas regiões periféricas. O argumento apresentado por eles é que o desenvolvimento regional fortalece a integração e a coesão do conjunto como um todo.

Outro fato interessante foi observado por Baum-Snow (2010) o qual observou que uma descentralização populacional nos grandes centros americanos, havendo uma migração para os centros menores, embora o emprego tenha aumentado nos grandes centros. Ou seja, os indivíduos moram nas redondezas dos grandes centros e trabalham nestes; isso é possibilitado pela melhoria das condições de transporte na região.

Segundo Banister e Berechman (2000), esse fator acaba gerando uma melhoria das condições de vida nos grandes centros, já que possibilita um desafogo do setor de saúde e de educação, gera mais empregos e beneficia também o setor público, através da economia de recursos, dentre outras melhorias.

No que tange a qualidade da estrutura, Queiroz e Gautam (1992) afirmam que uma infraestrutura de transportes débil adia a transferência de recursos humanos e materiais a localidades onde poderiam ser empregados de forma mais produtiva, o que acaba diminuindo a eficiência econômica das empresas.

A ocorrência de estradas congestionadas diminui a eficiência produtiva das empresas, gerando atrasos na produção e na distribuição dos produtos, enfraquecendo a economia (WINSTON, 1991).

No que tange aos retornos gerados pelas melhorias na estrutura, Banister e Berechman (2000) defendem que em localidades onde a infraestrutura de transporte já é mais desenvolvida, os retornos marginais sobre a riqueza gerados pela inserção de mais fatores são provavelmente decrescentes.

Já em regiões menos desenvolvidas, os retornos são mais sensíveis, o que reforça a utilização da modelagem de Solow como modelo base para este trabalho, pois essa modelagem se fundamenta sobre esse tipo de retorno. Em seu estudo sobre os estados brasileiros, Bertussi (2010) também observou esse fenômeno: estados com infraestruturas de transporte mais atrasadas apresentaram maior crescimento econômico quando há melhoria dessas infraestruturas.

Um trabalho que vai no mesmo sentido foi realizado por Ozbay (2007). Ele avaliou a relação entre o PIB e os investimentos em transporte rodoviário para Nova Iorque e Nova Jersey, relacionando o PIB dessas cidades com o número de desempregados, o número de empregados, o capital privado e o capital público empregado nas rodovias, obtendo retornos positivos.

2.2 MODAIS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE

Nesta sessão, são apresentados detalhes sobre a infraestrutura de transporte no Brasil, a importância desempenhada por eles sobre a economia e outros dados relevantes para a análise.

Um dos principais problemas da infraestrutura brasileira vai além da baixa cobertura das infraestruturas, a má qualidade e mau estado de conservação de diversos trechos da estrutura. Os anos de baixo investimento levaram a depreciação das vias, defasagem de portos e aeroportos, de forma que a oferta dessas estruturas se tornou insuficiente para comportar a demanda que uma economia em desenvolvimento requer.

Economicamente, essas deficiências geram atrasos que corroboram com a ineficiência apontada pelo estudo de Oliveira e Turolla (2013), que coloca o Brasil como um dos países com pior estrutura de transporte do mundo, o que segundo eles, eleva muito o custo de logística, tornando o produto brasileiro pouco competitivo e conseqüentemente, mais caro.

Ramos e Correa (2010) destacaram que outro fator que pode ser gerador dessas ineficiências é a baixa integração intermodal, quando há maior diversificação dos modais para transporte. Segundo eles, o uso diversificado das estruturas de transporte, se comparado ao uso isolado do sistema rodoviário, apresenta custos menores por volta de 15% e 20% (TORRES, 2006). No entanto, as baixas densidades dos setores ferroviário e hidroviários no Brasil limitam o uso intermodal no país.

A seguir, são apresentados dados mais pormenorizados de cada um dos modais de transporte, primeiramente as rodovias, seguido pelas ferrovias, aerovias e, por fim, hidrovias. No final de cada modal, são apresentadas os dados utilizados em forma de gráficos, primeiramente para o país como um todo, depois a evolução nas Unidades da Federação.

2.2.1 MODAL RODOVIÁRIO

O transporte rodoviário é o mais flexível dos modais, já que a estruturação básica dele é a mais simples, tanto que nos tempos mais remotos sua estruturação era obtida através de trilhas formadas pelo uso contínuo do local. Nessa época, o transporte era feito a pé ou montado em algum animal, até que surge uma das maiores invenções da humanidade, a roda.

Segundo o DNIT (2015), no final do século XIX, começam a surgir as grandes rodovias cobertas por pavimentação asfáltica, principalmente na região Sudeste. Mas foi

no pós-guerra, nas décadas de 1960 e 1970, que o setor ganhou mais importância, quando a malha rodoviária federal cresceu rapidamente, devido ao incentivo do Governo de Juscelino Kubitschek para a modernização das montadoras nacionais, aumentando a frota automotiva do país, combinado também com grande priorização dos investimentos nesse modal.

Após 1974 houve uma queda no ritmo de expansão, devido a problemas nas contas nacionais no período.

Esse cenário de baixos investimentos perdurou até meados da década de 1990, quando a economia brasileira começou a apresentar leve melhora e o setor de infraestrutura voltou a chamar a atenção dos governantes. Porém, o longo período de baixo investimento deixou a malha sucateada e ultrapassada, como afirma o estudo do IPEA (2010), situação a qual gera aumento da emissão de poluentes e acidentes. Sabe-se também que as condições dos pavimentos das vias influenciam os preços dos fretes, já que as más condições ampliam o tempo de viagem, elevam o gasto com combustível e aceleram o desgaste dos veículos.

Essa baixa qualidade das estradas brasileiras é atestada por Oliveira e Turolla (2013), citando um estudo feito pelo *The Global Competitiveness Report 2011-2012*, que coloca o Brasil como o 119º colocado entre 142 países, se considerada a qualidade da infraestrutura rodoviária, o que se deve à má cobertura da malha em algumas regiões e, principalmente, ao mau estado de conservação delas.

Quanto a importância desse modal para o país, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010), ressalta que o sistema rodoviário brasileiro é especialmente importante pela grande participação que detém no transporte de cargas, sendo responsável por mais de 60% do total de cargas transportadas no país e pela circulação da população. Essa situação reflete um processo que se estendeu por várias décadas, nas quais predominaram o rápido crescimento do modal rodoviário em relação aos demais.

A boa estruturação da malha rodoviária, conciliando a boa qualidade e a ampliação da estrutura, é fundamental para a economia, o que é destacado por alguns estudos. Andrade e Maia (2013) ressaltam que a expansão das rodovias gera crescimento em nível macroeconômico e microeconômico, podendo gerar aumento da área de mercado para as empresas locais e oportunidades de acesso a outros mercados e fontes de insumos, aumentando a diversidade e a produtividade da economia.

Ao nível macroeconômico, o estudo do *Asian Development Bank* (SINGRU, 2007) destaca que a melhoria das rodovias teve relação direta com a diminuição da pobreza em países como a Índia, Vietnã, China e Tailândia, países que apresentam diversos fatores que se assemelham com o Brasil.

Segundo Andrade e Maia (2013), as melhorias das rodovias geralmente visam reduzir os custos de transporte, aumentando a confiabilidade, a regularidade e o conforto advindo do aumento da fluidez e da segurança do tráfego, o que tem grande impacto microeconômico.

O transporte de cargas por rodovias também apresenta algumas vantagens tais como:

- Flexibilidade de rotas;
- Movimentação de pequenos volumes;
- Menor custo de operação; e
- Menores custos de embalagem, apesar de a velocidade de transporte e de degradação colocar esse modal em condições inferiores aos outros modais, principalmente o ferroviário (MALLON, 1960).

Outra característica importante das rodovias é apresentado por Mallon (1960) que destaca que é por elas que se dão os pequenos deslocamentos de carga, essenciais para que o produto saia da indústria e chegue ao consumidor, o chamado transporte porta-a-porta, tornando o setor rodoviário um importante motor para o desenvolvimento econômico.

Ramos e Correa (2010) ressaltam que o transporte rodoviário é adequado para curtas distâncias (trajetos de até 300 quilômetros), atuando nas chamadas pontas, dos locais de origens aos destinos, tais como armazéns, terminais de outros modais de transporte.

Pereira e Lenzion (2013) destacam que o transporte rodoviário pode levar qualquer tipo de carga e é capaz de trafegar por qualquer via, dentro de um território, por isso, é um importante fator de integração regional. Segundo os mesmos autores, o modal rodoviário é essencial para que haja a transição de um modal de transporte para outro. Essa característica foi fundamental para a predominância desse modal no Brasil, para evitar a transição entre modais.

Se houvesse maior utilização do modal ferroviário, seriam necessárias ligações rodoviárias para finalizar o escoamento por esse modal. O mesmo ocorre com os modais

aeroviários e aquaviários, devido às características desses tipos de infraestruturas. Quando o sistema rodoviário predomina, a produção pode sair da fábrica e chegar à porta do revendedor, ou consumidor, sem que haja grandes mudanças na forma de transporte.

A seguir, são apresentados os dados referentes ao setor rodoviário, primeiramente do Brasil como um todo (Figura 1) e depois para cada um dos estados (Figura 2).

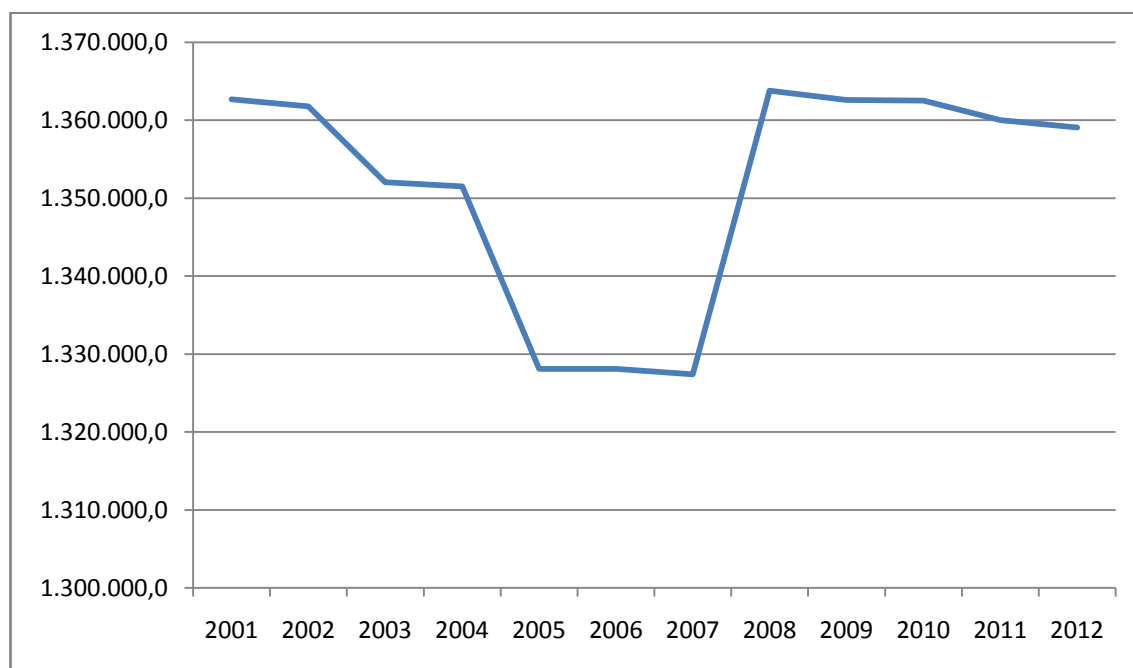


Figura 1 – Extensão da malha rodoviária no Brasil (em km), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre.

Observando o gráfico, percebe-se uma oscilação da extensão da malha, no entanto, em um valor relativamente pequeno. Essa oscilação deve ser atribuída a algumas regiões onde a qualidade das vias era demasiadamente baixa. Já nos últimos anos diversas dessas vias foram recuperadas e voltaram a ter qualidade para uso, o que não ocorria em diversos locais. Houve também ampliação da malha em algumas localidades, porém, em menor proporção.

Deve ser levada em conta também as obras de manutenção das vias de má qualidade, já que na maioria dos casos a concessionária responsável pelas obras se vê obrigada a interditar essas vias para que as obras possam ser efetuadas de forma eficiente. Essas interdições são importantes também por questões de segurança, uma vez que as obras, juntamente com a falta de qualidade das vias, expõem os usuários das rodovias a riscos.

É perceptível também que a estrutura cresce novamente após 2007, o que pode ser atribuído à liberação das estruturas que estavam em más condições, mas após os reparos, passaram a estar em boas condições de uso.

Na figura 2, são apresentados os dados pormenorizados da distribuição da malha rodoviária para cada uma das Unidades Federativas.

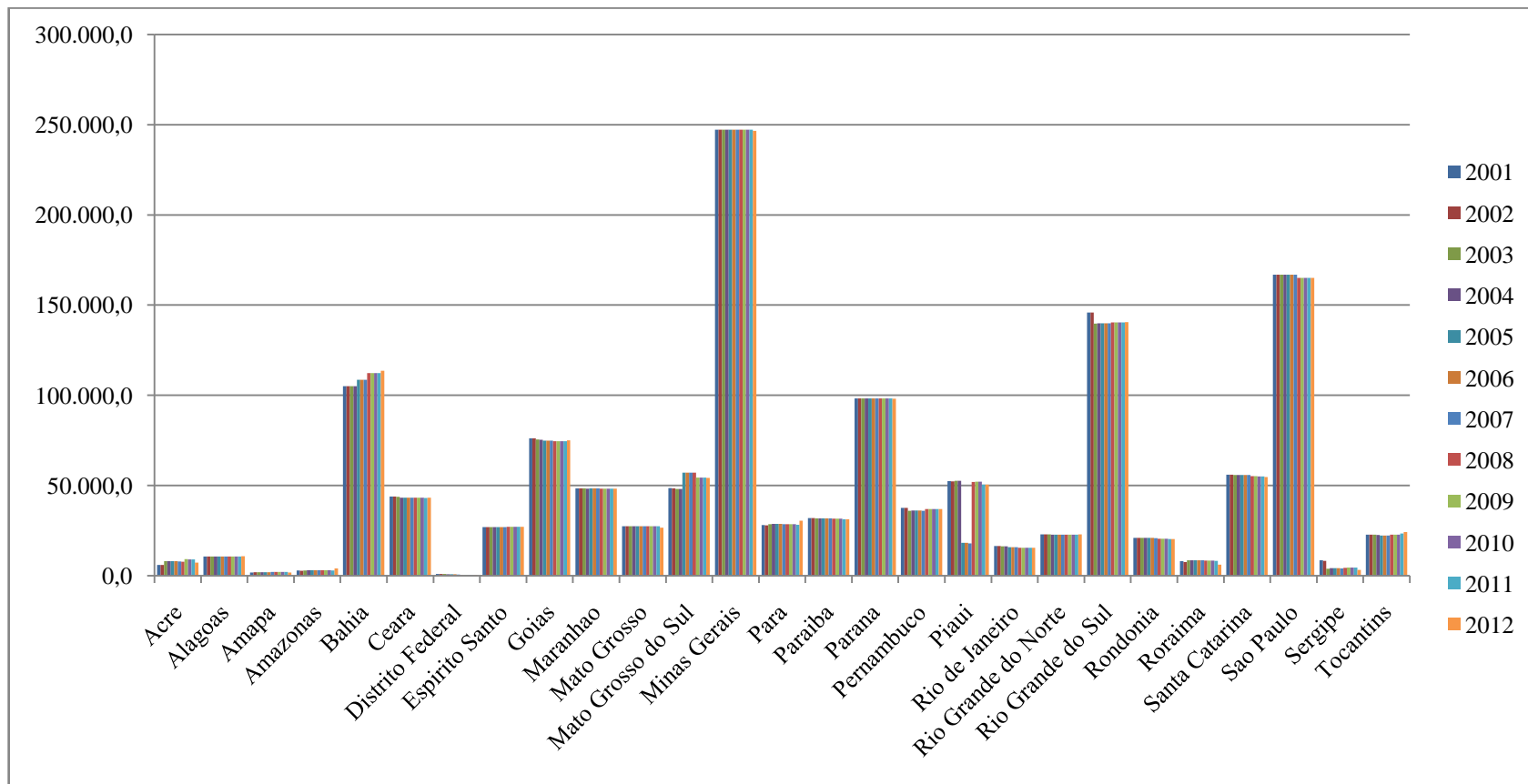


Figura 2 – Extensão da malha rodoviária das Unidades da Federação (em milhões de km), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre.

É perceptível a grande concentração nos estados do Sul e Sudeste. Percebe-se também a grande oscilação no estado do Piauí, sendo que nos demais estados a estrutura permaneceu relativamente constante, representado as obras de reparação da estrutura realizadas no estado. No que tange às ampliações da estrutura, nota-se que elas ocorreram mais no estado da Bahia.

2.2.2 MODAL FERROVIÁRIO

O modal ferroviário, em função de características que lhe proporcionam grande eficiência, consagrou-se como um meio de transformação econômica, assumindo um importante papel estratégico na composição da matriz de transporte (Confederação Nacional de Transporte - CNT, 2013).

Mallon (1960) destaca que o modal ferroviário é mais eficiente e apresenta custo de frete e de degradação menores, se comparado com o rodoviário. O autor destaca também que as ferrovias possibilitam maior capacidade de carga, sendo mais eficientes no transporte a longas distâncias, mas não tão competitivas para menores distâncias.

Coeli (2004) ressalta que no modal ferroviário consome-se quatro vezes menos combustível do que no sistema rodoviário, o principal modal brasileiro, tornando-se o mais vantajoso para o escoamento de cargas a longas distâncias.

Rostow (1960) chama as ferrovias de "o catalisador da transformação econômica vivenciada pelo ocidente desde meados do século XIX". A Revolução Industrial desencadeou profundas mudanças estruturais que demandavam a capacidade de se transportar grande volume de cargas e passageiros possibilitadas por esse modal. Mallon (1960) destaca também a importância das ferrovias para o crescimento econômico de países como os Estados Unidos, Rússia, Itália e diversos outros que apresentaram grande crescimento no final do século XIX e começo do XX.

Nos Estados Unidos, o crescimento econômico foi guiado pelas ferrovias. A expansão para o oeste foi seguida por ferrovias que transportavam mercadorias de forma mais eficiente e segura, capacitando um desenvolvimento mais homogêneo por todo o país.

Além da eficiência econômica, o modal ferroviário apresenta menores custos ambientais, devido à menor emissão de poluentes, e menores impactos ambientais, derivados da construção da infraestrutura necessária. Outro fator importante é o nível de segurança superior, se comparado com o setor rodoviário.

No Brasil, as ferrovias surgiram no ciclo do café, da metade do século XIX até meados da década de 1930. Porém, a partir da década de 1920, a construção de rodovias pavimentadas foi ampliada, passando a competir com as ferrovias por recursos públicos e pelo transporte de cargas e passageiros, o que acabou fazendo com que o modal ferroviário perdesse espaço. Nas três décadas seguintes ainda houve expansão da malha, porém, a taxas cada vez menores, até que na década de 1980 o modelo de gestão vigente tornou-se insustentável devido à crise fiscal do Estado brasileiro, o que acabou por sucatear ainda mais o setor, fazendo com que várias linhas já instaladas fossem desativadas (CNT, 2013).

Outro fator que dificultou a evolução do setor no Brasil foi a utilização de bitolas (distância entre os trilhos) diferentes nas diversas regiões. Para ocorrer a interligação entre as diversas ferrovias seria necessária a padronização dos trilhos, o que acarretaria custos elevados. Isso acabou freando a evolução do modal (PEREIRA; LENDZION, 2013).

Historicamente, essa estrutura se concentrou nas regiões Sul e Sudeste, as mais desenvolvidas do país. A região Nordeste tem suas linhas concentradas nas áreas litorâneas e a Centro-Oeste também tem poucas, voltadas quase que exclusivamente para o escoamento de exportações.

A estrutura brasileira também é muito ineficiente nesse modal. Segundo Oliveira e Turolla (2013), o Brasil é o 91º de 142 países em termos da qualidade da infraestrutura ferroviária, o que se deve à má cobertura e ao mau estado de conservação das ferrovias.

A realidade das linhas na atualidade não poderia gerar resultados muito diferentes desses. Há anos que não ocorrem investimentos efetivos, principalmente quando se trata de ampliação da malha. O que se observou foi o contrário: desativação de linhas, algumas por subutilização e outras por desgaste excessivo.

Atualmente o governo tem anunciado planos para melhoria da estrutura ferroviária brasileira, principalmente através do PAC (Plano de Aceleração do Crescimento). Faz parte do PAC a construção da ferrovia Norte-Sul, que vai ligar o norte do país ao Centro-Oeste brasileiro, a partir do qual faz a ligação ao Sul e Sudeste, gerando maior integração econômica e disponibilizando uma fonte alternativa para o escoamento da produção agrícola para o exterior.

A Figura 3 apresenta estrutura da malha ferroviária brasileira.

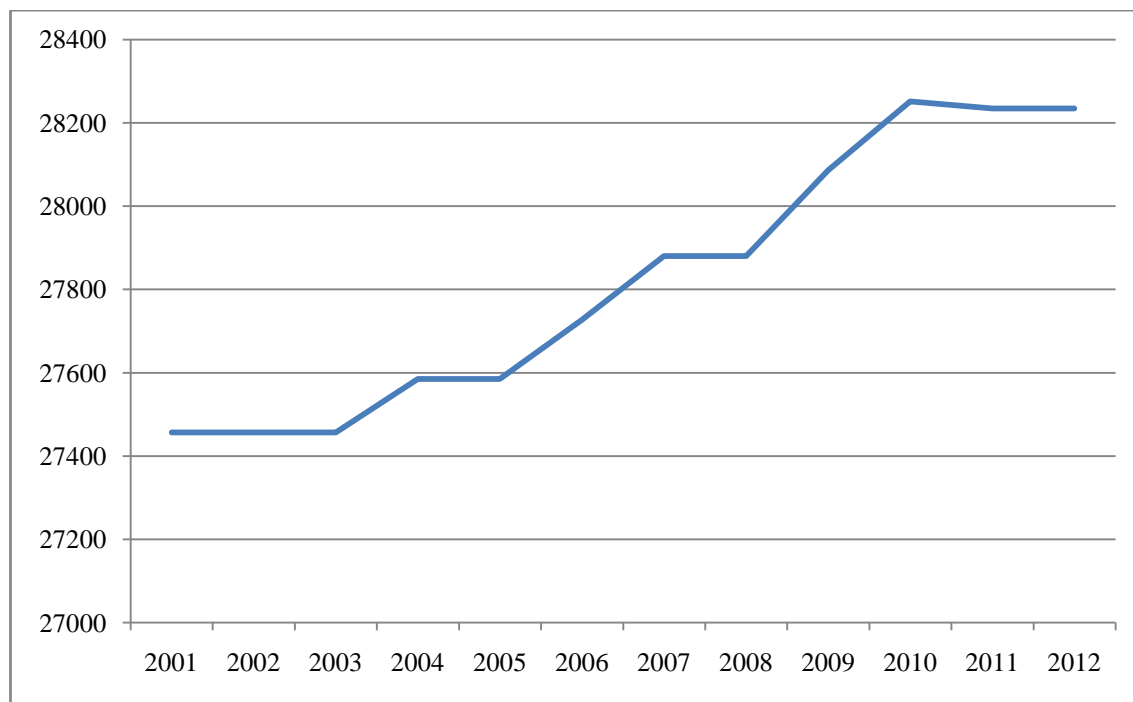


Figura 3 – Extensão da Malha Ferroviária do Brasil (em milhares de km), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres

A figura 3 demonstra a evolução da malha ferroviária, que, apesar de ser crescente, foi ínfima, observando-se também uma pequena queda nos anos 2010, decorrente da desativação de parte da malha que se encontrava em desuso, devido à grande depreciação e ineficiência da estrutura, muito atribuída às décadas de baixo investimento e manutenção que esse modal passou.

Na figura 4, são apresentadas as distinções dessa estrutura para cada estado brasileiro.

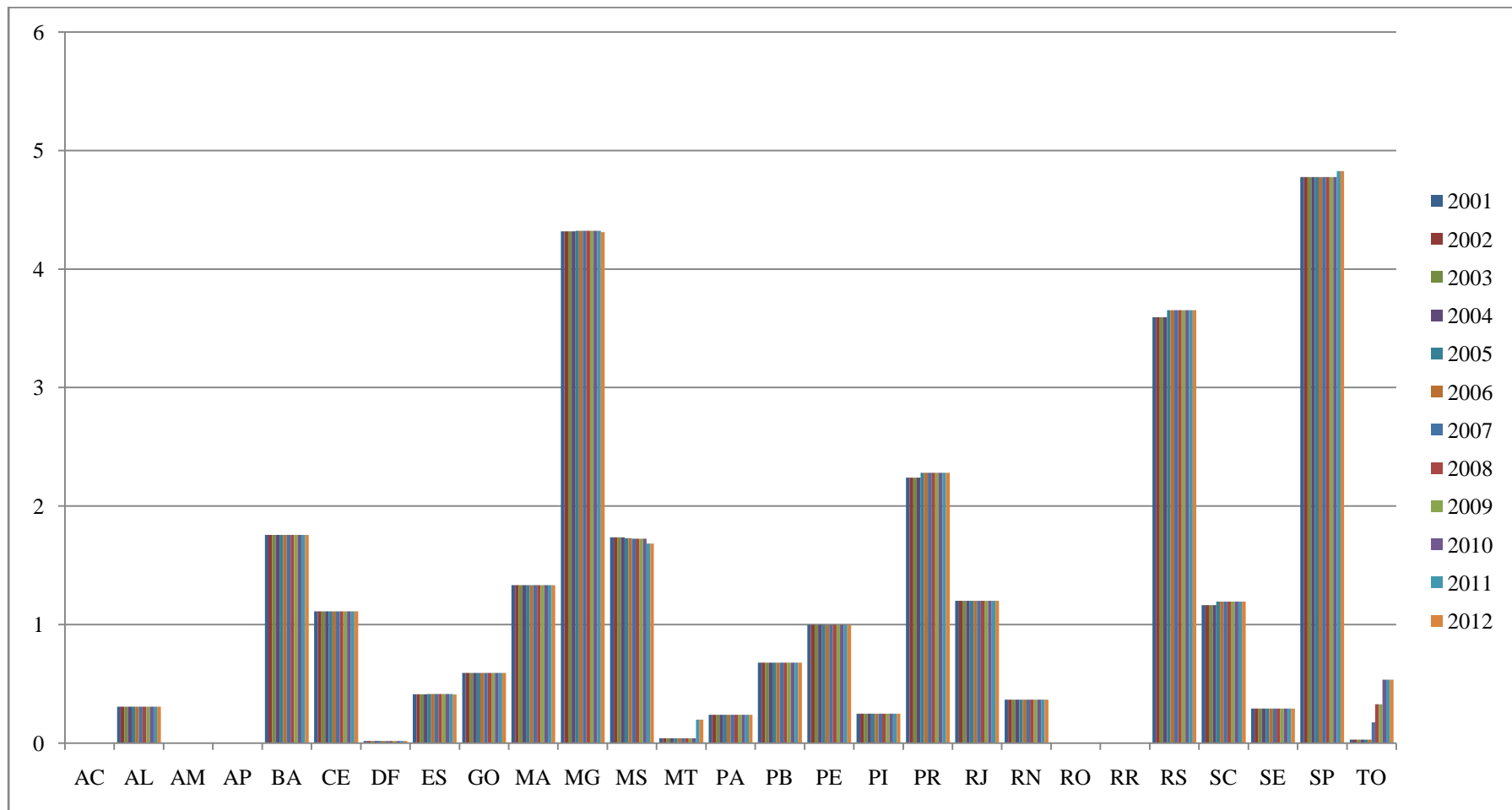


Figura 4 – Extensão da Malha Ferroviária por estado (em milhares de km), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria, através de dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres

A Figura 4 representa bem a realidade da estrutura ferroviária, um cenário de grande concentração e de estagnação na extensão da malha. A expansão da malha pelo estado de Tocantins, decorrente da obra que visa ligar o norte do país às demais estruturas, a ferrovia Norte-Sul, é uma das poucas que pode ser considerada.

2.2.3 MODAL AEROVIÁRIO

Apesar de ser o modal mais caro, devido ao elevado custo de instalação, manutenção e frete, o transporte aéreo é utilizado por ser considerado o mais seguro e rápido. Mesmo com os elevados custos, é competitivo para o transporte de mercadorias leves e de alto valor, já que os riscos de assaltos e outros acidentes são baixos (PEREIRA; LENDZION, 2013).

Os patronos desse modal são os americanos irmãos Wright e o brasileiro Santos Dumont. Os americanos foram os criadores das primeiras máquinas voadoras, porém, elas dependiam de uma propulsão externa à máquina para levantar voo. Já a criação do brasileiro apresentou uma forma de a própria máquina ser responsável por sua propulsão para decolagem. Um evento histórico para o aeromodelismo foi o sobrevoo de Santos Dumont sobre Paris.

A criação de Dumont foi utilizada na Segunda Guerra Mundial como uma poderosa arma de cerco, dizimando cidades e até países, possibilitando o lançamento das duas bombas atômicas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki. Após a segunda guerra, o transporte de passageiros e de mercadorias tornou-se a função principal do modal, porém, a função militar permaneceu.

Segundo Lacerda e Ribeiro (2003), os custos relacionados ao modal aeroportuário são os maiores da matriz de transportes brasileira, devido aos gastos com combustíveis, tarifas aeroportuárias e capacidade disponível para o escoamento de cargas.

Assim como outros modais brasileiros, esse também é considerado pouco competitivo se comparado com outros países. De acordo com Oliveira e Turolla (2013), o Brasil é o 122º de 142 países em relação à qualidade da infraestrutura aeroviária, devido principalmente à má conservação dos aeroportos.

Tadeu e Silva (2013) afirmam que o crescimento do transporte aeroportuário não foi acompanhado pelos investimentos necessários para a manutenção da infraestrutura, verificando-se uma estagnação na ampliação dos terminais de passageiros e cargas, da ampliação das pistas e novos aeroportos.

Segundo esses autores, a infraestrutura nacional demanda amplos investimentos nos aeroportos nacionais, bem como para terminais regionais e domésticos, aumentando a movimentação de passageiros e carga.

Recentemente, a estrutura aeroportuária passou por grandes reformas, obras destinadas a sanar algumas deficiências encontradas no sistema. Nos últimos anos, o país passou por um período de grande ineficiência desse setor, tornando comum grandes atrasos dos voos e aumentando o número de cancelamentos.

A seguir, a figura 5 apresenta a movimentação de passageiros nos aeroportos do Brasil.

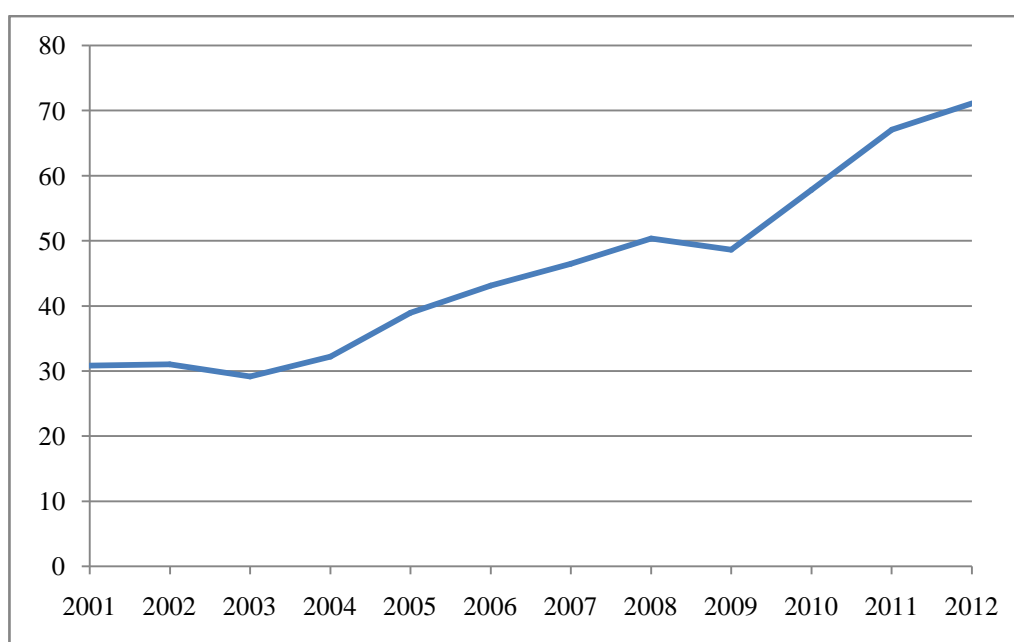


Figura 5 – Movimentação de Passageiros no Sistema Aeroviário no Brasil (em milhões), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do Departamento de Aviação Civil

O gráfico mostra um crescimento no geral, com uma oscilação entre 2008 e 2009, o que pode ser atribuído à crise econômica mundial no período. A seguir, a figura 6 apresenta essa movimentação de passageiros do setor aeroviário para cada um dos estados brasileiros.

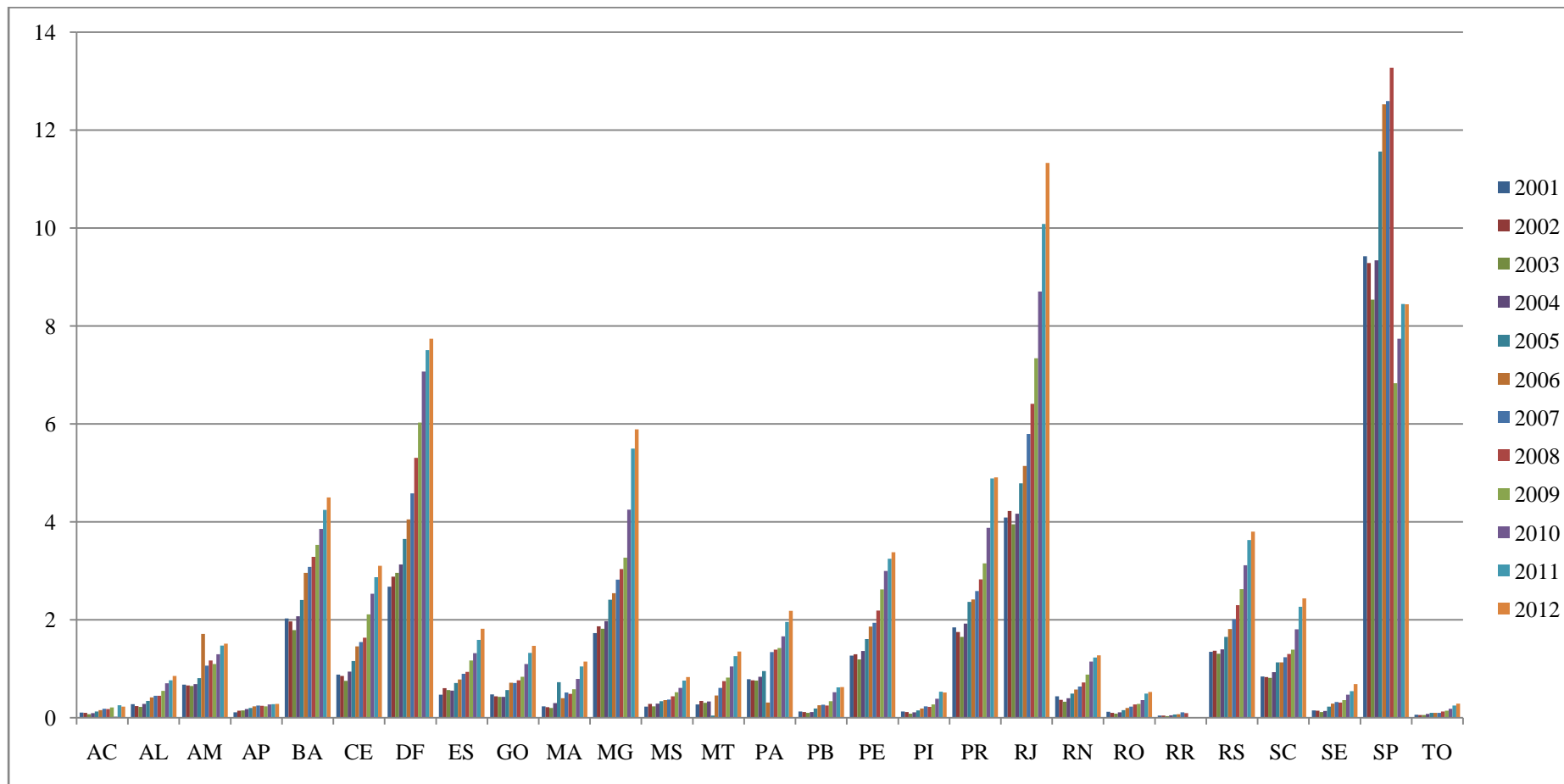


Figura 6 – Movimentação de Passageiros no Sistema Aeroviário por estado (em milhões), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria, através de dados do Departamento de Aviação Civil

O gráfico anterior retrata a evolução do transporte de passageiros pelo setor aeroviário nos estados brasileiros. Em quase todas Unidades da Federação houve uma evolução uniforme. Só o estado de São Paulo destoava dessa regularidade, apresentando uma queda considerável nos últimos anos, o que deve ser reflexo da crise econômica. Como o setor aeroviário é uma importante via de ligação entre os brasileiros e o resto do mundo, a piora da atividade econômica gera queda na demanda desse setor.

2.2.4 MODAL HIDROVIÁRIO

Pereira e Lendzion (2013) definem como hidrovia interior ou via navegável os rios, lagos ou lagoas navegáveis. Porém, a classificação de hidrovia vai além da existência de água, exige condições adequadas de utilização.

O uso dos portos para embarcar mercadorias para tráfego marítimo de passageiros e mercadoria é outro importante meio desse modal.

Pereira e Lendzion (2013) consideram esse modal um importante propiciador de desenvolvimento, gerando corredores estratégicos, além de ser considerado o modal que apresenta os menores custos de instalação, manutenção e frete.

Afonso (2006) ressalta a eficiência do setor hidroviário, já que apresenta custos 44% menores com relação ao setor ferroviário e 84% frente ao setor rodoviário.

As hidrovias foram fundamentais para a expansão das fronteiras da humanidade, os comércios a longas distâncias eram feitos, fundamentalmente, através desse modal, no período que ficou conhecido como “as Grandes Navegações”, período no qual aconteceu a colonização do “Novo Mundo”, aumentando as divisas da civilização e permitindo que o mercado mundial se tornasse uno.

Os grandes heróis do período, Vasco da Gama, Pedro Alvarez Cabral, Cristóvão Colombo, entre outros, eram os principais navegantes, responsáveis por cruzar os mares e levar as fortunas de suas nações.

A importância desse modal no período era tanta que os países melhores localizados para essa atividade, Inglaterra, Espanha, Itália e Portugal, por exemplo, eram as grandes potências econômicas da época, pois suas posições geográficas privilegiadas possibilitavam lhes maiores ganhos comerciais, muitas vezes agindo como intermediários de transações comerciais, gerando ganhos para eles até quando não estavam diretamente envolvidos nelas.

O modal evoluiu através dos séculos, porém, foi perdendo espaço para outros modais, principalmente no transporte de passageiros, uma vez que o transporte aeroportuário se mostra bem mais rápido e eficiente nisso.

Uma modalidade que encontrou importância relativamente menor na importância do modal foram as hidrovias de navegação no interior do continente, através de rios, lagos e lagoas, mas apresentou certa importância em algumas regiões do Brasil, principalmente a região Norte. Porém, a necessidade de construção de eclusas para passar pelas barragens das hidroelétricas é um fator que gera desinteresse no desenvolvimento desse modal para navegação interior, já que essas obras são relativamente caras e complexas de serem realizadas, impedindo o desenvolvimento desse modal, gerando ineficiências.

Muito dessa ineficiência brasileira pode ser atribuída ao que Pereira e Lenzion (2013) ressaltaram: como se trata de um recurso natural, ele está exposto a alterações naturais, tais como obstruções, secas, entre outros fatores. Para superar tais infortúnios seriam necessários investimentos que o setor público pode considerar concorrentes do modal predominante, o rodoviário. Os investimentos nesse modal ficam praticamente restritos aos portos litorâneos, porém, insuficiente para explorar um modal com tal potencial para o país.

A estrutura hidroviária brasileira predominante são os portos, estruturas fundamentais para o processo de exportação, principalmente de *commodities*, um dos principais componentes das exportações do país. No entanto, essa estrutura também é muito ineficiente, como é retratado por Oliveira e Turolla (2013), que colocam o Brasil como o 130º colocado entre 142 países ao se considerar a qualidade da infraestrutura portuária, o principal elemento desse modal, apesar de o Brasil ser um país com grande disponibilidade de recursos hídricos.

Diversos portos brasileiros são considerados demasiadamente atrasados, utilizando tecnologias consideradas ultrapassadas e ineficientes em relação a outros países, o que gera atrasos e perdas na produção. Em algumas épocas do ano ocorrem filas quilométricas de caminhões à espera para embarcar os produtos para exportação.

A Figura 7 apresenta os dados referentes ao uso dos portos brasileiros.

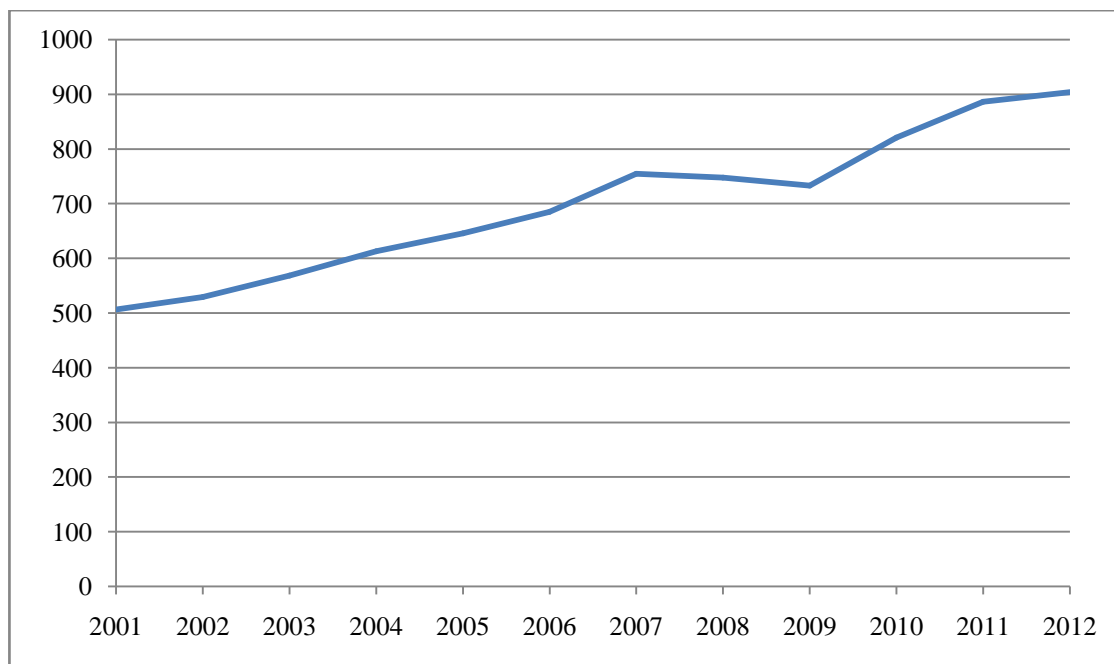


Figura 7 – Movimentação portuária - Brasil (em milhões de toneladas), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria, através de dados da Agência Nacional de Transporte Aquaviário

A análise do gráfico permite perceber o crescimento da movimentação portuária no país como um todo, o que é atribuído à melhoria e expansão da estrutura portuária brasileira, decorrente das obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, que atualmente está na sua segunda versão (PAC2).

A expansão do uso da estrutura ressalta a importância do setor portuário para a economia de um país, principalmente para uma nação agroexportadora como o Brasil, uma vez que as exportações de *commodities*, base da economia brasileira, é feita através de navios, o que requer que a estrutura tenha boas condições para operar.

A figura 8 a seguir discriminada a distribuição da movimentação portuária entre os estados.

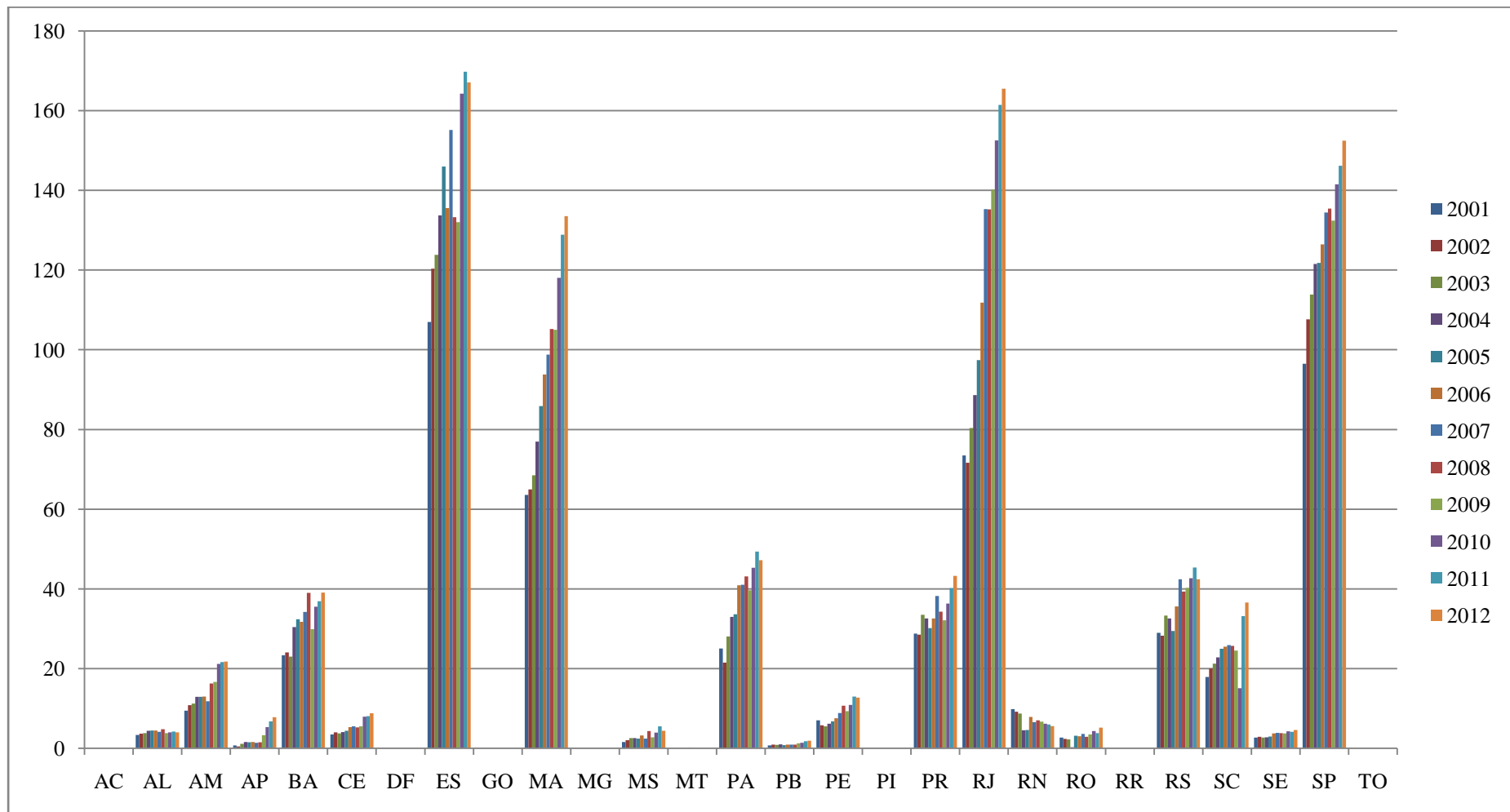


Figura 8 – Movimentação portuária por estado (em milhões de toneladas), 2001 a 2012

Fonte: Elaboração própria, através de dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários

A análise do gráfico demonstra o crescimento da atividade em praticamente todas as Unidades da Federação, porém, com alguma oscilação, principalmente nos anos pós-2008, mas no geral, houve crescimento.

Destaca-se a não ocorrência desses dados em alguns estados. Isso se deve a não disponibilidade de acesso marítimo para esses. No entanto, alguns estados interioranos possuem dados de movimentação, o que se deve a embarcações feitas por alguns rios navegáveis. Destacam-se os estados do Mato Grosso do Sul, Rondônia e Amazonas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, apresenta-se o modelo teórico utilizado neste estudo para analisar a relação entre a infraestrutura de transporte e o crescimento econômico brasileiro.

A modelagem de Solow vincula o crescimento econômico de uma sociedade ao número de trabalhadores, ao capital humano (para o caso da extensão da teoria para maior poder de explicação dele, adicionando-se o nível educacional para representar o capital humano) e ao capital disponível para o desenvolvimento das atividades produtivas.

Neste trabalho, o capital é decomposto entre o capital privado, representado pelo estoque de capital das empresas privadas de cada Unidade da Federação, e o capital público, ofertado às empresas e à população para o melhor desenvolvimento das atividades produtivas, oferecido principalmente pelo Governo, já que são estruturas de custos elevados e de retornos diretos de difícil mensuração de seus retornos. Até por isso, sua oferta é provida pelo Governo ou por parcerias públicos privadas.

O uso da modelagem de Solow para explicar os retornos que as infraestruturas de transporte geram sobre o crescimento econômico de uma região utiliza de uma teoria já consolidada e de grande aceitação entre os teóricos, até porque, diversos trabalhos já se basearam nessa modelagem para analisar relações semelhantes à proposta nesse trabalho, tais como Ozbay (2007), Cruz (2010), Sagioro (2004) e Mendes, Teixeira e Salvato (2009), por exemplo.

A seguir, é feita a dedução fundamental para o entendimento da modelagem de Solow e suas implicações para o estudo do crescimento econômico gerado pelo desenvolvimento das infraestruturas de transporte para as Unidades da Federação Brasileira.

3.1 MODELO DE SOLOW

A teoria adotada neste estudo para explicar o crescimento econômico médio dos estados brasileiros é a de Solow (1956), modelagem utilizada por outros trabalhos relacionados ao assunto, tal como o de Silva, Jayme e Martins (2009), que analisaram o efeito dos investimentos no setor de infraestrutura de transporte sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros no período de 1986 a 2003. A diferença deste estudo para o citado anteriormente vem, principalmente, da configuração dos dados. Enquanto o de Silva, Jayme e Martins (2009) basearam-se em valores financeiros, este utiliza dados físicos, tais como extensão das linhas e capacidade das estruturas, além de trabalhar em um período mais recente.

Em Solow (1956), a estrutura básica do modelo centra-se na consideração de uma função de produção agregada em que se utilizam dois fatores de produção, capital e trabalho, combinando-se de acordo com a tecnologia existente para dar origem à produção da economia num determinado período de tempo:

$$Y = f(K, L) \tag{1}$$

em que Y é o produto, K é o capital físico e L é o trabalho. A hipótese central do modelo é a existência de rendimentos que geram acréscimos gradativamente menores ao acréscimo dos fatores de produção. Segundo Silva (2008), isto significa que acréscimos adicionais de capital físico como insumos de produção geram cada vez menos produto final e no limite, aumentos na quantidade de capital não conseguem mais aumentar o produto, o que é reforçado por Jones (2000). Diversos estudos, como os apresentados anteriormente, demonstram que a infraestrutura de transporte (um componente do fator capital) apresenta rendimentos gradativamente menos crescentes. O fator trabalho cresce de acordo com o crescimento da população, que é uma taxa constante e exógena ao modelo igual a n .

Algumas hipóteses são necessárias para o modelo: produz-se um único produto; a função poupança é $S = sY$, em que S é a poupança agregada, s é a propensão marginal a poupar ($0 < s < 1$) e Y é a renda ou produto da economia; não existe depreciação e a condição de equilíbrio é $\Delta K = S = I$, o que significa dizer que a variação do estoque de capital (ΔK) é igual à poupança agregada (S), que também é igual ao investimento (I).

Na função de produção todos os insumos devem ser utilizados. Sem capital ou sem trabalho a produção é nula. Além disso, o insumo capital possui produto marginal positivo, porém decrescente. Por fim, a função obedece às condições de Inada (1964), segundo a qual o produto marginal do trabalho é muito grande para quantidades pequenas de capital e é muito pequeno para grandes quantidades de capital. Com essas hipóteses, segue-se a dedução da equação fundamental do modelo de crescimento de Solow (1956):

$$Y = C + I, \tag{2}$$

em que C é o consumo e I é o investimento, somatório que é igual ao produto da economia. Dividindo a equação (2) por L , que é a força de trabalho, tem-se:

$$\frac{Y}{L} = \frac{C}{L} + \frac{I}{L}, \quad (3)$$

que colocando o indicativo tempo torna-se:

$$\frac{Y}{L}(t) = \frac{C}{L}(t) + \frac{I}{L}(t). \quad (4)$$

A equação (4) pode ser reescrita como:

$$\frac{Y}{L} = y = f(k). \quad (5)$$

Combinando as equações (3), (4) e (1), tem-se:

$$f[k(t)] = \frac{C}{L}(t) + \frac{I}{L}(t). \quad (6)$$

Usando a relação $k = K/L$, se K e L crescem à mesma taxa, k cresce a taxa zero. Utilizando a variação, simbolizada pelo ponto sobre a variável, e dividindo pelo valor integral dela, obtemos a variação percentual. Assim:

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L}. \quad (7)$$

Como a variação populacional é igual a n , que é uma taxa constante, então:

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - n. \quad (8)$$

Multiplicando-se ambos os lados por $k = \frac{K}{L}$:

$$\begin{aligned} k \cdot \frac{\dot{k}}{k} &= \frac{\dot{K}}{K} \cdot \frac{K}{L} - n \frac{L}{L} \\ \dot{k} &= \frac{\dot{K}}{L} - nk \\ \frac{\dot{K}}{L} &= \dot{k} + nk. \end{aligned} \quad (9)$$

Sabendo que $\dot{K} = I$, a equação (6) pode ser reescrita como:

$$f(k) = \frac{c}{L} + \dot{k} + nk. \quad (10)$$

Essa última equação afirma que o produto por trabalhador ($f(k)$) é alocado para três usos: consumo por trabalhador $\frac{c}{L}$; uma porção do investimento para manter a relação capital/trabalho constante (nk); e uma proporção do investimento (\dot{k}) que aumenta a relação capital/trabalho. Reajustando a equação (10), tem-se que:

$$\dot{k} = f(k) - \frac{c}{L} - nk, \quad (11)$$

de forma que:

$$f(k) = y = \frac{Y}{L}. \quad (12)$$

$$\text{Então, } \dot{k} = \frac{Y}{L} - \frac{c}{L} - nk. \quad (13)$$

Sendo $\frac{Y}{L} - \frac{c}{L} = \frac{S}{L}$, obtém-se

$$\dot{k} = \frac{S}{L} - nk \quad (14)$$

Como $sY = S$, pode-se reescrever

$$\dot{k} = \frac{sY}{L} - nk. \quad (15)$$

Dado que $\frac{Y}{L} = y = f(k)$, chega-se a

$$\dot{k} = sf(k) - nk \quad (16)$$

A equação (16) é conhecida como a equação fundamental do modelo de Solow, na qual $sf(k)$ é a poupança por trabalhador (investimento por trabalhador) e nk é o montante de investimento necessário para manter a relação capital/trabalho constante.

3.1.1 MODELO DE SOLOW COM CAPITAL HUMANO

Com o artigo “*A contribution to the empirics of economic growth*”, os autores Mankiw, Romer e Weil (1992) avaliaram as aplicações do modelo de Solow, concluindo que o ajustamento com a inserção da variável capital humano aperfeiçoaria o modelo original. Considerando que o produto, Y , de uma economia seja obtido com a combinação de capital físico, K , e de trabalho qualificado, H , chega-se à seguinte equação no formato Cobb-Douglas:

O modelo é dado continuamente no tempo. O produto no momento t é:

$$Y(t) = K(t)^\alpha [A(t)H(t)]^{1-\alpha} \quad (17)$$

Y , K e A são os mesmos do modelo de Solow: Y é o produto, K o capital, A é a eficiência do trabalho e H é o total de serviços produtivos ofertado por trabalhador. Ou seja, a contribuição total dos trabalhadores dos diferentes níveis de habilidades para produzir, o que inclui tanto o capital humano quanto o trabalho bruto.

A dinâmica de K e A é a mesma que no modelo de Solow. Uma fração exógena s do produto é poupado e o capital se deprecia a uma taxa exógena δ . Então,

$$\dot{K}(t) = sY(t) - \delta K(t) \quad (18)$$

A eficiência do trabalho cresce a uma taxa exógena g :

$$\dot{A}(t) = gA(t) \quad (19)$$

O modelo se desenvolve suposições de como a quantidade de capital humano, H , é determinada. Assim como é feito com o capital físico, o modelo toma a alocação de recursos humanos como dada exogenamente. No entanto, deve-se tomar uma posição sobre a função de produção para o capital humano.

O modelo assume que cada trabalhador obtém a mesma quantidade de educação, denotada por E . Foca-se no caso em que E é constante no tempo. Então, supõe-se que

$$H(t) = L(t)G(E), \quad (20)$$

em que L é o número de trabalhadores e $G(\cdot)$ é a função que dá a quantidade de capital humano por trabalhador. Como de costume, o número de trabalhadores cresce exogenamente a uma taxa n :

$$\dot{L}(t) = nL(t) \quad (21)$$

É razoável assumir que quanto mais anos de educação um trabalhador tem, mais capital humano ele terá. Isto é, assume-se que $G'(\cdot) > 0$. Mas não existe uma razão para impor $G''(\cdot) < 0$. Conforme o indivíduo obtém capital humano, suas habilidades para adquirir mais capital humano devem aumentar. Os primeiros anos de educação devem prover as ferramentas básicas, tais como a habilidade de ler, contar e seguir direções, o que possibilita ganhos de produtividade, mas permite ao indivíduo conseguir capital humano adicional.

Cada ano adicional de educação aumenta o salário do indivíduo aproximadamente na mesma percentagem. Se os salários refletem o trabalho oferecido pelos indivíduos, implica que $G'(\cdot)$ é de fato crescente, assumindo a seguinte forma:

$$G(E) = e^{\Phi E}, \quad \Phi > 0, \quad (22)$$

Normaliza-se $G(0)$ para 1 para simplificar a análise. Para a maior parte, no entanto, não será imposta essa forma de análise neste estudo.

Neste trabalho, os termos de infraestrutura de transporte (rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário) são inseridos, juntamente com o capital das empresas privadas, para formar o termo de capital da modelagem de Solow.

O termo de capital das empresas é tratado como capital privado e as infraestruturas devem ser tratadas como capital público, fornecido pelo Governo para gerar externalidades positivas para a atividade econômica.

Resíduo de Solow

Cruz (2010), utilizou o resíduo de Solow para explicar o crescimento econômico e o aumento do bem estar social da população. Esse resíduo, segundo ela, é gerado por resíduos não-mensuráveis, derivados de avanços tecnológicos e da infraestrutura ofertada.

Pereira e Araújo (1997) afirmam que o Resíduo de Solow é a causa de acréscimos no produto derivados de fatores não explicados pelo crescimento do capital ou do trabalho, chamando esse resíduo de "Produtividade Total dos Fatores (PTF)". Segundo a autora, os investimentos nos diversos tipos de infraestrutura são propiciadores de retornos positivos, tanto para o capital privado, quanto para o público, aumentando a PTF.

Dessa forma, o resíduo de Solow, também representado como o termo "A" na modelagem de Solow, é fundamental para o desenvolvimento da teoria utilizada e sua importância não deve ser menosprezada.

Análise do modelo

A dinâmica do modelo é exatamente igual ao do modelo de Solow. A forma mais fácil de ver essa definição de k é tratá-lo como capital físico por unidade efetiva de trabalho: $k = K/[AG(E)L]$. A dinâmica de k é:

$$\begin{aligned}\dot{k}(t) &= sf(k(t)) - (n + g + \delta)k(t) \\ &= sk(t)^\alpha - (n + g + \delta)k(t)\end{aligned}\tag{23}$$

Na primeira linha, $f(\cdot)$ é a forma intensa da função de produção. A segunda linha usa o fato que a função de produção assume a forma Cobb-Douglas.

Como no modelo de Solow, k converge para o ponto onde $\dot{k} = 0$. O valor de k é $[s/(n + g + \delta)]^{1/(1-\alpha)}$, denotado por k^* . Sabe-se que quando k alcança k^* , a economia entra em uma trajetória de crescimento equilibrado com o produto por trabalhador crescendo a uma taxa g .

Essa análise implica que os efeitos qualitativos e quantitativos de uma mudança na taxa de poupança são os mesmos do modelo de Solow. Como pode ser visto pela

equação do movimento de k , em que os efeitos de uma mudança em s sobre a trajetória de k são idênticos aos do modelo de Solow. O produto por unidade de trabalho efetivo, y , é determinado por k , o que afeta a trajetória de y de forma idêntica. Finalmente, o produto por trabalhador equivale ao produto por unidade efetiva de trabalho, y , que equivale ao tempo de trabalho por trabalhador, $AG(E)$: $Y/L = AG(E)y$. A trajetória de $AG(E)$ não é afetada pela mudança na taxa de poupança: A cresce a uma taxa exógena g e $G(E)$ é constante. Então, o impacto da mudança na trajetória do produto por trabalhador é determinado inteiramente pelo impacto na trajetória de y .

Pode-se descrever o efeito de longo prazo do aumento do número de anos de estudo por trabalhador como E . Desde que E não entre na equação de \dot{K} , o valor da trajetória de crescimento equilibrada de k não muda, então o valor de y na trajetória de crescimento equilibrado é imutável. Uma vez que Y/L equivale a $AG(E)y$, um aumento em E eleva o produto por trabalhador na trajetória de crescimento equilibrado na mesma proporção do aumento de $G(E)$.

Esse modelo tem duas implicações para a diferença de renda entre os países. Primeiro, ele identifica uma fonte adicional potencial para essas diferenças: eles podem ser resultado de diferenças no capital humano assim como no capital físico. Segundo, isso implica que reconhecendo a existência de capital humano não muda as implicações do modelo de Solow sobre o efeito da acumulação de capital físico. Dessa forma, o efeito de uma mudança na taxa de poupança não difere das observadas no modelo de Solow original.

Chega-se então à equação final do modelo de Solow com capital humano. Jones (2000) afirma que a inclusão dessa variável no modelo melhora a resposta da teoria, sendo mais eficiente para explicar o crescimento dos países do que o modelo sem capital humano, o que vai ao encontro com a proposta inicial do modelo.

Neste estudo, a infraestrutura de transporte será inserida no modelo como um complemento para interagir com o capital das empresas. O total de empregos é utilizado como força de trabalho, como foi feito nos trabalhos apresentados anteriormente.

A seguir, é feito o desenvolvimento metodológico, trabalhando o termo de capital, inserindo-se os fatores de infraestrutura de transporte.

4. METODOLOGIA

A forma padrão de apresentação da modelagem de Solow é a formulação de Cobby-Douglas, representada como uma função de trabalho, capital e capital humano, assumindo a forma da equação (17):

$$Y(t) = K(t)^\alpha [A(t)H(t)]^{1-\alpha} \quad (17)$$

Em que Y representa o produto gerado no ano, K o capital empregado na produção, A é o trabalho efetivo ofertado pelos trabalhadores e H representa o capital humano, o termo t representa a variação temporal a qual as variáveis estão submetidas. Nos expoentes, o α representa a participação dos insumos utilizados no produto obtido e no crescimento alcançado, não sendo, necessariamente, a elasticidade de cada um dos termos.

Como é apresentado por Sagioro (2004), a somatória unitária dos expoentes da função (17) representa a importância de cada um dos fatores para gerar o produto obtido, e não a elasticidade do termo em si.

Dessa forma, a função que apresenta a elasticidade de cada fator não necessariamente, gera um somatório unitário de seus expoentes, podendo ser representada da seguinte forma:

$$Y(t) = K(t)^{\beta_i} [A(t)H(t)]^{\beta_j} \quad (17.1)$$

Nessa formulação, os β s não têm restrição de valores e eles, após a logaritmização da função, geram os valores das elasticidades de cada componente da função.

Aplicando se o logaritmo na função (17.1), obtemos a função (24):

$$\text{Log } Y(t) = \beta_i \log K(t) + \beta_j [\log A(t) + \log H(t)] \quad (24)$$

Se abriremos o termo β_j e o ratearmos entre $\log A(t)$ e $\log H(t)$, para deixar a análise de cada um deles independente uma da outra, podemos gerar dois novos β s, β_x e β_y por exemplo, de forma que a função assume a seguinte forma:

$$\text{Log } Y(t) = \beta_i \log K(t) + \beta_x \log A(t) + \beta_y \log H(t) \quad (24.1)$$

De forma que os β s representam as elasticidades de cada um dos termos, uma propriedade dessa forma de estimação, a logarítmica.

Para inserir as infraestruturas de transporte na função, o termo de capital (K) é dividido entre capital das empresas e o capital público ofertado, sendo esse último representado pelas infraestruturas Rodoviária, Ferroviária, Aeroportuária e Portuária. Abrindo a função, temos:

$$\text{Log } Y(t) = \beta_i \log[\text{Rod}(t)\text{Fer}(t)\text{Aero}(t)\text{Por}(t)\text{Kpriv}(t)] + \beta_x \log A(t) + \beta_y \log H(t) \quad (24.2)$$

Aplicando a propriedade da logarítmica, abrindo o termo β_i para cada termo entre os colchetes, enumerando cada um deles e substituindo os termos $A(t)$ e $H(t)$ por $MAOdeOBRA(t)$ e $ESCOLAmedia(t)$, respectivamente, para facilitar a visualização, temos:

$$\text{Log } Y(t) = \beta_1 \log \text{Rod}(t) + \beta_2 \log \text{Fer}(t) + \beta_3 \log \text{Aero}(t) + \beta_4 \log \text{Por}(t) + \beta_5 \log \text{Kpriv}(t) + \beta_6 \log \text{FORCAdeTRABALHO}(t) + \beta_7 \log \text{ESCOLAmedia}(t) \quad (24.3)$$

Os termos Y , Rod , Fer , $Aero$ e Por são séries temporais de cada uma das Unidades da Federação, obtidas de séries estatísticas, conforme é apresentado a seguir. Já o termo que representa o Capital das empresas ($Kpriv$) passa por um tratamento, também apresentado na seção que esmiúça cada uma das variáveis.

Um questionamento que deve vir é o fato de o modelo de Solow ser um modelo que utiliza variáveis de fluxo, por que se usar variáveis de estoque, então?

Primeiramente, uma das preocupações deste trabalho é a escala e o grau de desenvolvimento de cada Unidade da Federação, porque alterações na estrutura das UFs de grau de desenvolvimento intermediário tendem a gerar retornos maiores sobre a riqueza dele, por isso a preferência por variáveis de estoque.

Outro ponto que deve ser levado em conta é o fato de as variáveis de estoque englobarem as variáveis de fluxo, de forma que variação não é negligenciada e, conseqüentemente, nem o modelo analítico adotado.

Conciliando os dois fatores apresentados anteriormente, pode-se imaginar que a variável de estoque seja formada pela variável de fluxo, agregada a uma *dummy* representando o nível de desenvolvimento do estado, valorada pelo nível inicial de cada

estrutura no primeiro ano da análise, o que transforma uma variável de fluxo em uma de estoque e faz a diferenciação do nível de desenvolvimento de cada UF.

A característica dos dados, série temporal com *cross section*, constitui uma análise em painel dos dados, que é apresentada na próxima sessão.

4.1 ESTIMAÇÃO

As características da análise nos levam a uma estimação dos dados por painel, já que há uma série temporal (de 2001 a 2012) e uma série *cross section* (as 27 Unidades da Federação Brasileira), a combinação dessas duas metodologias gera esse tipo de análise.

Feita a estimação seguindo o desenvolvimento apresentado até a equação (24.3), a equação toma a seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{LogPIB}_{it} = & \beta_{0it} + \beta_1 \log \text{FORCAdeTRABALHO}_{it} + \beta_2 \log \text{CAPITAL}_{it} + \\ & \beta_3 \log \text{ESCOLAmedia}_{it} + \beta_4 \log \text{RODOVIAS}_{it} + \beta_5 \log \text{FERROVIAS}_{it} + \beta_6 \log \text{AEROPass}_{it} + \\ & \beta_7 \log \text{PORTO}_{it} + e_{it} \end{aligned} \quad (25)$$

Conforme as características da estimação são inseridos os termos de intercepto e o de erro, β_{0it} e e_{it} respectivamente, para que possa ser feita a especificação da equação, mas esses termos não tiram a veracidade da estimação, pelo contrário, a melhoram.

O termo e_{it} , é explicado pela modelagem de Solow, sendo ele o termo tecnológico exogenamente determinado, o chamado resíduo de Solow, cuja estimação foi objetivada por diversos trabalhos, tais como o de Mendes (2005), trabalho no qual o autor faz a estimação do modelo de Solow de forma bem semelhante à feita neste trabalho, mas com objetivo diferente. No trabalho supracitado, o autor analisa os efeitos gerados pelas infraestruturas de transporte sobre o resíduo de Solow em si, não os relacionando diretamente com o PIB, não sendo possível constatar através dessa análise dados como a elasticidade das rodovias sobre o crescimento econômico médio das Unidades da Federação brasileira, enquanto que esta análise já nos permite obter essa estimação.

Os fatores integrantes do modelo de Solow são: mão-de-obra disponível, o capital humano e o capital disponível. Neste estudo, abre-se o capital entre privado e público, sendo que o capital das empresas representado por CAPITAL trata do estoque

de capital, variando de acordo com a Formação Bruta de Capital Fixo brasileira rateada entre os estados brasileiros de acordo com o PIB de cada Unidade da Federação no ano anterior. Já o capital público, é a infraestrutura disponibilizada, ou seja, RODOVIAS + FERROVIAS + AEROPass + PORTO. Assim sendo, o termo “capital” da modelagem de Solow é representado por todas essas variáveis.

Espera-se que todos os parâmetros estimados sejam estatisticamente diferentes de zero e positivos, o que significa que os efeitos marginais das infraestruturas de transporte e os demais componentes do modelo de Solow sobre o PIB sejam positivos. Os coeficientes dessa regressão representam as elasticidades, segundo as propriedades das regressões *log-log*.

Faz-se uma análise em painel, uma vez que os dados variam no tempo e no espaço, o que oferece maior detalhamento ao modelo e maior poder de explicação, pois permite uma análise de uma mesma unidade ao longo do tempo e de todas em um mesmo momento.

Quanto à estimação, serão abordadas as metodologias para a estimação em painel, sendo elas: *pooled*, efeitos fixos e efeitos aleatórios.

A equação em painel consiste fundamentalmente no agrupamento da amostra de diferentes indivíduos ao longo do tempo, ou seja, é um misto de análise *cross section* com série temporal, e sua estrutura é apresentada na seguinte forma matricial:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_i\alpha + \varepsilon_{it}, \quad (26)$$

sendo que y_{it} representa a variável dependente, i representa o indivíduo (*cross section*) e t representa o momento temporal. O termo $x'_{it}\beta$ representa as variáveis explicativas, x , com seus respectivos coeficientes. É incluída uma linha de colunas unitárias em x para representar o intercepto. O vetor $z'_i\alpha$ representa a heterogeneidade existente entre os indivíduos, sendo que nesse termo estão presentes valores específicos de cada observação. O vetor ε_{it} representa os resíduos gerados pela estimação.

A estimação por *Pooled* parte do princípio de que o vetor z'_i é constituído por elementos iguais, ou seja, não há heterogeneidade entre os indivíduos. Dessa forma, todos os dados são agrupados como um grande corte temporal (*cross section*) e regredidos por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). A estimação por *Pooled* pressupõe que $E(z_i/x_{it}) = 0$ e $\text{Var}(z_i/x_{it}) = 0$.

Se o termo z_i for não-observado e correlacionado com os x_{it} , a estimação por MQO será inconsistente e viesada, tornando a estimação por *Pooled* ineficiente. Nesse caso, pode-se recorrer à estimação por Efeitos Fixos (EF). Assim, o termo $z'_i\alpha$ será englobado por α_i , representando os efeitos fixos e não-observados no tempo que afetam y_{it} . Tirando-se a média da nova equação, tem-se que:

$$\bar{y}_i = \bar{x}_i\beta + \alpha_i + \varepsilon_i. \quad (27)$$

Como α_i é constante no tempo, sua média será igual ao seu valor. Subtraindo a média da equação original, tem-se que:

$$y_{it} - \bar{y}_i = (x_{it} - \bar{x}_i)'\beta + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i) \text{ ou } \bar{y}_{it} = \bar{x}_{it}\beta + \bar{\varepsilon}_{it}, \quad (28)$$

sendo que:

$$\bar{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i; \bar{x}_{it} = x_{it} - \bar{x}_i \text{ e } \bar{\varepsilon}_{it} = \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i. \quad (29)$$

Dessa forma, o efeito de α_i desaparece, tornando a estimação eficiente. Nesse tipo de estimação, a inclusão de variáveis constantes no tempo é desnecessária, já que a metodologia do cálculo acabará eliminando-as.

A terceira metodologia, Efeitos Aleatórios (EA), requer que α_i seja não-correlacionado com as observações. Se isso acontece, pode ser utilizada a seguinte formulação:

$$y_{it} = x'_{it}\beta = E[z'_i\alpha] + \{z'_i\alpha - E[z'_i\alpha]\} + \varepsilon_{it}, \quad (30)$$

ou,

$$y_{it} = x'_{it}\beta + (\alpha + u_i) + \varepsilon_{it}. \quad (31)$$

A abordagem feita assume que o termo u_i toma uma forma aleatória, semelhante ao termo ε_{it} , porém constante ao longo do tempo para cada indivíduo.

Para determinar qual das três metodologias se ajusta melhor ao modelo, existem três testes que auxiliam na escolha: o teste F de Chow, que compara o modelo de efeitos

fixos e o *Pooled*; o teste de Breusch-Pagan (BP), que compara os modelos de efeito aleatório e o *Pooled*; e o teste de Hausman, que compara os modelos de efeito aleatório e o de efeito fixo¹.

O teste de Chow é um teste F, que pode ser usado para determinar se uma função de regressão múltipla difere entre dois grupos. Esse teste se dá através da soma dos quadrados dos resíduos da estimação agrupada como uma soma dos Quadrados dos Resíduos (SQR) restrita. A soma da regressão irrestrita é a SQR dos dois grupos estimados separadamente. O cálculo é dado por:

$$F = \frac{[SQR_F - (SQR_1 + SQR_2)]}{SQR_1 + SQR_2} \cdot \frac{[n-2(k+1)]}{k+1} \quad (32)$$

O teste compara a estimação por efeitos fixos e o *Pooled*. Alguns programas econométricos já dão o valor desse teste na própria regressão por efeitos fixos.

Para comparar qual forma de estimação melhor se adéqua à regressão, ou *Pooled* ou de efeitos variáveis utiliza-se o teste de Breusch-Pagan (BP), que é um teste do tipo *Lagrange Multiplier*. A hipótese nula deste teste é de que a variância do erro da unidade em questão é nula ($Var(\mu_i) = 0$), ou seja, a regressão por *Pooled* é melhor do que a aleatória.

O teste de Breusch-Pagan é dado pela hipótese $H_0; \sigma_\mu^2 = 0$, as estatísticas do teste são obtidas através de:

$$LM = \left(\frac{NT}{2(T-1)} \right) \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^N e_i^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T e_{it}^2} \right) - 1 \right]^2 \quad (33)$$

em que e_{it} denota os resíduos da MQO no modelo *Pooled*, e_i representa a soma de todos os parâmetros ao longo de t , respectivamente. Sob a hipótese nula H_0 essa estatística LM tem distribuição χ^2 .

O problema com o teste Breusch-Pagan é que ele assume que a hipótese nula é bicaudal, quando sabemos que $\sigma_\mu^2 > 0$. Uma versão de um lado foi dada por Honda (1985):

¹ Para maiores especificações dos testes, tais como os procedimentos de execução de cada um, recomenda-se a leitura de Wooldridge (2010).

$$HO = \sqrt{\frac{NT}{2(T-1)}} \left[\frac{e'(I_N \otimes J_T)e}{e'e} - 1 \right] \rightarrow N(0,1) \quad (34)$$

Onde e representa o vetor dos resíduos de MQO. Nota-se que o quadrado da estatística $N(0,1)$ é a estatística do teste Breusch-Pagan LM. Honda (1985) encontra que essa estatística é uniformemente mais poderosa e robusta do que a não-normal. No entanto, Moulton e Randolph (1989) mostraram que $N(0,1)$ é uma aproximação assintótica para a estatística LM unicaudal e pode ser fraca até para amostras grandes. Eles sugerem um teste alternativo, o Standardized Lagrange Multiplier (SLM), em que os valores assintóticos críticos geralmente são mais próximos ao verdadeiro valor do teste LM. Esse teste estatístico centra e escala o teste LM de um lado na média zero e variância 1.

$$SLM = \frac{HO - E(HO)}{\sqrt{var(HO)}} = \frac{d - E(d)}{\sqrt{var(d)}} \quad (35)$$

em que $d = \frac{e'De}{e'e}$ e $D = (I_N \otimes J_T)$. Usando os resultados da forma quadrática na regressão dos resíduos (onde \otimes representa o produto vetorial), tem-se:

$$E(d) = \frac{tr(DP_Z)}{p} \quad (36)$$

e

$$var(d) = \frac{2\{p \ tr(DP_Z)^2 - [tr(DP_Z)]^2\}}{p^2(p+2)} \quad (37)$$

em que $p = n - (K + 1)$ e $P_Z = I_n - Z(Z'Z)^{-1}Z'$. Sob essa hipótese nula, o SLM tem uma distribuição assintótica $N(0,1)$.

Já o teste de Hausman investiga qual se adéqua melhor, a regressão por efeitos fixos ou por efeitos aleatórios. Esse teste é do estilo Wald, cuja hipótese nula é de que a diferença dos coeficientes não é sistêmica, de forma que os coeficientes do modelo e os efeitos aleatórios são ortogonais. A rejeição da hipótese nula leva à escolha do modelo com efeitos fixos, já que essa condição é essencial para o modelo com efeitos aleatórios.

Uma suposição crítica no modelo regressão dos componentes de erro é que $E(u_{it}/X_{it}) = 0$. Isso é importante, dado que a distribuição contém efeitos individuais

(os μ_i 's) que não são observáveis e podem estar correlacionados com os X_{it} 's. No caso, se $E(u_{it}/X_{it}) \neq 0$, o estimador MQO, $\hat{\beta}_{MQO}$, se torna tendencioso e inconsistente para β . No entanto, a transformação *por dentro* dizima esses μ_i 's e deixa os estimadores *por dentro*, $\hat{\beta}_{Within}$, tendenciosos e consistentes para β . Hausman (1978) sugere que se compare $\hat{\beta}_{MQO}$ e $\hat{\beta}_{Within}$, os quais são consistentes sob a hipótese nula $H_0; E(u_{it}/X_{it}) = 0$, mas terá diferentes limites de probabilidade se H_0 não é verdadeiro. De fato, $\hat{\beta}_{Within}$ é consistente se H_0 é verdadeiro ou não, enquanto $\hat{\beta}_{MQO}$ é o melhor estimador linear, consistente e assintoticamente eficiente sob H_0 , mas é inconsistente quando H_0 é falsa. Um teste natural seria baseado em $\hat{q} = \hat{\beta}_{MQO} - \hat{\beta}_{Within}$. Sob H_0 , $plim \hat{q} = 0$ e $cov(\hat{q}, \hat{\beta}_{MQO}) = 0$.

Usando-se o fato de que $\hat{\beta}_{MQO} - \beta = (X'\Omega^{-1}X)^{-1}X'\Omega^{-1}u$ e $\hat{\beta}_{Within} - \beta = (X'QX)^{-1}X'Qu$, que fica $E(\hat{q}) = 0$ e:

$$\begin{aligned} cov(\hat{\beta}_{MQO}, \hat{q}) &= var(\hat{\beta}_{MQO}) - cov(\hat{\beta}_{MQO}, \hat{\beta}_{Within}) \\ &= (X'\Omega^{-1}X)^{-1} - (X'\Omega^{-1}X)^{-1}X'\Omega^{-1}E(uu')QX(X'QX)^{-1} = 0 \end{aligned} \quad (38)$$

Usando o fato de que $\hat{\beta}_{Within} = \hat{\beta}_{MQO} - \hat{q}$, que se torna:

$$var(\hat{\beta}_{Within}) = var(\hat{\beta}_{MQO}) + var(\hat{q}) \quad (39)$$

Desde que $cov(\hat{\beta}_{MQO}, \hat{q}) = 0$. Dessa forma,

$$var(\hat{q}) = var(\hat{\beta}_{Within}) - var(\hat{\beta}_{MQO}) = \sigma_v^2(X'QX)^{-1} - (X'\Omega^{-1}X)^{-1} \quad (40)$$

Assim, o teste de Hausman é dado por:

$$m = \hat{q}'[var(\hat{q})^{-1}\hat{q} \quad (41)$$

E sob H_0 , em que m é assintoticamente distribuída como χ_K^2 , em que K denota a dimensão do vetor β . Para tornar o teste operacional, Ω é substituída por um estimador consistente $\hat{\Omega}$ e MQO pelo seu correspondente estimador de Mínimos Quadrados

Generalizados (MQG). Uma alternativa para o teste assintoticamente equivalente pode ser obtido por:

$$y^* = X^*\beta + \tilde{X}\gamma + w \quad (42)$$

Em que $y^* = \sigma_v\Omega^{-1/2}y$, $X^* = \sigma_v\Omega^{-1/2}X$ e $\tilde{X} = QX$. O teste de Hausman agora é equivalente a testar se $\gamma = 0$. Esse é um teste padrão Wald para a emissão das variáveis \tilde{X} de (42).

A seguir, são apresentados os dados, com suas respectivas fontes e os tratamentos aplicados em cada um.

4.2 FONTES E TRATAMENTOS DOS DADOS

Nesta seção, são apresentados os dados e suas fontes, todas as séries utilizadas têm variação temporal de 2001 a 2012 e um universo constituído pelas 27 Unidades da Federação brasileira. Primeiramente, a variável dependente da análise, o *PIB* em valores constantes de 2000 de cada Unidade da Federação, disponibilizado pelo IBGE em sua base de dados, representa a riqueza do estado em questão.

A força de trabalho (*FORCAdeTRABALHO*), é composto pela mão-de-obra disponível para cada uma das Unidades Federativas, disponibilizada pelo IBGE.

O termo de capital foi construído através do uso da série de formação bruta de capital fixo do Brasil como um todo, rateado entre as UFs. Para isso, foi utilizada a proporção do PIB das Unidades da Federação em relação ao PIB do Brasil no ano anterior. Essas duas estatísticas utilizadas para a construção dessa série são disponibilizadas pelo IBGE. Após a construção da formação bruta de capital fixo, utilizou-se o estoque perpétuo de capital para o ano 2000, disponibilizado pela Fundação Getúlio Vargas, construindo assim, o estoque de capital disponível para as empresas privadas no período analisado (*CAPITAL*).

Representando o capital humano (*ESCOLAmedia*), foi utilizada a escolaridade média de cada Unidade da Federação, dada pelas médias de anos de estudo deles. Essa série também é disponibilizada pelo IBGE.

As informações sobre a malha rodoviária (*RODOVIA*), constituída pela extensão da malha da estrutura por unidade da Federação são disponibilizadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT).

Os dados sobre ferrovias (FERROVIA), representadas pela extensão da malha ferroviária por UF, é disponibilizada pelo anuário estatístico da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT).

A série apresentando a movimentação portuária (PORTO) por estado é disponibilizada pela Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAq). Essa estatística representa o uso das estruturas de cada estado, não sendo a capacidade da estrutura em si, porém é boa medida para captar o interesse e o esforço governamental para o desenvolvimento das movimentações portuárias.

Já as informações sobre as movimentações de passageiros nos aeroportos de cada UF (AEROpass) é disponibilizada pelo Departamento de Aviação Civil. Essa série representa a movimentação da estrutura e não a capacidade em si. Assim como a estrutura portuária, a dificuldade de mensuração da estrutura levou ao uso da movimentação no lugar da capacidade em si.

Para maiores detalhamentos, os dados estão disponíveis nos Anexos 1.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados utilizados para se efetuar a análise são séries temporais, de 2001 a 2012, das 27 Unidades da Federação brasileira, formando assim, uma análise em painel.

O modelo utilizado para embasamento teórico é o de Solow, modelagem que busca mensurar o crescimento econômico através da variação do trabalho, capital e capital humano, sendo esses variáveis de fluxo. Porém, neste trabalho são utilizadas variáveis de estoque, já que são empregadas as quantidades ofertadas de cada estrutura. Mas essa disparidade com a teoria pode ser explicada e fundamentada para melhorar o estudo feito. Se desagregarmos a variável de estoque entre um valor inicial e sua variação ao longo dos anos, temos uma *dummy* que representará o valor inicial daquela variável e a variação dela, ou seja, se transformará em uma variável de fluxo. Essa mensuração da quantidade inicial da variável é interessante para não se negligenciar o efeito de escala existente entre as Unidades da Federação brasileira, o que deve ser levado em conta, já que há grande disparidade de desenvolvimento entre algumas Unidades da Federação.

Esse efeito de escala é fundamental para a análise e para a modelagem de Solow, já que essa teoria defende que os retornos gerados pelo acréscimo de mais fatores sobre o crescimento econômico são decrescentes a escala (SOLOW, 1956). Além disso, leve-se em conta também o nível do crescimento gerado por cada fator, de forma que o acréscimo de um deles em um Estado menos desenvolvido tende a gerar retornos proporcionalmente maiores do que os gerados em outros mais avançados economicamente, por isso a análise dessa forma é pertinente para o estudo feito.

A seguir, são apresentados os resultados encontrados nas estimações das funções do modelo de Solow das Unidades da Federação, os efeitos das infraestruturas de transporte sobre o crescimento econômico delas. São apresentados também os resultados dos testes para analisar qual a forma de estimação por painel se adéqua melhor a análise pretendida, efeitos fixos, aleatórios ou *pooled*, e os testes de heterocedasticidade, autocorrelação serial e estacionariedade da função estimada.

Primeiramente, para investigar qual das estimações por painel é mais eficiente para este estudo, foram feitos os testes de Chow, Breusch-Pagan e Hausman. Os resultados dos testes são apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Testes de Adequação

Teste	χ^2	p-valor
Chow	20.08	0.0000
Breusch-Pagan	0.00	1.0000
Hausman	26.35	0.0004

Fonte: Resultados dos testes.

Através desses resultados, constata-se que a melhor forma de estimação é a de efeitos fixos, uma vez que o teste de Chow aponta que a por efeitos fixos se adéqua melhor do que o *Pooled*, o de Breusch-Pagan diz que a *Pooled* se encaixa melhor que a de efeitos aleatórios e o de Hausman indica que a estimação deve ser feita por efeitos fixos em detrimento à de efeitos aleatórios. Com esses resultados, a estimação por feitos fixos se mostra mais adequada para esta análise.

Em seguida, é necessária a análise das variáveis para investigar se as variáveis explicativas podem ser usadas para essa estimação, uma vez que a estacionariedade delas é necessária para a estimação eficaz. Para isso, são realizados os testes de Breitung e Fisher para estacionariedade. Os resultados dos testes são apresentados na Tabela 2 que vem em seguida:

Tabela 2 – Testes de Estacionariedade

Teste de Fisher		
Variável	Estatística	χ^2 invertido
logCAPITAL	20.4437	1.0000
logAEROPass	25.3769	0.9997
logPORTO	32.6486	0.8993
logFERROVIA	7.6345	1.0000
logRODOVIA	30.4407	0.9960
logPRODUTO	10.881	1.0000
Teste de Breitung		
logFORCAdeTRABALHO	9.9206	1.0000
logESCOLAmedia	8.9250	1.0000

Fonte: Resultados do teste.

Os testes apresentados são analisados não pelo seu p-valor, pois são testes baseados na análise de Dickey-Fuller, por isso, utilizam um valor obtido a partir da seguinte forma: $\rho = 1 - p$. Com essa análise, constata-se que todas as variáveis são

estacionárias a um nível a 10 % de significância. Esse resultado não é surpreendente, uma vez que a série temporal é relativamente curta, já que vai de 2001 a 2012, séries com essa extensão tendem a ser naturalmente estacionárias, mas os testes são importantes para reforçar esse ponto e permitir a continuidade da análise.

O próximo passo é a estimação da função e a análise da heterocedasticidade e autocorrelação. Os testes de autocorrelação e heterocedasticidade, teste de Wooldridge e Wald, respectivamente, apontaram para a ocorrência de ambos, o que pode ser resolvido efetuando-se o comando para correção dos erros no programa de estimação utilizado, Stata 12. Com isso, as variâncias são estimadas pelo método de *Huber-White sandwich*, ideal quando as variâncias não cumprem a hipótese de os termos serem identicamente e independentemente distribuídos (i.i.d.), fundamental para a boa estimação. Após essa correção, a regressão se torna eficiente para explicar o efeito das infraestruturas de transporte sobre o crescimento econômico médio das Unidades da Federação brasileira.

A Tabela 3 apresenta os valores dos coeficientes de cada um dos fatores utilizados para explicar o crescimento econômico das Unidades da Federação brasileira, valores que representam a elasticidade de cada variável, já que esta é uma estimação estilo *log-log*. São apresentados também os valores obtidos dos testes de heterocedasticidade e autocorrelação serial:

Tabela 3 – Resultados da Regressão

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	p-valor
logFORCAdeTRABALHO	0.4773871	0.0619922	0.000
logESCOLAmedia	0.6894272	0.0643234	0.000
logESTOQUE	0.5898766	0.0720214	0.000
logAEROpass	0.0588349	0.0111341	0.000
logPORTO	0.0205309	0.0107826	0.058
logFERROVIA	-0.3483129	0.6536043	0.595
logRODOVIA	0.0253417	0.01330954	0.057
Constante	-13.53709	12.82205	0.624
R ² Within = 0.9304	R ² Between = 0.8767	R ² Overall = 0.8949	
	Teste de Wald	F = 1301.10	Prob > F = 0.0000
	Teste de Wooldridge	F = 48.440	Prob > F = 0.0000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os valores encontrados para os R^2 apontam para a capacidade de explicação das variáveis explicativas tem para determinar o crescimento do Produto das UFs. Os valores próximos de 1,00 testemunham para o bom poder de explicação da estimação.

A análise dos valores obtidos nos chama a atenção para a não significância da variável que representa o setor ferroviário brasileiro, já que o p-valor obtido é de 0,6536043, valor bem acima dos níveis de significância usuais, que vão até 0,10. Já as demais variáveis são significantes a pelo menos 0,10 de significância, na maioria, significantes a 0,01, excetuando os setores rodoviário e portuário, que são significantes a 0,10, com p-valores de 0,057 e 0,058, respectivamente.

Feitas essas análises, podemos partir para o estudo dos valores obtidos, seguros da qualidade da estimação feita.

A elasticidade obtida da força de trabalho indica a importância desse fator, já que o aumento de 1% na disponibilidade dele aumenta o produto nas Unidades da Federação na proporção de 0,4773871%. Percebe-se a importância da escolaridade média das Unidades da Federação, já que essas, juntamente com a força de trabalho, foram os fatores que apresentaram maior elasticidade na estimação, obtendo valores de 0,6894272% e 0,5898766% respectivamente, para acréscimos de 1% no montante de cada um desses fatores.

Os termos que compõem o Capital, juntamente com o estoque de capital das empresas, os setores de infraestrutura de transporte, também tiveram elasticidades significantes, excetuando, como dito anteriormente, o setor ferroviário. Os valores de elasticidades obtidos para os setores aeroviários, portuário e rodoviários são 0,588349%, 0,205309% e 0,253417%, respectivamente, para acréscimos de 1% em cada uma das infraestruturas em questão.

Esses resultados obtidos demonstram a importância de cada um dos setores analisados, uma vez que os retornos encontrados são significantes, tanto no poder de explicação quanto nos valores obtidos, já que acréscimos em cada um deles geram crescimentos significantes.

É necessário destacar o somatório dos coeficientes, uma vez que há a crença de que o somatório deles resulta em um. Mas, como é defendido por Sagioro (2004), a soma unitária representa a participação de cada fator para determinar o crescimento econômico gerado na economia em questão, dessa forma, os valores das elasticidades obtidos, não necessariamente será unitária. A somatória obtida é 1,861398, se formos ratear de acordo com participação de cada um dos setores sobre o crescimento

econômico das Unidades da Federação, fazendo com que o valor do somatório das elasticidades encontrados na estimação se torne unitário, gerando assim, a participação de cada setor sobre o crescimento econômico das Unidades da Federação, os valores obtidos são apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 – Valores das participações de cada termo no crescimento econômico

Variável	Participação no crescimento econômico
Força de trabalho	0.256467
Escolaridade média	0.370381
Estoque de capital	0.316900
Setor aeroviário	0.031608
Setor portuário	0.011030
Setor rodoviário	0.013614

Fonte: Resultados da pesquisa.

Aplicando a somatória nos valores obtidos:

$$0,256467 + 0,370381 + 0,316900 + 0,031608 + 0,011030 + 0,013614 = 1$$

Sendo esses os valores representados pelo α apresentado na equação (17) de acordo com Sagioro (2004).

Outro fator importante para a modelagem de Solow é o termo tecnológico, representado pelo “A” na modelagem utilizada, também conhecida como resíduo de Solow, que segundo a teoria, é constituído por fatores de difícil mensuração relacionados a avanços tecnológicos e infraestruturas.

Quanto ao setor ferroviário, sua não significância pode ser surpreendente, já que esse é um dos mais importantes impulsores do crescimento econômicos de diversos países pelo mundo. Porém, a realidade desse setor nos anos analisados pode explicar a não significância para as Unidades da Federação brasileira, já que houve poucos investimentos nesse modal, observando-se o contrário, uma vez que diversos trechos foram desativados devido à deteriorações excessivas causadas pela falta de manutenção e pela inviabilidade de uso de alguns.

A conexão da malha Norte com a Centro-Sul está em andamento, talvez quando ela for concluída e a malha brasileira for mais integrada do que é hoje, ele se torne significativo para explicar o crescimento econômico médio das Unidades da Federação

brasileira. Quanto aos outros modais, os resultados vão no sentido esperado, gerando crescimento econômico para as Unidades da Federação.

Deixamos como sugestão de leitura dos textos citados neste trabalho, principalmente os de Aschauer (1989) e de Mendes (2005), já que os dois apresentam discussões que corroboram com o trabalho feito aqui, ainda mais porque o primeiro é considerado o pioneiro na análise de infraestruturas.

6. CONCLUSÃO

Há muito tempo os economistas tem ressaltado a importância das infraestruturas de transporte como propiciador de crescimento econômico, porém, estudos na área são relativamente recentes (os primeiros surgiram no final da década de 1980).

No Brasil, pesquisas sobre o assunto são escassas, e a maior parte utiliza informações referentes a valores investidos, o que deixa brecha para desvios de funções dos recursos, corrupção e ineficiência na execução da obra, assim como é destacado por Ramos e Correa (2010). O presente estudo utiliza dados de infraestrutura física, como extensão das malhas rodoviária e ferroviária, embarques e desembarques nos portos e o volume do tráfego de passageiros em aeroportos, não havendo brecha para os problemas observados na utilização de valores financeiros.

Este estudo analisa a importância das infraestruturas de transporte para o crescimento econômico brasileiro. O universo analisado é o conjunto das unidades da federação, de 2001 a 2012, fazendo uma combinação entre as análises *cross section* e temporal, gerando uma análise por painel. O Produto utilizado é representado pelo PIB de cada Unidade da Federação a preços constantes de 2000, obtido através do IBGE, órgão que forneceu também os dados referentes à educação, representado pela média dos anos de estudo, o trabalho representado pela oferta de força de trabalho e o estoque de capital das empresas das Unidades da Federação.

Para representar o modal rodoviário, utiliza-se a extensão da malha rodoviária por UF, fornecido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre. Do setor ferroviário, adotou-se a série de dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres, sobre a extensão da malha ferroviária por estado. Para o setor aeroviário, é utilizado o total de passageiros transportados pelos aeroportos de cada unidade da federação, dados ofertados pelo Departamento de Aviação Civil. Já o aquaviário, representado pelos portos dos estados brasileiros, analisa o total de carga embarcada e desembarcada nos portos dos estados brasileiros, informações obtidas através da Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

No que tange às estruturas, nos últimos anos, o Governo Federal vem implementando diversos planos para expansão das infraestruturas de transporte, principalmente através do PAC e PAC 2, os Planos de Aceleração do Crescimento. No setor rodoviário, já é possível se observar algumas melhorias na qualidade das vias decorrentes das obras feitas pelos Programas Governamentais, o que reforça a grande preferência por essa estrutura ainda permanece, mas como foi observado neste trabalho,

ela ainda apresenta retornos positivos, então, todo investimento realizado no setor, é bem vindo.

Assim como as demais expansões que vem ocorrendo no país, tais como as observadas nos portos e aeroportos do país são de suma importância para a evolução econômica do país e também para a superação dos gargalos econômicos, tais como os do setor ferroviário, o qual não foi considerado significativo para explicar o crescimento econômico médio das Unidades da Federação brasileira, mas como foi destacado no trabalho, um dos fatores que podem ter gerado a não significância desse setor foi a falta de atenção despendida com as ferrovias brasileiras. A diferença das bitolas das estruturas pelo Brasil é outro fator que impossibilita a plena integração, em algumas localidades, a distância entre os trilhos varia entre um metro e 1,2 metros. Essa diferença impede que uma locomotiva transite de uma estrutura para outra, exigindo a troca de veículos, o que despence tempo e trabalho consideráveis. A padronização dessas bitolas demanda obras que requerem elevados custos e esforços, o que faz com que os Governos de todas as esferas deem preferência para os outros modais, não desenvolvendo este que é o que mais gerou crescimento econômico mundo a fora.

Porém, apesar dos recentes investimentos nos setores de infraestrutura brasileiros, diversos problemas ainda testemunham para falta de integração entre as infraestrutura de transporte do país, já que a estrutura ferroviária é considerada a melhor quando se trata do escoamento da produção para exportação, como é defendido por diversos trabalhos utilizados para desenvolver deste, ligando o produtor aos portos, através dos quais é feito o escoamento para os países parceiros do Brasil.

As filas de caminhões em portos se devem à estrutura atrasada, o que faz com que o embarque das mercadorias seja mais lento do que o ideal, e também a baixa capacidade de armazenagem dos portos, devido à pequena capacidade dos pátios e dos armazéns. A análise feita por este trabalho trata da movimentação dos portos, de forma que o aumento da estatística “PORTO” usado na estimação vem através do aumento do incentivo para uso da estrutura, principalmente através de uma maior e melhor oferta da estrutura.

A análise econométrica apontou para a significância estatística dos modais aquaviário, aeroviário e rodoviário para a explicação do crescimento econômico dos estados brasileiros, todos esses, a pelo menos 10% de grau de significância. Os setores aquaviário e aeroviário são representados pela quantidade utilizada deles, o que muda um pouco a análise, não sendo dado diretamente pelo aumento da oferta da estrutura,

como no rodoviário e ferroviário, mas sim pelo aumento do incentivo para o uso deles, o que pode ser dado através do aumento da infraestrutura em si, mas também pela melhoria dela, subsídios para o uso e outras medidas. No setor rodoviário, o aumento da estrutura disponível também se mostrou importante para explicar o crescimento econômico das Unidades da Federação, reforçando a importância da estrutura de transporte mais presente no país.

A Produtividade Total dos Fatores (PTF), conhecido como Resíduo de Solow, não foi utilizado como um termo independente, devido à correlação que geraria com outros termos da regressão, já que é constituído fundamentalmente por resíduos não observados, derivados das infraestruturas e da tecnologia, termos que são levados em conta na regressão. Porém este trabalho sugere que se interprete o erro da regressão realizada como sendo o Resíduo de Solow, assim como é feito por Mendes (2005), já que sua interpretação teórica se aproxima da que é feita do termo de erro da estimação feita, porém normalizada para correção da heterocedasticidade.

Como foi citado, o trabalho de Mendes (2005) estimou o resíduo de Solow e o relacionou com os termos de infraestrutura de transporte e alguns outros relacionados à atividade da agricultura. Porém esse trabalho objetiva analisar o efeito gerado por essas infraestruturas sobre o termo tecnológico, ou Resíduo de Solow, e não sobre o produto em si, não sendo possível constatar-se a elasticidade de cada um deles, como é obtido aqui, já que os objetivos analisados por cada trabalho são diferentes.

Ressalta-se que o objetivo principal deste trabalho é a análise dos termos de infraestrutura, obtendo-se os valores das elasticidades de cada termo, utilizando o modelo de Solow como um meio válido para essa análise, pois é uma teoria de crescimento econômico que seu sucesso precede seu nome.

O uso de um modelo de crescimento, e não a simples regressão das variáveis de infraestrutura sobre o PIB, é interessante para não gerar questionamento sobre a existência de regressão espúria, já que há um apoio teórico. Dessa forma, este trabalho não objetiva testar a validade do modelo de Solow, pelo contrário, já se apóia na veracidade dele.

Quanto aos estágios dos retornos gerados, todos os fatores empregados, com exceção das ferrovias, apresentaram retornos positivos. Isso é constatado pelas características da estimação, já que a forma utilizada, *log-log*, apresenta o valor da elasticidade do fator. Todas as estatísticas significativas apresentaram retornos

positivos, o que mostra que o aumento da estrutura e da utilização delas gera crescimento econômico, mas gradativamente decrescentes, como é defendido pelo modelo de Solow.

Outro fato observado pela análise foi a grande concentração das estruturas nas regiões mais ricas do país, o que faz todo o sentido, mas nos gera alguns questionamentos: haveria toda essa desigualdade no nível de desenvolvimento das regiões se todas as regiões do país tivessem estruturas mais parelhas? Será que a ampliação das estruturas de transporte é uma via de diminuir a grande diferença no desenvolvimento social do Brasil? Não seria esse um meio válido de luta contra a desigualdade social? Esses questionamentos podem ficar como sugestão para trabalhos futuros.

Este trabalho mostra também a importância do capital humano, através do aumento da escolaridade média, já que foi uma importante estatística geradora de crescimento econômico das Unidades da Federação brasileira. Reforça-se, mais uma vez, a importância da educação para o desenvolvimento de um país. Este estudo analisou a importância das infraestruturas de transporte, constatando a importância deles, porém os efeitos gerados pelo desenvolvimento educacional devem ser enaltecidos e incentivados.

As obras feitas pelo Governo Federal nos últimos anos, aliados ao investimento privado e o desenvolvimento educacional, se mostraram bem efetivas no crescimento econômico das UFs, porém ainda falta muito para que o cenário de ineficiência logística seja superado. Obras como a ligação da malha ferroviária do Norte/Nordeste à da região Centro/Sul devem ser ampliadas, apesar da não significância das ferrovias para explicar o crescimento econômico, porém como foi exposto, ela se deve a defasagem e as dificuldades operacionais presentes na atual estrutura ferroviária. As experiências obtidas em outros países e com as demais estruturas no próprio Brasil, apontam que a estruturação adequada do modal, geraria bons retornos econômicos e ganhos de logística.

Este estudo demonstrou então, a importância do desenvolvimento de todas as infraestruturas de transporte para o crescimento econômico médio das Unidades da Federação, já que a ampliação da estrutura gerou bons retornos econômicos para esses.

Porém é importante ressaltar as limitações desse trabalho, já que a fonte dos dados é limitada, tanto no que tange à disponibilidade em si, quanto à periodicidade deles.

Essa limitação nos deixa outras sugestões para trabalhos futuros, quando mais dados forem disponibilizados e a série estatística for maior, aumentando o poder de explicação da regressão, uma revisão deste estudo é interessante.

Outra sugestão interessante é a inserção de outras variáveis de infraestrutura na análise, ou utilizando-se um tipo de infraestrutura diferente (energética, comunicação, entre outros), ou de todos os tipos existentes, testando a importância da infraestrutura como um todo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, H. C. A. da G. *Análise dos custos de transporte da soja brasileira*. Tese de Mestrado (Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia. 138p. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. *Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo*. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/estatistica/anuarios.asp>>, acessado em: 13 de Fevereiro de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAq. *Estatísticas – Anuários*. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/Estatisticas_Anuarios.asp> acessado em: 13 de Fevereiro de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. *Relatórios Anuais*. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/36438/Relatorios_Anuais.html>, acessado em: 13 de Fevereiro de 2015.

ALMEIDA, Cristiano Farias. *Elaboração de rede de transporte multimodal de carga para a região amazônica sob o enfoque de desenvolvimento econômico*. Tese, Universidade de Brasília. Junho, 2008.

ANAS, A. *Capitalization of Urban Travel Improvements into Residential and Commercial Real Estate: Simulations with a Unified Model of Housing, Travel Mode and Shopping Choices*. *Journal of Regional Science*, Vol. 35, No. 3, 1995. 351-375 p.

ANDRADE, Maurício Oliveira de; MAIA, Maria Leonor Alves. *Alcance e limitações das infraestruturas rodoviárias para o desenvolvimento regional*. Anais: Encontros Nacionais da associação nacional de pós-graduação e pesquisa em planejamento urbano e regional (ANPUR) 15, 2013.

ARAÚJO, Maria da Piedade. *Infra-estrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional*. Tese, Universidade de São Paulo, 2006.

ASCHAUER, David Alan. *Does public capital crowd out private capital?*. *Journal of monetary economics* 24.2. 1989, 171-188 p.

BANISTER, D. *Transport policy and the environment*. New York. Routledge. editor, 1998.

BANISTER, David e BERECHMAN Joseph. *Transport Investment and Economic Development*. UCL, Londres, 2000.

BAUM-SNOW, Nathaniel. *Changes in transportation infrastructure and commuting patterns in US metropolitan areas, 1960–2000*. *The American Economic Review*. 2010, 378-382 p.

BERNARD, Andrew B; GARCIA, Márcio G. P. *Provisão pública e privada de infraestrutura e desenvolvimento econômico*. *Revista Nova Economia*. v. 7. n. 2. Belo Horizonte, 1997.

COELI, C.C. de M. *Análise da demanda por transporte ferroviário: o caso do transporte de grãos e farelo de soja na Ferronorte*. Tese de Mestrado (Administração) - Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro. 136 f. 2004.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). *O sistema ferroviário brasileiro*, 2013.

CORREA, Vivian Helena Capacle; RAMOS, Pedro. *A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste; situação e perspectivas*. Rev. Econ. Sociol. Rural. Volume 48, 91-102 p. 2010.

CRUZ, Aline Cristina. *Os efeitos dos Gastos Públicos em Infraestrutura e em Capital Humano no Crescimento Econômico e na Redução da Pobreza no Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Dezembro de 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. *Histórico – PNV/SNV*. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/pnv-1994-2009>>, acessado em: 13 de Fevereiro de 2015.

GALVÃO, Olímpio Arroxelas. *Desenvolvimento dos Transportes e Integração Regional do Brasil*. Uma Perspectiva Histórica, Planejamento e Políticas Públicas, No. 13, Junho de 1996 IPEA, 1996.

HARRIS, R. D. F.; TZAVALLIS, E. *Inference for unit roots in dynamic panels where the time dimension is fixed*. Journal of Econometrics, n.91, 1999. 201-226 p.

HAUSMAN, J. A. *Specification Test in Econometrics*. Econometrica 46, 1978. 1251-1272 p.

HONDA, Y. *Testing the Error Components Model With Non-normal Disturbance*. Review of Economic Studies 52, 1985. 681-690 p.

HORST, Toni e MOORE, Anne. *Industrial Diversity, Economic Development and Highway Investment in Louisiana*. Transportation Research Record #1839, 2003.

INADA, Kenichi. *Some Structural Characteristics of Tunpike Theorems*. Review of Economic Studies 31, January, 1964. 43-58 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/pnadpb.asp?o=3&i=P>>, acessado em: 13/02/2015, às 09:17.

INSTITUTO DE PESQUISA EM ECONOMIA APLICADA (IPEA), 2010.

JONES, Charles I. *Introdução à teoria do crescimento econômico*; tradução de Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

LACERDA, Leonardo; RIBEIRO, Aline. *Formas de remuneração de provedores de serviços logísticos*. In: Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento do fluxo de produtos e dos recursos. São Paulo: Atlas, 2003.

MALLON, R.D. *Transport and Economic Development*. Economic Digest. Summer. Retrieved January 1, 2011, 1960.

MANKIW, N. Gregory; ROMER, David; WEIL, David N. *A Contribution to the Empirics of Economic Growth*. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 107, No. 2, 1992. 407-437 p.

MENDES, Sérgio Magno. *Relação entre investimentos em infra-estrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira, 1985-2004*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Dezembro de 2005.

MENDES, Giovanna Miranda; TEIXEIRA, Erly Cardoso; SALVATO, Márcio Antônio. *Produtividade Total Dos Fatores e Crescimento Econômico Na Agropecuária Brasileira: 1970-2006*. ANPEC. 2009.

MOULTON, Brent R.; RANDOLPH, Willian C. *Alternative Tests of the Error Components Model*. *Econometrica* 57. Maio de 1989, 685-693 p.

MUNNEL, A. H. *How Does Public Infrastructure Affects Regional Economic Performance?*. *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, Sep./Oct. 1990.

MUNNEL, A. H. *Infrastructure Investment and Economic Growth*. *The Journal of Economic Perspectives*, 6, No. 4. 1992.

OLIVEIRA, Alessandro V.M. .TUROLLA, Frederico Araújo. *Transport infrastructure financing*. *Journal of Transport Literature*. Vol. 7. n. 1. jan, 2013. 103-126 p.

OZBAY, Kaan. *Contribution of transportation investments to county output*. disponível em: <www.elsevier.com/locate/tranpol> acessado às 12:02 de 20/06/2014, 2007.

PEREIRA, C. M.; ARAÚJO. J.T. *Crescimento econômico: uma resenha da literatura*. In: FONTES, R. *Estabilização e crescimento*, Viçosa: UFV, 1997. Cap.6, p.113-143.

PEREIRA, Márcia de Andrade; LENDZION, Eloá. *Apostila de Sistemas de Transporte*. Setor de Tecnologia UFPR, 2013.

QUEIROZ, Cesar A.V.; GAUTAM, Surhid. *Road infrastructure and economic development: some diagnostic indicators*. Vol. 921. World Bank Publications, 1992.

REPHANN, Terance J. *A Study of the Relationship Between Highways and Regional Economic Growth and Development using Quasi-Experimental Control Group Methods*. Dissertação de Ph.D. West Virginia University, 1993.

ROSTOW, W. W. *The stages of economic growth*. London and New York: Cambridge Univ. Press. 1960.

SAGIORO, Ricardo. *Conhecimento, inovação e crescimento econômico - uma aplicação do modelo de Solow no Brasil*. Anais do II Encontro Científico da Campanha Nacional das Escolas da Comunidade. Varginha, 2004.

SILVA, Priscila Kalinke da. *A evolução das modernas teorias do crescimento econômico*. A Economia em Revista. Volume 16. Julho, 2008.

SILVA, G.J.C.; JAYME, F.G, JÚNIOR; MARTINS, R.S. *Gastos Públicos com infraestrutura de transporte e crescimento : Uma análise dos estados brasileiros de 1986-2003*. Revista de Economia & Tecnologia, Campinas, ano 5. N.16, 2009. 53-66 p.

SINGRU, Narendra. *Socioeconomic Effects of Road Improvements, Program Evaluation for the Transport Sector in India*. Asian Development Bank, 2007.

SOLOW, R. *A Contribution to the theory of economic growth*. *Quarterly Journal of Economics*, n. 70, 1956. 65-94 p.

TADEU, Hugo Ferreira Braga; SILVA, Jersone Tasso Moreira. *Infraestrutura aeroportuária nacional: análise dos processos críticos a partir da simulação de Monte Carlo*. UNI 1, 2013. 15-30 p.

TORRES, C. L. *O intermodal a passos largos*. Valor Setorial Ferrovias, São Paulo, 8-10 p. Setembro. 2006.

WEISBROD, Glen. *Models to predict the economic development impact of transportation projects: historical experience and new applications*. *Annals of Regional Science*, 2008.

WEISBROD, Glen e RENO, Arlee. *Economic Impact of Public Transportation Investment*. TCRP Project J-11, Task 7, American Public Transportation Association, 2009.

WINSTON, Clifford M. *Efficient Transportation Infrastructure Policy*. *Journal of Economic Perspectives*, Winter, 5, 1991. 113-127.

WOOLDRIDGE, J.M. *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

8. ANEXO 1 - Tabelas de dados

Tabela 5 - Estoque de Capital (em milhares), por Unidade da Federação

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	43113.9202	45157.8594	46394.26867	46773.90207	49158.44923	50926.83907	50162.54903	53682.79248	55518.94955	57605.94813	57401.24797	54755.44957
AL	155476.8785	154860.7116	158705.5518	158653.2427	160818.9911	160625.7195	163396.8413	165817.1904	160671.2446	165608.8834	166415.6433	177697.6244
AP	47171.60014	51119.30175	53237.19952	48604.45444	47983.36495	49544.70928	54576.33557	56120.95803	55805.41391	57745.9604	55975.44551	55836.75476
AM	335214.5962	329317.3983	352449.7663	353513.1115	378187.0343	378886.7663	406280.1034	391619.3577	386255.2852	386935.7068	404813.3072	401934.8191
BA	931073.9031	932211.1271	981305.0314	964514.032	986623.7682	1032861.339	1001469.424	1021858.543	1002353.011	1069029.241	1045162.449	995373.8834
CE	452438.8801	447584.1068	467366.3021	460913.4929	459934.9652	465032.381	480426.4368	469044.1319	495776.0694	512415.9038	527288.8836	547796.2833
DF	930106.8287	940010.9299	907974.4987	893152.002	882337.4185	914797.9886	929958.5986	931405.0934	969890.3859	1025453.743	1015135.356	1024098.541
ES	465276.383	443951.8778	432751.7571	439658.7426	501742.8011	536457.6886	547603.7382	562313.9154	576383.2101	520676.8837	556112.4974	608258.9557
GO	525324.5915	545763.9822	605165.505	606282.6708	599098.0785	574080.7134	592006.8161	607701.0937	620937.4095	667704.0011	660764.5198	692780.2031
MA	238334.2917	244832.9422	249868.1342	261602.4437	269533.6266	287805.8836	296954.9635	294540.3092	317484.177	310821.9373	306464.1145	324927.9404
MT	297605.5224	297564.9201	338700.2421	394720.7046	461118.288	425620.3367	365822.2775	397806.3289	440403.2848	446830.6685	403599.1122	444661.4998
MS	226556.0094	239939.5917	245093.0904	272789.067	263303.1374	245957.912	252557.2542	262066.8536	273405.7766	283630.4868	294669.4315	306592.0967
MG	2013564.318	2030875.4	2066741.719	2106355.77	2212262.743	2188419.45	2228221.925	2248638.592	2330609.666	2238706.228	2379480.618	2404281.923
PA	381253.4223	407240.8146	415009.8874	421129.7193	443673.7092	444423.7451	460366.249	461362.9478	482739.4684	455469.0031	527168.2222	550213.0408
PB	186873.4479	197924.8033	201105.656	200382.1876	187415.9185	191631.0166	207008.7721	206900.7432	211980.3271	223972.973	216339.0368	220680.3642
PR	1383520.896	1394112.656	1429894.077	1549220.638	1527454.458	1439073.514	1417471.918	1505800.369	1478802.985	1481724.869	1471441.864	1490340.522
PE	539535.5293	551800.4386	570155.1556	556349.8592	549069.7064	567120.7315	575782.0358	580168.1339	581090.5896	611653.1543	644585.2293	649977.743
PI	121333.9614	118089.5514	120093.5528	124225.4488	122471.2784	126429.8901	132689.219	131733.8463	138261.1818	148433.5168	149386.9624	153207.0508
RJ	2796927.29	2774947.946	2771766.796	2661060.189	2781409.945	2806167.207	2856710.525	2765614.183	2831025.536	2759853.975	2756953.445	2878846.494
RN	182515.6791	188708.6784	197282.9623	191285.2104	194378.0909	203001.1793	213268.4976	213646.0418	210205.1327	217627.7257	218992.4725	224785.7341
RS	1637366.402	1684138.663	1706141.418	1762830.035	1719543.21	1638346.804	1627188.534	1645896.819	1645695.85	1683497.016	1709761.222	1641434.116
RO	119000.6744	119478.8095	125831.6056	138007.7138	140482.3991	146365.2809	135998.823	139812.2588	147562.5362	157819.6955	159547.9273	173332.0639
RR	35556.3933	37093.34446	37404.68723	38738.03418	35070.36361	36117.32077	37975.90865	38847.66451	40333.50215	43622.97914	42937.27288	43279.49515
SC	866805.862	889380.7812	901405.9042	946137.3295	965536.7753	969209.4926	966462.383	974993.6546	1016997.563	1012343.731	1032579.639	1052536.088
SP	8488784.629	8455856.387	8276805.325	8206833.875	8027998.759	8258680.268	8328100.062	8413153.69	8274213.276	8456745.377	8448467.983	8402039.11
SE	130881.7642	146300.1238	152915.97	153902.2701	151797.9888	152538.2936	156924.8173	157452.946	161289.4661	154161.3741	162063.7289	163119.6287
TO	73482.67614	88362.20402	90690.28793	102487.2041	103272.0814	102933.8804	99655.3428	103386.8925	107986.0524	113640.3672	116746.7173	112439.9251

Fonte: Elaboração própria através de dados da Fundação Getúlio Vargas e do IBGE

Tabela 6 – Extensão das linhas férreas, por Unidade da Federação

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AL	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872	307.5872
AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BA	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972	1756.972
CE	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283	1111.283
DF	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682	18.20682
ES	412.2348	412.2348	412.2348	412.2348	413.887	413.887	413.887	413.887	413.887	413.887	413.887	409.8744
GO	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262	591.7262
MA	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949	1333.949
MG	4318.333	4318.333	4318.333	4318.333	4323.681	4323.681	4323.681	4323.681	4323.681	4323.681	4323.681	4310.694
MS	1736.214	1736.214	1736.214	1736.214	1728.863	1728.863	1725.187	1725.187	1725.187	1725.187	1683.695	1683.695
MT	41.51296	41.51296	41.51296	41.51296	40.86432	40.86432	40.54	40.54	40.54	40.54	199.0319	199.0319
PA	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594	239.1594
PB	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686	679.6686
PE	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768	997.1768
PI	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054	248.054
PR	2239.116	2239.116	2239.116	2239.116	2280.352	2280.352	2280.352	2280.352	2280.352	2280.352	2280.352	2280.352
RJ	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788	1200.788
RN	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201	367.1201
RO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RS	3593.435	3593.435	3593.435	3593.435	3652.343	3652.343	3652.343	3652.343	3652.343	3652.343	3652.343	3652.343
SC	1165.449	1165.449	1165.449	1165.449	1194.903	1194.903	1194.903	1194.903	1194.903	1194.903	1194.903	1194.903
SE	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116	291.3116
SP	4777.108	4777.108	4777.108	4777.108	4777.108	4777.108	4777.108	4777.108	4777.108	4777.108	4825.608	4825.608
TO	30	30	30	30	30	30	176	329	329	535	535	535

Fonte: Agência Nacional de Transporte Terrestre

Tabela 7 – Embarques e desembarque de mercadorias nos portos, por Unidade da Federação

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AL	3362474	3655710	3831402	4386000	4453393	4467541	4120275	4779581	3783107	3993992	4178400	4020939
AM	9433862	10845977	11237170	12935000	12888032	12971070	11800925	16265750	16684858	21145466	21635610	21737026
AP	701355	476118	1081640	1541000	1524345	1584578	1368049	1509223	3288292	5328684	6769994	7786659
BA	23306764	24032484	23011544	30417000	32408420	31701828	34205140	38961074	29932512	35518838	36886004	39053518
CE	3457155	3999506	3763302	4092000	4368916	5286810	5483659	5203929	5509687	7914498	8059779	8787736
DF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	107002102	120334551	123836766	133710000	145960202	135550794	155177262	133273088	132027898	164290150	169773469	167059026
GO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA	63599158	64941689	68475600	76957000	85900390	93833730	98808524	105186940	105025622	118059828	128892591	133507952
MG	59076	77184	72500	99000	153080	85706	0	0	0	0	0	0
MS	1541811	2020979	2581033	2575000	2439855	3215517	2455662	4294873	2774024	3933839	5485043	4366139
MT	90252	157763	150266	155000	153080	211307	145157	49507	11948	0	0	0
PA	25050558	21511223	28073066	32967000	33619016	40926462	41056460	43127028	39677622	45278950	49342879	47218086
PB	736436	930264	872728	963000	800817	946039	942842	888276	1272538	1371419	1754942	1907438
PE	6996523	5755869	5519158	6145000	6743049	7514286	8873966	10640175	9340044	10850635	13002869	12715707
PI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PR	28800490	28486152	33525430	32567000	30170262	32564158	38225462	34287794	32147384	36290772	40214317	43265260
RJ	73506256	71631702	80385198	88621000	97386836	111799052	135275622	135240178	140209762	152566760	161459243	165534070
RN	9802657	9190669	8748240	4507000	4562646	7875660	6534376	6978019	6709344	6176786	5962231	5568640
RO	2681521	2355294	2225936	294400	3145097	3041474	3611416	2891656	3516069	4351223	3828213	5175273
RR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RS	28997298	28250308	33291576	32590000	29425098	35601492	42419800	39296464	40285234	42696120	45368769	42412390
SC	17895540	20001205	21210916	22830000	24998962	25519524	25876394	25670624	24523280	15055506	33142706	36589766
SE	2693501	2886743	2657452	2771000	2958106	3741721	3888746	3786187	3777748	4231384	4103050	4582192
SP	96492100	107661336	113883838	121541000	121817192	126462690	134417780	135442230	132434174	141497712	146195170	152477660
TO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Agência Nacional de Transporte Aquaviário

Tabela 8 – Anos de estudo médio, por Unidade da Federação

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	7.134831	7.395833	7.427807	6.116987	6.815287	7.050147	7.635542	7.881159	8.084722	8.008978	7.934066	7.859973
AL	4.813612	4.887931	5.507258	5.392375	5.68646	6.036594	6.383358	6.561602	6.915385	7.043178	7.176336	7.315205
AM	9.295455	8.310345	8.594388	8.360759	8.795455	8.822835	9.087542	9.442368	9.270764	9.428926	9.585526	9.740589
AP	8.116461	8.3	8.666186	8.010161	8.153135	8.534993	8.574983	8.69016	8.80493	8.64853	8.493357	8.339398
BA	5.593527	5.892427	6.05619	6.239928	6.53994	6.814314	6.960564	7.227012	7.449657	7.629967	7.8148	8.004326
CE	5.646566	6.119592	6.232391	6.512301	6.624755	6.958648	7.211833	7.402561	7.553989	7.71959	7.894833	8.080585
DF	9.510648	9.926774	10.12182	10.23228	10.4487	10.70696	10.85198	10.94375	11.20578	11.3263	11.44255	11.55474
ES	7.561698	7.710787	7.819771	8.27462	8.487712	8.498652	8.716757	8.630965	8.961677	9.178782	9.393785	9.606717
GO	7.168993	7.330251	7.696196	7.836026	8.050253	8.317487	8.480909	8.673538	8.782135	9.008328	9.237391	9.469377
MA	4.960777	5.204268	5.532049	5.947633	5.704268	6.064638	6.571451	6.849146	7.304405	7.259021	7.215289	7.173119
MG	6.896205	7.408923	7.525492	7.671751	7.724338	7.862558	7.794831	8.467742	8.585637	8.847152	9.104796	9.358654
MS	7.45446	7.800086	7.828339	7.785169	8.081433	8.253532	8.413766	8.560241	8.708894	9.023134	9.336438	9.64881
MT	7.312466	7.510408	7.683601	7.909637	8.035327	8.188036	8.44157	8.560994	8.719289	8.836878	8.958322	9.083812
PA	7.063555	7.302233	7.363248	6.361941	6.613889	6.90023	7.153616	7.394539	7.619226	7.657866	7.694488	7.729247
PB	5.533469	5.588127	6.038829	6.044595	6.327674	6.429001	6.828098	7.294118	7.368897	7.719154	8.038779	8.331621
PE	7.769072	8.125496	8.317112	8.503453	8.648128	8.859774	9.024465	9.348801	9.41592	9.483713	9.550836	9.617298
PI	6.199411	6.414707	6.507558	6.864604	6.977007	7.184537	7.292039	7.670611	7.976721	8.149634	8.333638	8.529836
PR	4.872449	4.921257	5.117925	5.418935	5.499696	5.9375	6.139464	6.362099	6.563276	6.663344	6.764671	6.867279
RJ	8.849748	9.033474	9.256139	9.411395	9.508381	9.822719	9.956941	10.04544	10.16794	10.24429	10.32093	10.39785
RN	6.540303	6.672886	6.809886	6.873887	7.177918	7.422842	7.467356	7.60988	7.767485	8.03427	8.317383	8.618368
RO	7.840761	8.035165	8.173869	8.430093	8.495831	8.719311	8.759265	9.046146	9.169766	9.243455	9.317669	9.392415
RR	7.194511	7.586538	7.570084	7.183569	7.047468	7.27871	7.736742	7.64472	8.176608	8.260373	8.34901	8.442957
RS	7.094262	7.564815	8.172794	7.703593	7.733333	7.925	8.295045	8.891509	9.214286	9.272234	9.32377	9.369903
SC	8.185386	8.234528	8.591067	8.701003	9.045319	9.143712	9.287931	9.640286	9.775341	9.971014	10.17584	10.39048
SE	8.954392	9.163968	9.396073	9.533021	9.67363	9.898995	10.01067	10.14689	10.34619	10.48219	10.61768	10.75267
SP	6.111045	6.320838	6.725427	7.017034	6.810244	7.016765	7.648863	7.943114	7.947719	8.007648	8.068269	8.129594
TO	6.125	6.315665	6.754917	6.956681	7.130403	7.356125	7.81339	8.051383	8.376933	8.397184	8.418109	8.439743

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

Tabela 9 – Embarque de passageiros no sistema aeroviário, por Unidade da Federação

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	107,637.00	97,182.00	69,345.00	93,239.00	126,578.00	156,119.00	180,935.00	175,538.00	208,530.50	23,672.00	255,954.00	227,673.00
AL	274,257.00	237,872.00	222,712.00	282,004.00	342,017.00	416,433.00	446,078.00	450,378.00	547,565.50	701,480.50	766,734.00	851,670.50
AM	676,608.00	657,873.00	650,284.00	684,808.00	806,774.00	1,710,159.00	1,065,849.00	1,167,533.00	1,099,694.00	1,297,008.00	1,475,306.00	1,510,894.00
AP	108,879.00	145,220.00	151,347.00	176,481.00	199,434.00	232,669.00	248,567.00	246,302.00	232,942.50	268,724.00	277,727.50	284,728.50
BA	2,027,328.00	1,967,985.00	1,788,757.00	2,074,575.00	2,404,917.00	2,959,595.00	3,079,691.00	3,285,790.00	3,531,202.50	3,855,439.00	4,245,160.00	4,497,122.50
CE	879,011.00	852,337.00	752,356.00	939,125.00	1,159,774.00	1,455,786.00	1,545,428.00	1,631,850.00	2,108,883.50	2,534,160.00	2,871,320.00	3,099,743.00
DF	2,673,141.00	2,881,700.00	2,959,947.00	3,129,107.00	3,650,790.00	4,047,398.00	4,580,959.00	5,305,421.00	6,025,165.00	7,071,152.00	7,505,676.00	7,737,355.50
ES	473,537.00	606,387.00	562,919.00	555,128.00	709,383.00	781,669.00	895,064.00	935,628.00	1,168,263.50	1,319,412.00	1,587,693.00	1,818,476.00
GO	474,174.00	436,508.00	428,127.00	424,814.00	564,341.00	715,052.00	707,200.00	762,531.00	834,462.00	1,097,467.00	1,326,553.50	1,467,114.00
MA	234,803.00	213,792.00	196,885.00	299,146.00	727,809.00	398,438.00	513,653.00	488,284.00	581,528.00	794,517.50	1,049,328.50	1,148,118.50
MG	1,728,980.00	1,865,118.00	1,816,413.00	1,971,542.00	2,409,980.00	2,543,962.00	2,818,118.00	3,038,685.00	3,269,390.50	4,248,102.50	5,497,061.50	5,888,883.50
MS	226,111.00	282,004.00	235,323.00	287,779.00	340,191.00	357,609.00	373,868.00	435,652.00	519,089.50	607,059.50	756,261.00	830,582.00
MT	272,105.00	345,799.00	306,471.00	334,280.00	46,725.00	455,863.00	611,080.00	746,564.00	817,593.00	1,046,071.50	1,255,317.00	1,350,929.50
PA	787,681.00	766,215.00	761,513.00	837,896.00	951,022.00	307,859.00	1,341,748.00	1,389,963.00	1,421,273.00	1,661,011.00	1,957,565.00	2,182,094.50
PB	126,262.00	115,475.00	99,212.00	118,631.00	189,092.00	256,688.00	265,456.00	249,184.00	338,840.00	518,220.00	621,682.00	625,091.00
PE	1,266,009.00	1,293,732.00	1,191,726.00	1,365,494.00	1,604,032.00	1,863,056.00	1,936,739.00	2,188,404.00	2,617,969.00	2,995,552.00	3,244,865.00	3,377,313.00
PI	126,977.00	114,799.00	83,491.00	108,979.00	149,847.00	189,498.00	233,482.00	218,846.00	272,580.00	390,341.00	531,480.00	514,392.00
PR	1,845,214.00	1,750,200.00	1,652,609.00	1,922,939.00	2,366,646.00	2,417,704.00	2,585,103.00	2,825,984.00	3,152,280.50	3,875,810.50	4,888,285.50	4,908,723.50
RJ	4,090,968.00	4,219,715.00	3,950,960.00	4,164,209.00	4,786,599.00	5,140,556.00	5,792,803.00	6,411,067.00	7,342,996.00	8,704,855.50	10,082,747.00	11,330,321.00
RN	436,886.00	365,043.00	327,125.00	398,828.00	493,286.00	573,848.00	636,117.00	722,800.00	882,134.00	1,147,763.00	1,229,199.00	1,274,734.50
RO	119,489.00	99,486.00	84,181.00	111,197.00	157,672.00	201,595.00	229,748.00	269,701.00	280,590.00	358,284.00	491,799.00	525,228.00
RR	46,830.00	44,198.00	32,589.00	50,997.00	65,722.00	71,519.00	109,998.00	95,379.00	-	-	-	-
RS	1,348,725.00	1,366,927.00	1,308,312.00	1,395,342.00	1,652,103.00	1,812,422.00	2,011,866.00	2,298,116.00	2,627,787.00	3,113,070.50	3,629,733.00	3,798,210.00
SC	841,627.00	831,331.00	813,121.00	933,416.00	1,127,831.00	1,128,130.00	1,236,406.00	1,299,858.00	1,389,965.00	1,804,813.00	2,267,105.50	2,437,973.50
SE	151,580.00	145,336.00	118,911.00	136,381.00	225,564.00	285,548.00	319,972.00	312,846.00	362,380.00	469,123.50	545,406.50	685,343.50
SP	9,422,864.00	9,282,973.00	8,538,600.00	9,338,813.00	11,562,577.00	12,526,337.00	12,594,520.00	13,274,203.00	6,830,973.50	7,740,583.00	8,446,531.50	8,441,915.00
TO	59,835.00	53,034.00	56,480.00	77,394.00	99,821.00	97,223.00	101,212.00	125,075.00	143,742.00	185,026.50	246,857.00	285,442.50

Fonte: Departamento de Aviação Civil

Tabela 10 – Mão-de-obra disponível, por Unidade da Federação (em milhares)

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	305	317	335	493	508	531	543	567	575	591.5	608	616.25
AL	2248	2278	2287	2338	2383	2441	2520	2474	2586	2607	2628	2638.5
AM	364	361	382	435	457	486	495	514	531	550.5	570	579.75
AP	1710	1751	1822	2407	2470	2580	2628	2707	2798	2830	2862	2878
BA	10546	10708	10850	11010	11101	11298	11452	11649	11754	11841	11928	11971.5
CE	6002	6126	6289	6423	6586	6730	6859	7033	7089	7242	7395	7471.5
DF	1740	1800	1871	1917	1973	2046	2094	2159	2206	2245.5	2285	2304.75
ES	2560	2681	2730	2755	2794	2872	2920	2971	3008	3054.5	3101	3124.25
GO	4235	4356	4461	4571	4678	4827	4933	5009	5104	5205	5306	5356.5
MA	4464	4636	4739	4787	4893	4995	5098	5176	5308	5365	5422	5450.5
MG	2084	2143	2188	2267	2361	2400	2436	2528	2546	2608	2670	2701
MS	1745	1817	1857	1876	1919	1975	2016	2039	2063	2109.5	2156	2179.25
MT	14949	15257	15488	15700	15997	16207	16417	16701	16981	17142.5	17304	17384.75
PA	3369	3466	3582	5386	5506	5665	5843	5998	6033	6210.5	6388	6476.75
PB	2809	2868	2914	2923	2989	3048	3056	3132	3140	3221	3302	3342.5
PE	7976	8158	8269	8404	8465	8617	8770	8881	9018	9123.5	9229	9281.75
PI	6456	6550	6665	6768	6917	6989	7148	7223	7335	7463	7591	7655
PR	2300	2374	2397	2431	2450	2508	2570	2578	2629	2634.5	2640	2642.75
RJ	12329	12732	12915	13079	13300	13590	13703	13950	14106	14215.5	14325	14379.75
RN	2305	2339	2390	2440	2473	2549	2557	2638	2690	2741.5	2793	2818.75
RO	8554	8693	8757	8881	8971	9041	9145	9231	9295	9356	9417	9447.5
RR	729	769	778	1198	1215	1236	1233	1286	1304	1323	1342	1351.5
RS	211	205	218	300	318	324	339	348	362	371	380	384.5
SC	4627	4696	4842	4952	5043	5162	5263	5377	5475	5542	5609	5642.5
SE	31849	32106	32762	33068	33806	34378	34979	35527	35943	36354	36765	36970.5
SP	1449	1485	1528	1566	1628	1654	1674	1697	1722	1748	1774	1787
TO	935	963	984	1021	1050	1063	1086	1121	1147	1170	1193	1204.5

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

Tabela 11 – PIB a valores constantes de 2000, por Unidade da Federação

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	1519.15	1598.95	1621.05	1788.11	1897.35	1928.45	2168.66	2335.39	2393.57	2538.84	2490.8	2617.96
AL	5209.64	5469.69	5498.48	5849.7	5984.33	6281.65	6698.61	6758.58	6881.16	7360.52	8083.37	8032.49
AM	1719.69	1834.79	1684.5	1745.37	1845.85	2098.14	2267.15	2347.44	2399.38	2475.78	2539.98	2832.82
AP	11078.5	12147	12251.8	13756.3	14115.9	15619.1	15820.5	16247.7	16077.4	17904.8	18283.8	17432.6
BA	31360.3	33820.1	33427.4	35887.9	38480.6	38500.6	41280.6	42163.6	44418.9	46227.3	45279	45601
CE	15057.1	16107.5	15974	16729.9	17325.4	18469.6	18948.2	20854.7	21291.2	23321.9	24919	24504.6
DF	31622.7	31292.8	30954.2	32094.5	34082	35751.4	37626.5	40798.1	42608.3	44899.2	46585.7	46554.8
ES	14934.9	14914.5	15237.3	18250.6	19986.4	21052.1	22716.1	24245.4	21634.5	24596.7	27669.4	29180.1
GO	18359.9	20856.7	21012.1	21791.9	21388.1	22759.2	24549.7	26119.5	27743.5	29225.5	31514.2	33692.6
MA	8236.38	8611.56	9066.41	9804.14	10722.6	11416.2	11898.7	13354.9	12914.9	13554.8	14780.8	15991.6
MG	10010.3	11673.1	13679.9	16772.9	15857.1	14063.7	16070.4	18525.4	18566.1	17851.1	20227.4	21975.7
MS	8071.76	8446.99	9454.11	9577.5	9163.49	9709.34	10586.9	11500.7	11785	13033.2	13946.7	14809.5
MT	68320.3	71229	73000.4	80469.8	81532.5	85662	90839.6	98036.3	93019.8	105244	109369	109716
PA	13699.9	14303.1	14595.2	16138.4	16557.6	17698.4	18637.9	20306.3	18925	23316.5	25028.9	24743.1
PB	6658.35	6930.99	6944.69	6817.15	7139.47	7958.27	8358.29	8916.88	9306.23	9568.62	10038.6	10530.1
PE	46899.1	49280.4	53691.7	55560.3	53614.6	54493.4	60830.7	62205.4	61566.7	65081.5	67794.8	69580.3
PI	18563	19650.1	19281.5	19972.1	21128.8	22135.4	23437.4	24443.4	25414.6	28509.8	29567.1	31901.9
PR	3972.63	4138.95	4305.31	4454.82	4710.31	5101.12	5321.73	5815.91	6167.51	6607.35	6969.31	6992.82
RJ	93351.5	95527.3	92225	101172	104548	109824	111724	119086	114674	121939	130957	137086
RN	6348.31	6799.24	6629.41	7070.39	7563.08	8198.92	8630.78	8842.21	9042.58	9685.98	10225.4	10751
RO	56655.8	58801.1	61094.8	62547.4	61038.8	62555.8	66490.3	69225.6	69950.4	75622.3	74668	75488.4
RR	4019.36	4336.71	4782.96	5109.97	5453.03	5228.35	5648.08	6207.17	6557.51	7056.77	7884.78	7982.8
RS	1247.85	1289.13	1342.55	1275.66	1345.6	1459.95	1569.35	1696.62	1812.56	1899.11	1968.76	1988.46
SC	29919.5	31066.4	32790.5	35120.9	36109.2	37154.8	39387.4	42779.7	42063.6	45670.8	47879.3	48197
SE	284462	285255	284426	292014	307688	320166	339871	348052	351383	373674	382204	383047
SP	4921.65	5270.16	5333.82	5521.57	5683.02	6032.83	6360.72	6784.59	6405.51	7168.04	7420.22	7564.45
TO	2972.58	3125.59	3551.92	3756.46	3834.94	3831.16	4176.58	4542.4	4721.83	5163.68	5114.83	5309.65

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

Tabela 12 – Rodovias pavimentadas, por Unidade da Federação

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AC	5,975.9	6,037.7	8,023.6	8,034.3	7,989.8	7,989.8	7,838.1	7,753.7	9,119.8	9,099.4	9,036.4	7,288.7
AL	10,623.9	10,623.9	10,672.4	10,672.4	10,658.6	10,658.6	10,670.6	10,670.0	10,670.0	10,670.0	10,670.0	10,747.0
AM	1,774.5	1,878.6	1,878.6	1,928.8	1,928.8	1,928.8	2,069.9	2,118.9	2,122.7	2,130.1	2,094.9	1,823.5
AP	2,879.3	2,717.3	2,908.3	3,066.6	3,066.6	3,066.6	3,066.6	3,095.2	3,095.2	3,095.2	2,832.9	4,007.0
BA	105,124.3	105,124.3	105,124.3	105,124.3	108,544.8	108,544.8	108,544.8	112,275.7	112,275.7	112,275.7	112,275.7	113,631.7
CE	43,847.3	43,847.3	43,781.6	43,245.8	43,222.8	43,222.8	43,222.8	43,192.9	43,192.9	43,192.9	43,028.1	43,254.7
DF	990.2	990.2	990.2	859.1	859.1	859.1	571.1	543.6	543.6	543.6	543.6	543.6
ES	26,909.1	26,909.1	26,909.1	26,909.1	26,909.1	26,909.1	26,921.7	27,050.4	27,050.4	27,050.4	27,047.1	27,142.1
GO	76,214.9	76,214.9	75,454.9	75,331.9	74,808.9	74,808.9	74,808.9	74,620.2	74,620.2	74,620.2	74,620.2	74,984.2
MA	48,404.1	48,385.0	48,381.0	48,310.0	48,355.0	48,355.0	48,355.0	48,240.0	48,240.0	48,239.4	48,239.4	48,239.4
MG	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	27,428.3	26,645.2
MS	48,592.6	48,438.6	48,048.6	48,047.6	57,123.6	57,123.6	57,184.6	57,123.0	54,383.1	54,383.1	54,337.1	54,201.3
MT	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	247,259.7	246,546.1
PA	28,034.3	27,957.0	28,522.7	28,692.7	28,651.7	28,651.7	28,589.8	28,576.6	28,528.2	28,508.2	28,186.2	30,472.3
PB	31,892.5	31,892.5	31,745.4	31,737.2	31,737.2	31,740.8	31,740.8	31,617.1	31,617.1	31,613.5	31,371.4	31,316.2
PE	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,330.7	98,172.9
PI	37,581.9	37,581.9	36,035.1	36,073.1	36,073.1	36,073.1	36,063.1	36,906.4	36,906.4	36,906.4	36,906.4	36,931.8
PR	52,414.7	52,360.9	52,619.9	52,535.9	18,175.2	18,175.2	17,966.6	52,027.8	52,082.8	52,082.8	50,569.8	50,498.6
RJ	16,504.1	16,504.1	16,341.4	16,341.4	15,743.3	15,743.3	15,743.3	15,475.5	15,475.5	15,475.5	15,475.5	15,505.7
RN	22,907.9	22,907.9	22,862.3	22,781.4	22,775.3	22,775.3	22,808.6	22,778.7	22,778.7	22,778.7	22,760.7	22,864.2
RO	145,927.0	145,927.0	139,798.7	139,965.8	139,965.8	139,965.8	139,965.8	140,368.7	140,368.7	140,368.7	140,368.7	140,586.1
RR	21,025.0	21,025.0	21,025.0	20,997.0	20,938.0	20,938.0	20,816.0	20,572.5	20,556.2	20,556.2	20,318.9	20,279.5
RS	8,002.3	7,636.2	8,512.3	8,509.8	8,499.8	8,499.8	8,495.7	8,442.3	8,422.4	8,407.6	8,309.6	6,114.4
SC	55,931.8	56,040.6	55,905.5	55,801.6	55,886.1	55,886.1	55,855.7	55,132.4	55,132.4	55,105.3	54,967.9	54,759.7
SE	166,854.6	166,854.6	166,854.6	166,854.6	166,854.6	166,854.6	166,854.6	165,036.0	165,036.0	165,036.0	165,036.0	165,036.0
SP	8,526.0	8,185.4	3,899.9	4,143.0	4,143.0	4,143.0	4,042.1	4,321.9	4,535.4	4,539.7	4,533.9	3,229.1
TO	22,717.6	22,717.6	22,717.6	22,529.5	22,197.7	22,197.7	22,197.7	22,816.3	22,816.3	22,816.3	23,454.0	24,239.6

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre

8. ANEXO 2 - Detalhamento dos testes

8.1 - Heterocedasticidade

O teste de Wald é obtido através da comparação da estimativa de máxima verossimilhança do parâmetro (β_1) e a de seu erro padrão. A razão resultante, sob a hipótese $H_0: \beta_1 = 0$ deve ter distribuição normal padrão.

A estatística do teste Wald é:

$$W_j = \frac{\hat{\beta}_1}{DP(\hat{\beta}_1)} \quad (A1)$$

O p-valor é definido como:

$$\text{p-valor} = P[|Z| > |W_j| | H_0] = 2P[Z > |W_j| | H_0] \quad (A2)$$

Compara-se então o valor obtido com o teste F de acordo com os graus de liberdade da estimação feita.

O teste tem como hipótese nula a ausência de heterocedasticidade, conseqüentemente, a hipótese alternativa aponta para a presença dela.

8.2 - Autocorrelação

Para investigar a ocorrência de autocorrelação, foi utilizado o teste de Wooldridge. O método de Wooldridge usa os resíduos da regressão em primeira diferença, o que remove o efeito da primeira diferença, o termo baseado na covariância invariante no tempo e a constante.

$$y_{it} - y_{it-1} = (X_{it} - X_{it-1})\beta_i + e_{it} - e_{it-1} \quad (A3)$$

$$\Delta y_{it} = \Delta X_{it}\beta_i + \Delta e_{it} \quad (A4)$$

Onde Δ é o operador de primeira diferença.

O processo de Wooldridge começa através da estimação dos parâmetros β_i regredindo-se Δy_{it} em ΔX_{it} e obtendo-se os resíduos \hat{e}_{it} . O processo de Wooldridge

observa que, se o \hat{e}_{it} não é serialmente correlacionado, então $Corr(\Delta e_{it}, \Delta e_{it-1}) = -5$. Dada essa observação, o processo regride o resíduo \hat{e}_{it} pela regressão com primeira diferença variável na primeira defasagem e testa que o coeficiente do resíduo defasado é igual a -5. Para contar para a correlação *within* na regressão de \hat{e}_{it} em \hat{e}_{it-1} , a variância é ajustada para clusters no nível do painel. Como o cluster implica robustez, esse teste é robusto também para heterocedasticidade condicional.

8.3 - Estacionariedade

A estacionariedade fraca é a constância das propriedades estatísticas, tais como a média, a variância e a covariância temporal de acordo com a defasagem utilizada (k). A estacionariedade é necessária para a estimação eficiente dos modelos estatísticos relacionados a séries temporais, assim como para a modelagem via painéis. Os testes utilizados foram o de Fisher, que segue uma modelagem Dickey-Fuller, e o de Breitung.

O procedimento do teste de Breitung consiste em retirar de ambos os lados da equação a primeira observação da estimação ($u_{i,0}$).

$$u_{i,t} - u_{i,0} = \rho(u_{i,t-1} - u_{i,0}) + e_{it} \quad (A5)$$

$$e_{it} = v_{it} - (1 - \rho)(u_{i,0} - \eta_i) \quad (A6)$$

Em que u_{it} representa as observações, v_{it} é o operador de primeira diferença, ou seja, $u_{it} - u_{i,0}$, η_i é o operador do teste e e_{it} , o termo de erro da estimação.

Dessa forma, os efeitos individuais são eliminados através da dedução da primeira observação de cada lado de corte transversal e o termo é incorporado ao termo de erro específico de cada observação. Sobre $H_1: \rho < 1$, o estimador MQO continua sendo viesado, porém o viés assintótico é dado por:

$$\rho \lim_{N \rightarrow \infty} \hat{\rho}_{BM} = \frac{\rho+1}{2} \quad (A7)$$

Não sendo uma função de η_i . Assim, o teste não depende da variância dos termos de erro, não afetando assim, a heterogeneidade individual.

Harris e Tzavalis (1999) derivaram o viés assintótico e a variância entre os estimadores dentro do grupo e propõem a hipótese nula de que há raiz unitária baseada na correção do viés das estimativas. Assume também a hipótese de que os coeficientes autorregressivos são homogêneos entre os indivíduos quando se considera $\rho_i = \rho$ para o i .

O teste considera que sob a hipótese nula o estimador de MQO com variável *dummy* possui distribuição normal e segue a seguinte forma:

$$\sqrt{N}\left(\rho - 1 + \frac{3}{\tau+1}\right) \rightarrow N\left(0, \frac{3(17\tau^2 - 20\tau + 17)}{5(\tau-1)(\tau+1)^3}\right) \quad (\text{A8})$$

Se for adicionado o termo de tendência, então:

$$\sqrt{N}\left(\rho - 1 + \frac{15}{2(\tau+2)}\right) \rightarrow N\left(0, \frac{15(193\tau^2 - 728\tau + 1147)}{112(\tau-2)(\tau+2)^3}\right) \quad (\text{A9})$$

Sendo que N representa o tamanho da amostra, τ é a variável *dummy* criada pelo teste e ρ é o coeficiente autoregressivo.

A principal vantagem desse teste está na hipótese feita de que a dimensão temporal é fixa, deixando que o N tenda ao infinito.

A hipótese nula a ser testada é:

$$H_0: \rho_i = 0 \text{ para todo } i$$

Contra a hipótese alternativa:

$$H_1: \rho_i < 0, i = 1, 2, \dots, N; \rho_i = 0, i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N$$

Essa formulação das hipóteses aceita que ρ_i se diferencie entre os grupos, permitindo que alguns indivíduos da série tenham raiz unitária, porém não todos, sob a hipótese alternativa. No entanto, a análise dos resultados precisa ser feita com cautela, dada a heterogeneidade da hipótese alternativa. A rejeição da hipótese nula não implica, necessariamente, que a presença de raiz unitária foi rejeitada para todos os i , apenas mostre que a hipótese nula foi rejeitada para $N_i < N$ indivíduos, isso é, $\lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{N_i}{N}\right) = \delta, 0 < \delta \leq 1$.

O Teste Fisher-ADF (Dickey-Fuller Aumentado), assume que há raiz unitária individual para cada unidade *cross section*, ou seja, ρ_i pode variar entre as *cross-sections*.

- $H_0 : \alpha_i = 0$ para cada i
- $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, \dots, N_1$
- $H_1 : \alpha_i < 0$ para $i = N + 1, N + 2, \dots, N$

Após a estimação das regressões ADF em separado, ajusta-se a média das estatísticas t para α_i , $t_{iT_i}(P_i)$:

$$\bar{t}_{NT} = (\sum_{i=1}^N t_{iT_i}(p_i))/N \quad (A10)$$

Para que se possa aplicar o teste, todas as *lags* devem ser iguais para todas as unidades *cross-sections* e o painel seja balanceado. A estatística é dada por:

$$\bar{t}_{NT} = \frac{\sqrt{N}(\bar{t}_{NT} - N^{-1} \sum_{i=1}^N (\bar{t}_{iT}(P_i)))}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N (\bar{t}_{iT}(P_i))}} \rightarrow N(0,1) \quad (A11)$$

Essa estatística converge para a distribuição normal padrão à medida que T (dimensão temporal) e N (dimensão *cross section* do painel) tendem ao infinito e T/N tendem a zero, sob a hipótese de raiz unitária.

O teste de Fischer Dickey-Fuller Aumentado (ADF) é uma modificação, para painel, do teste desenvolvido por Fisher em 1932, sendo combinados os p-valores dos testes individuais de raiz unitária. Esse teste tem a vantagem de se permitir a escolha do número de *lags* a ser utilizado, o que permite a constatação do número de defasagens necessárias para acabar com o problema de não-estacionariedade, se ela ocorrer.

A estatística gerada pelo teste fornece um valor de χ^2 invertido, o que requer uma interpretação diferente do que geralmente é feito, sendo dado por $\rho = 1 - p$, permitindo então, a análise usual dos testes de significância.