

Journal of Transport Literature



Todo o conteúdo deste periódico, exceto onde está identificado, está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2238-10312013000200007&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 18 dez. 2019.

REFERÊNCIA

SILVA, Francisco Gildemir Ferreira da et al. Investimentos em transportes terrestres causam crescimento econômico?: um estudo quantitativo. **Journal of Transport Literature**, Manaus, v. 7, n. 2, p. 124-145, abr. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2238-10312013000200007>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2238-10312013000200007&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 18 dez. 2019.

Investimentos em transportes terrestres causam crescimento econômico? Um estudo quantitativo

[Does investment in surface transport cause economic growth? A quantitative study]

Francisco Gildemir Ferreira da Silva, Francisco Giusepe Donato Martins*,
Carlos Henrique Rocha, Carlos Eduardo Freire Araújo

*Universidade Federal do Ceará (UFC), Brazil, Tribunal de Contas da União (TCU), Brazil,
Universidade de Brasília (UNB), Brazil, MKMBr Engenharia Ambiental, Brazil*

Submitted 20 Feb 2012; received in revised form 5 Jul 2012; accepted 11 Jul 2012

Resumo

O crescimento econômico de um país é alvo de estudos acadêmicos desde o início do século passado. Trabalhos seminais de Aschauer (1989a-d) estudou a relação crescimento vis a vis investimento público. Seguindo esta linha utilizando dos trabalhos de Balvir e Balbir (1984) e o teste de causalidade de Granger (1980), busca-se identificar, para o período 1950-2004 no Brasil, se investimentos em infraestrutura de transportes terrestres (ferroviário e rodoviário) causam crescimento e vice-versa. Como resultado, afirma-se que investimentos em ferrovia não movimentam a economia e que investimentos em rodovias, pelo menos para a década de 50, aumentaram de forma nominal o PIB, ou seja, movimentaram fortemente a economia. Os resultados indicam que investimentos em infraestruturas rodoviárias geram retorno para o crescimento do PIB mais cedo que investimentos em ferrovias.

Palavras-Chave: crescimento econômico, infraestrutura de transportes, teste de causalidade de Granger.

Abstract

Economic growth has been extensively studied in the literature since last century. Seminal papers of Achauer (1989a-d) investigated the relation between economic growth and government expenditure. In the same way and using the works of Balvir and Balbir (1984) and Granger Causality test (1980), we aim at identifying a relationship from investments in transportation infrastructure to GDP and vice-versa in the period 1950-2004 in Brazil. As a result, we confirm the hypothesis that investments in road infrastructure imply increasing the GDP and vice-versa, but railroad investments do not have effects on the economy. The results indicate that investments in road infrastructure imply faster returns in growth in GDP than railroad investments.

Key words: economic growth, transportation infrastructure, Granger causality test.

* Email: franciscogd@tcu.gov.br.

Recommended Citation

Silva, F. G. F., Martins, F. G. D., Rocha, C. H. and Araújo, C. E. F. (2013) Investimentos em transportes terrestres causam crescimento econômico? Um estudo quantitativo. Journal of Transport Literature, vol. 7, n. 2, pp. 124-145.

Introdução

O crescimento econômico de um país é alvo de estudos acadêmicos desde o início do século passado. Fatores tal como educação, investimento público e privado e desburocratização dos mecanismos de Estado explicam o fenômeno em maior ou menor grau - ver estudos seminais de Romer (1986 e 1990); Lucas (1988); Dasgupta e Stiglitz (1988); Aschauer (1989a, 1989b, 1989c e 1989d). A base de todos esses estudos está na teoria do crescimento econômico neoclássico e seus precursores (Ramsey, 1928; Solow, 1956; Swan, 1956; Arrow, 1962; e Uzawa, 1965). A linha de pesquisa é quase secular e a evolução foi no sentido de entender o comportamento das economias desenvolvidas e do distanciamento destas para as economias em desenvolvimento com o objetivo de apontar formas de reduzir o hiato entre os dois grupos. Aschauer em seus trabalhos – Aschauer (1988 e 1989a-d) – discute a melhoria da eficiência dos investimentos públicos.

Nas últimas décadas, muitos pesquisadores têm se dedicado a comprovação da validade empírica dos modelos teóricos, destacando Calderón et al. (2003); Calderón e Servén (2003); e Ferreira e Maliagos (1998) que estudaram o crescimento das economias latino americanas e brasileira via investimento em infraestrutura. Apesar de existirem vários estudos teóricos e empíricos falta entender a contribuição de setores específicos no crescimento econômico, pois investir em infraestrutura de transporte gera externalidades e efeitos de spillovers diferentes que os gerados por investimentos em telecomunicações ou energia. O estudo de Moraes e Aragão (2007) é o primeiro trabalho que aponta diretamente que investimentos no setor de transportes urbano no Brasil geram crescimento econômico, mas os autores não abordam a parte quantitativa.

Nesse escopo, pretende-se investigar se investimentos em transporte causam aumento no produto da economia e se a volta vale para os transportes rodoviário e ferroviário. A investigação terá como base as discussões de Aschauer, a metodologia de Balvir e Balbir (1984) adequada ao presente estudo e o teste de causalidade (Granger, 1969) que serão aplicados a dados de investimentos em infraestrutura de transportes terrestres brasileira de 1950 a 2004.

A proposta é verificar se construir infraestruturas de transportes implicam em crescimento econômico e até que horizonte é que ocorre a causalidade, identificando se o efeito é imediato, logo após o investimento, ou em um prazo maior. Com esta investigação, saber-se-á se investimentos em rodovias e ferrovias são mais ou menos rápidos no retorno para o produto da economia, ou seja, qual é o prazo que estes investimentos se tornam produtivos. Tal investigação implicaria em saber se para crescimentos de curto prazo deve-se investir em rodovias ou ferrovias, da mesma forma para o médio e longo prazo. Isso favoreceria a decisões de investimentos para decisões públicas atuais e futuras

Para alcançar este objetivo, o presente trabalho foi dividido em 4 seções, além desta introdução. A seção 1 descreve sucintamente a teoria do crescimento econômico via investimento em infraestrutura com base nos trabalhos de Aschauer. A seção 2 apresenta a proposta de análise via teste de causalidade de Granger. Na seção 3, analisam-se os dados referentes ao período 1950-2004 e testam-se as hipóteses de que (i) os investimentos em infraestrutura de transportes terrestres (ferroviário e rodoviário) causam crescimento do PIB e (ii) o crescimento do PIB gera aumento de investimentos em infraestrutura de transportes terrestres (ferroviário e rodoviário); e identifica para um período de defasagem de 10 anos qual das duas infraestruturas mais tem relação com o PIB. Por fim, apresenta-se a conclusão.

1. *Background* teórico

Esta seção apresenta a teoria do crescimento econômico vis a vis investimentos governamentais dentro do enfoque dos estudos de Aschauer. Segue indicando alguns estudos empíricos, notoriamente no Brasil e América Latina e conclui apresentando o que se tem feito observando o efeito de investimentos públicos no setor de transportes.

1.1 *Crescimento econômico e investimento em infraestrutura*

Tradicionalmente, defende-se que a acumulação de capital é um fator de crescimento no longo prazo, mas vários autores contestam esta teoria, pois para eles a acumulação de capital é o resultado do processo de crescimento e não a sua causa (Jacinto e Ribeiro, 1998). Mas, seja por acumulação, seja por qualquer outro mecanismo, deve ocorrer alguma transferência para outras gerações, por exemplo, educação, infraestrutura, tecnologia, entre outros. Isso implica

que investir é uma condição necessária para haver no mínimo manutenção do status quo da economia. A teoria do crescimento econômico aponta que a intervenção do estado é necessária, seja na educação (Romer, 1990) ou em investimentos em infraestrutura (Aschauer, 1989a), para atingir o estado estacionário da economia e diminuir o hiato entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento.

Pensando em investir em infraestrutura, Aschauer discute os seguintes temas: (i) eficiência dos investimentos públicos; (ii) a substitutibilidade do investimento público versus privado; (iii) crescimento econômico via investimento público (aplicando aos países membros do grupo dos 7 – G7); e (iv) a produtividade dos gastos públicos.

Basicamente, os trabalhos de Aschauer (1988, 1989a-d) têm três implicações: (i) o capital de infraestrutura eleva o produto marginal do setor privado para o caso de uma produção do tipo neoclássica; (ii) o capital de infraestrutura é complementar ao capital privado e amplia o produto marginal do capital privado; e (iii) os investimentos em infraestrutura comumente afastam os investimentos privados em construções e equipamentos. Porém, o governo tem realizado investimentos de forma eficiente? Se sim, em quais setores a eficiência maximiza o bem-estar geral? Aschauer não responde claramente essas perguntas, mas deixa claro que o governo é o motor e que investir em infraestrutura é importante para o processo de crescimento econômico regional.

As conclusões de Aschauer são bem ambientadas no contexto norte-americano, mas, conforme Jacinto e Ribeiro (1998), a interação entre os investimentos público e privado é um pouco controversa quando se comparam os resultados apresentados em países desenvolvidos em relação aos países em desenvolvimento. Para o caso brasileiro, Jacinto e Ribeiro (1998) estudam a relação entre os dois investimentos e concluem que existe um efeito substituição dos investimentos públicos com o privado, o que não corrobora a hipótese de complementaridade entre esses investimentos apontada por Aschauer (1989a e 1989c) para a economia americana. Sucintamente, Aschauer (1989a), tomando como base os períodos 1949 a 1967, 1968 a 1985, 1953 a 1985 e 1949 a 1981, encontra evidência de forte relação entre capital público e a produtividade total dos fatores da economia norte americana, pois a elasticidade do capital público é significativa sobre a produtividade do setor privado.

Nesse contexto, seja de substituição ou complementaridade entre investimentos, o governo brasileiro deve parar de investir e deixar que o privado tome de conta? Não. O fato de investimentos governamentais em infraestrutura substituírem investimentos privados decorre de que, conforme a teoria neoclássica, os países em desenvolvimento estão longe do estado estacionário e, sendo assim, não têm o mínimo para garantir o retorno de capital exigido pelas empresas. Portanto, torna-se demasiado arriscado o privado investir e, desta feita, o governo deve alavancar o processo de crescimento via investimento.

A substitutibilidade não é o único fator estudado por Aschauer, e o investimento público, seja em países em desenvolvimento ou desenvolvidos, é sim fator de crescimento econômico. Em suas estimativas, Aschauer (1989a) conclui que a diminuição das despesas em investimentos públicos explica o declínio da taxa de crescimento da produtividade da economia americana. Estudando os países membros do G7 no período de 1973 a 1985, o autor verifica que uma maior taxa de investimentos públicos em relação ao produto interno bruto (PIB) ampliou a produtividade da mão-de-obra (Aschauer, 1989d). Isso é corroborado por estudos relativos à América Latina de Calderón et al. (2003), Calderón e Servén (2003), e referentes ao Brasil de Ferreira e Maliagos (1998), Ferreira (2001) e Ferreira e Araújo (2007).

Por todo o exposto, vê-se que investimento em infraestrutura é fonte de crescimento, embora com ressalvas. Assim, no tópico que segue estudos relativos a investimentos no setor de transportes terrestres serão apresentados.

1.2 Investimento em infraestrutura de transporte terrestre e crescimento no Brasil

Conforme Aschauer (1989a), investimento em infraestrutura amplia o crescimento econômico e regional, e se transporte é necessário para a ligação física de regiões, então é lógico pensar que criar, ampliar e manter infraestruturas de transportes, sejam rodovias, ferrovias, portos, canais e rios navegáveis, são fontes de crescimento econômico.

Morais e Aragão (2007) concluem que investir em infraestruturas de transportes gera arrecadação, ou seja, ampliam o número de contribuintes via aplicações em infraestrutura e possibilidade de criação de novas empresas de serviços de transportes. Isso é corroborado pois, outros artigos demonstram que os investimentos públicos em infraestruturas de transportes, em termos de país, região e cidade são produtivos. Além disso, Gomide (2003)

apud Morais e Aragão (2007) afirma haver a ocorrência de custos elevados de transporte provocados por grandes congestionamentos de tráfego que limitam as escolhas de localização das firmas e elevam os custos de produção, o que afeta o emprego e a renda. Portanto, investimentos em infraestruturas de transportes reduziriam tais custos e favoreceriam a produtividade econômica.

Ferreira e Maliagos (1998) apresentam várias informações de investimento em infraestrutura de transportes e outros setores, sendo um trabalho minucioso e apurado e que desmistifica os fatores que levaram os investimentos públicos em infraestrutura terem declinado no Brasil durante a década de 80. Caracterizam bem o período de grandes investimentos em transportes 1950-1970 e a impossibilidade de investimento do setor público em infraestruturas e o desfecho com as privatizações da década de 90.

Ferreira e França (2007) afirmam que a crise financeira catalisou os investimentos públicos e quase a totalidade das regiões enfrentou a partir da década de 1990 problemas, reduzindo a disponibilidade de fundos para investimentos em infraestrutura e culminando, no caso brasileiro, com a redução de investimento, tal como no âmbito do setor portuário que correspondeu em 1993 a menos de 15% do valor referente a 1980. Isso se confirmou também com ferrovias, visto a complementaridade destas com as movimentações portuárias e com as rodovias, caracterizado pela necessidade latente de movimentar mercadorias. Isso propiciou o declínio nas taxas de crescimento do produto nacional (Frischtak e Gimenes, 2005).

Investir em infraestrutura impulsionaria a trajetória de crescimento? Esta questão é complicada quando se almeja separar o investimento público dos vários setores e de indicar como tal investimento contribui diretamente para a economia. Por tal, este trabalho partirá do pressuposto que o investimento para o setor de transportes, separado por infraestruturas rodoviária ou ferroviária, impactam em algum nível o PIB.

De qualquer sorte, uma coisa é certa, a economia precisa de meios de transporte para alcançar a demanda e ofertar bens. E, dado tal requisito, não ter infraestrutura ou tê-la de forma precária, pode ser um grande empecilho ao desenvolvimento. Isso é claro no senso comum, mas quanto tempo leva para que os investimentos em infraestruturas de transportes influam no produto da economia ou fomentem o desenvolvimento? Será que investir em ferrovias ou

rodovias é mais eficiente e eficaz para o desenvolvimento? Estas são questões que iremos estudar a posteriori com os meios que descreveremos na seção que segue.

2. Análise de causalidade

Descreve-se nesta seção o trabalho de Balvir e Balbir (1984) e, sequencialmente, o teste de Granger e suas aplicações e a descrição da sua utilização neste artigo.

2.1 Metodologia para análise da causalidade de gastos públicos e produto da economia

Balvir e Balbir (1984) antecederam os trabalhos de Aschauer (1988) e estavam interessados em identificar a teoria mais adequada para estudos empíricos sobre a relação entre investimento e crescimento. Suas conclusões foram:

- i. Despesas públicas e PIB são relacionados pelo mecanismo de análise utilizado e isso sugere que nem Wagnerianos tampouco Keinesianos estão corretos, portanto, análises apoiadas na teoria deles seriam tendenciosas e inconsistentes;
- ii. O crescimento no agregado das despesas públicas replica o do PIB de forma imediata, enquanto que o inverso não é verdade. Isso sugere apenas o comportamento natural das despesas públicas e os efeitos da rigidez institucional da infraestrutura;
- iii. Similarmente, análises agregadas de funções de crescimento em gastos públicos (administrativos, social, desenvolvimento e defesa) servem para identificar o efeito do crescimento no PIB; e
- iv. Os gastos com serviços mantêm a causalidade Keynesiana.

A metodologia de Balvir e Balbir (1984) consiste em analisar padrões e direções da causalidade com base no arcabouço constante dos trabalhos de Wold (1954), Simon (1953), Granger (1969) e Sims (1972). Eles seguem a máxima de Granger (1980): o passado e o presente devem causar o futuro, mas o futuro pode não causar o passado. Assim, uma variável Y é causada por X se Y tem uma melhor previsão utilizando todas as informações relevantes, incluindo os valores passados de X, do que adotando somente as informações importantes sem, contudo, considerar os valores pretéritos de X.

Granger (1969) identificou quatro padrões de causalidades: simples; instantânea; em diferenças; e bidirecional. As três primeiras referem-se à causalidade unidirecional $Y \rightarrow X$, já a última refere-se à causalidade bidirecional. O modelo geral de causalidade é dado pelas Equações (1) e (2):

$$Y_t = b_0 + a_0 X_t + \sum_1^m a_j X_{t-j} + \sum_1^n a_i Y_{t-i} + u_t \quad (1)$$

$$X_t = c_0 + d_0 Y_t + \sum_1^n c_i X_{t-i} + \sum_1^m d_j Y_{t-j} + v_t \quad (2)$$

Onde, u_t e v_t são mutuamente não correlacionados e representam séries de ruídos brancos, tal que, $E(u_t u_{t'}) = E(v_t v_{t'}) = 0$ para todo t e $(t \neq t')$. Note que as defasagens podem ser dadas conforme i e j . Assim, podem-se avaliar efeitos atrasados das variáveis e interpretar isso como tempo de maturação de uma relação, se existir. Para testar os padrões, estimam-se as Equações (1) e (2) por OLS (*Ordinary Least Square Method*) e se testa:

$$H_0: a_j = d_j = 0 \text{ para todo } j \text{ (} j = 0, 1, \dots, m \text{)};$$

$$H_1: a_j \neq 0 \text{ e } d_j \neq 0 \text{ para algum dos } j\text{'s.}$$

Muitos autores seguiram o procedimento acima e na seção que segue, relatam-se algumas aplicações, inclusive no sentido deste artigo.

2.3 Teste de causalidade de Granger: aplicações e relação ao problema do artigo

Os testes de causalidade foram aplicados em vários trabalhos, tendo sido destacados na Tabela 1 aqueles que interessam ao presente estudo.

Tabela 1 - Exemplos de aplicações de testes de causalidade¹

Autores	Aplicação
Balvir e Balbir (1984)	Relação despesas públicas agregadas e PIB
Yamaguchi e Araújo (2005)	Direção causal entre preço real do leite recebido pelos produtores e preço real de ração para vaca leiteira
Nakabashi, Scatolin e Cruz (2007)	Relação de causalidade entre investimento, crescimento industrial e crescimento econômico.
Sartori (2005)	Causalidade entre venda de ações no mercado interno e mercado externo
Manso (2005)	Análise de causalidade bidirecional entre consumo de energia, Produção e PIB.
Matos (2002)	Impactos diretos e unidirecionais do desenvolvimento financeiro sobre o crescimento econômico.
Cândido Júnior (2006)	Investiga as relações dinâmicas (no curto e longo prazo) entre investimento público e produto e investimento público e Produtividade Total dos Fatores - PTF.
Nonnenberg e Mendonça (2004)	Causalidade entre investimentos diretos externos (IDE) e PIB.

Os trabalhos relacionados na Tabela 1, embora apliquem o teste para pesquisar relação investimento versus crescimento, tratam apenas da variação macroscópica e não investigam a relação microscópica, este último sendo uma proposta deste trabalho.

3. Análise de causalidade entre investimentos em transportes terrestres e o agregado da economia

Esta seção se subdivide em dois tópicos. No primeiro procede-se à análise estatística das variáveis adotadas no estudo, enquanto no segundo realiza-se a análise da causalidade de Granger.

3.1 Análise estatística dos dados

A análise estatística se dará por uma avaliação gráfica (gráfico em linha e histograma) e de parâmetros amostrais, além de testar a hipótese de normalidade das séries. As variáveis adotadas são: PIB real; Investimento no setor ferroviário; e Investimento no setor rodoviário. As Figuras 1, 2 e 3 representam a evolução dessas variáveis em milhões de reais referentes a 1995 para o período 1950-2004.

¹ Fonte: elaboração própria.

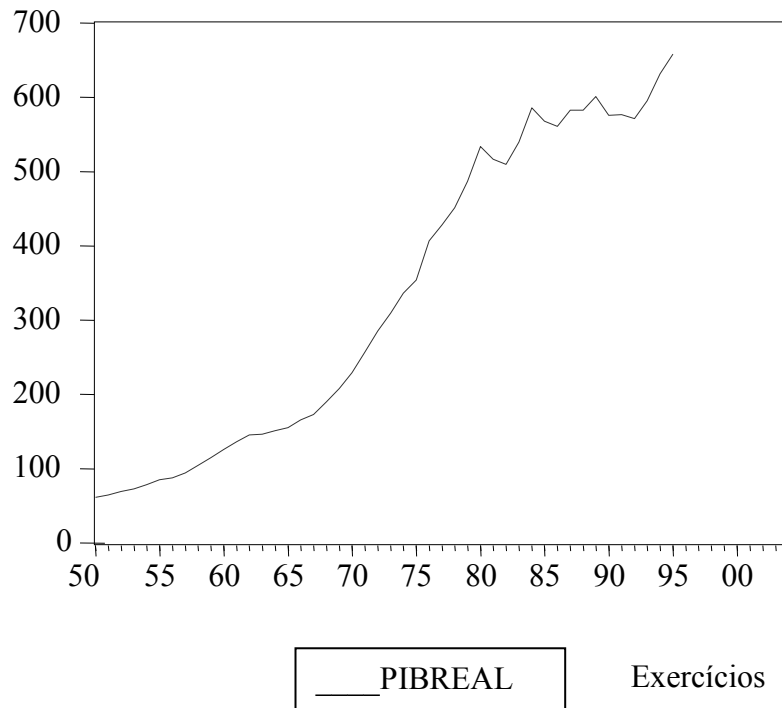


Figura 1 - PIB real em bilhões de Reais de 1995²

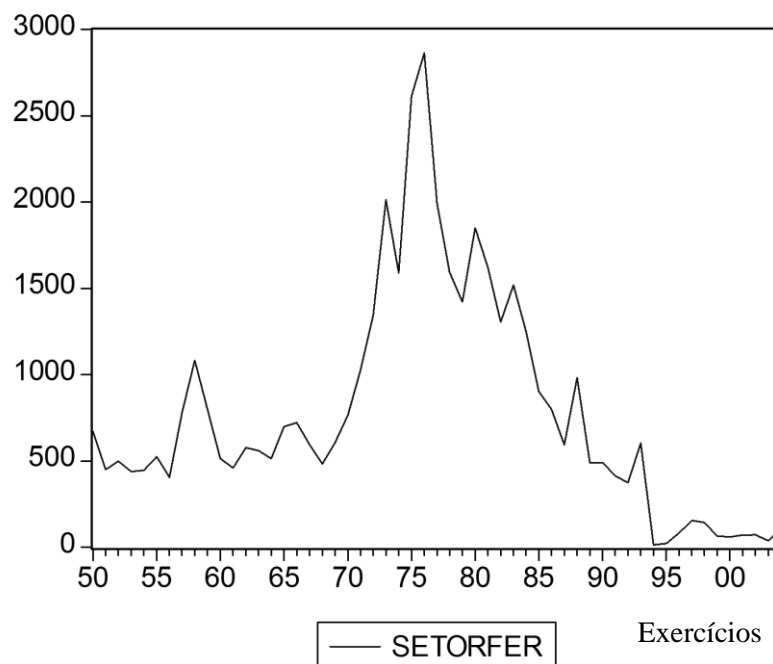


Figura 2 - Investimento no Setor Ferroviário em milhões de Reais de 1995³

² Fonte: elaboração própria.

³ Idem.

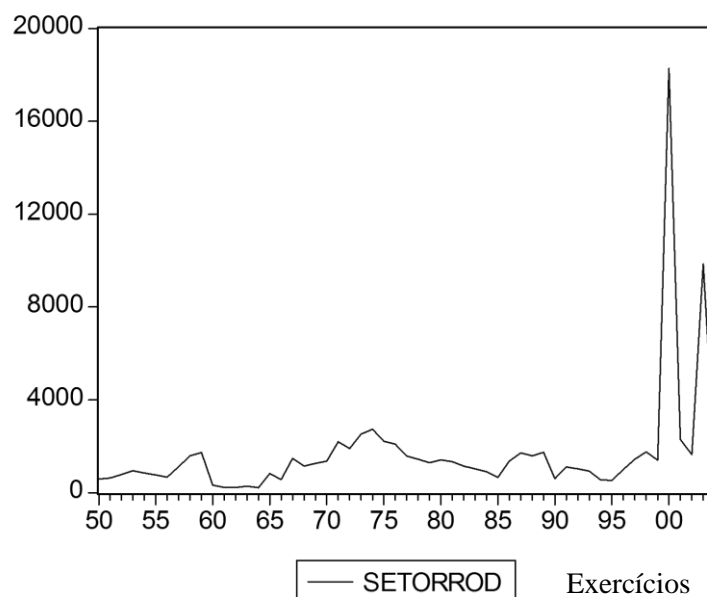


Figura 3 - Investimento no Setor Rodoviário em milhões de Reais de 1995⁴

Nos gráficos em linha das Figuras 1, 2 e 3, tem-se uma série de 46 observações de PIB real e 55 dos investimentos em ferrovias e rodovias. A diferença de nove anos nas observações se deve a um corte de dados, feito propositadamente, tendo em vista o período de privatizações ferroviárias. O PIB real (Figura 1), conforme esperado, cresceu ao longo do período de referência, com grandes oscilações na década de 80 associadas ao período de hiperinflação. O crescimento verificado para o PIB gerou a expectativa de que as outras variáveis também crescessem. Entretanto, essa tendência não se confirmou para os investimentos nos setores ferroviário e rodoviário, provavelmente, em virtude de os governos terem priorizado outras áreas tais como habitação e saúde.

Os investimentos anuais no setor ferroviário variaram de 0,5 a quase 3,0 bilhões de reais (Figura 2), valor referente ao pico de 1975, até meados da década de 90, quando decaíram a valores inferiores ao patamar do início da década de 50. Este último decréscimo é pela conversão da infraestrutura ferroviária para a iniciativa privada e os dados aqui são relativos a investimentos governamentais. Os investimentos no setor rodoviário (Figura 3), por sua vez, apresentaram valores uniformes até o final da década de 90, variando também entre 0,5 e 3,0 bilhões de reais, porém, com grandes picos que superaram os patamares de 16,0 e 8,0 bilhões

⁴ Fonte: elaboração própria.

de reais a partir de 2000, voltando em seguida aos patamares de investimento da década de 70.

É fato que a magnitude dos dados é diferente e, portanto, não podemos comparar diretamente as variáveis. Porém, podemos ver que o investimento ferroviário (Figura 2) e o rodoviário (Figura 3) apresentaram, para o período 1950-1990, valores com magnitude similar. Considerando que o custo para colocar rodovias em operação é menor do que o custo para operacionalizar ferrovias, ou seja, que o custo de construção de cada quilômetro de rodovia é menor que o de ferrovia, pode-se inferir que o modo rodoviário foi mais favorecido.

O pico de investimento rodoviário (Figura 3) se deu no período de privatização ocorrido na segunda metade da década de 1990, o que pode parecer estranho, mas este período foi caracterizado por investimentos governamentais no intuito de reverter a infraestrutura do país para a iniciativa privada, o que corrobora o pico encontrado. Nota-se, ainda, que no período 1960-1965 ocorreu um recesso de investimentos tanto em rodovias (Figura 3) como em ferrovias (Figura 2), seguido de uma seqüência de bonança. Algo a se desmistificar é o do grande aporte de investimento em rodovias na década de 1950 ante o aporte em ferrovias, o que não foi observado na série, mas sim uma equivalência de investimentos.

Na seqüência analisamos as estatísticas das variáveis e o teste Jarque-Bera de normalidade das séries o que não é confirmado ao nível de 2% para nenhuma variável, conforme histogramas das Figuras 4, 5 e 6. De qualquer sorte, deve-se salientar que os resultados possuem pouco poder conclusivo, pois a amostra é pequena e, portanto, as propriedades assintóticas dos estimadores podem não ser atingidas.

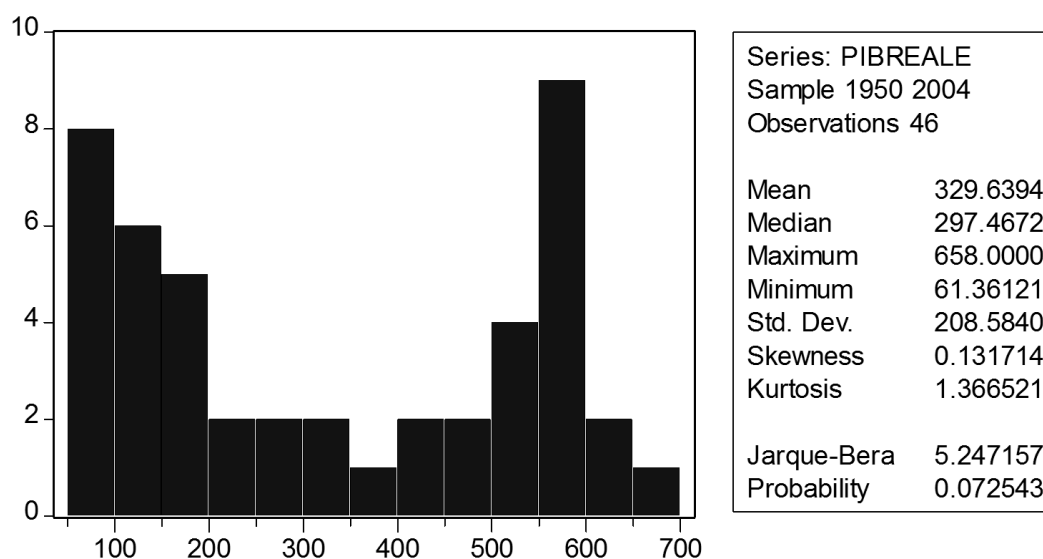


Figura 4 - Histogramas, estatísticas descritivas e teste de normalidade das variáveis - PIB⁵

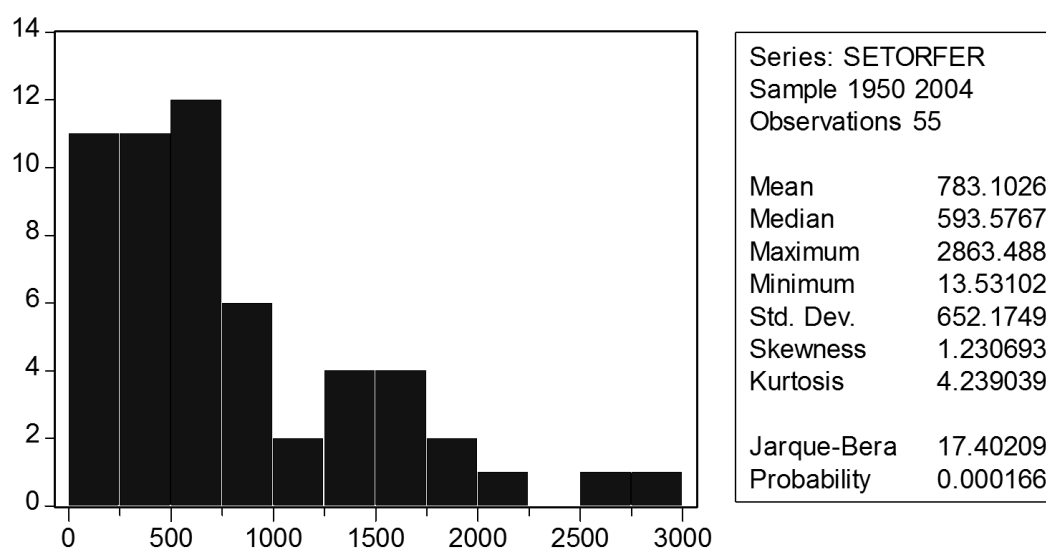


Figura 5 - Histogramas, estatísticas descritivas e teste de normalidade das variáveis - Investimento no Setor Ferroviário⁶

⁵ Fonte: elaboração própria, a partir de dados da Fundação Getúlio Vargas (www.fgv.org.br).

⁶ Idem.

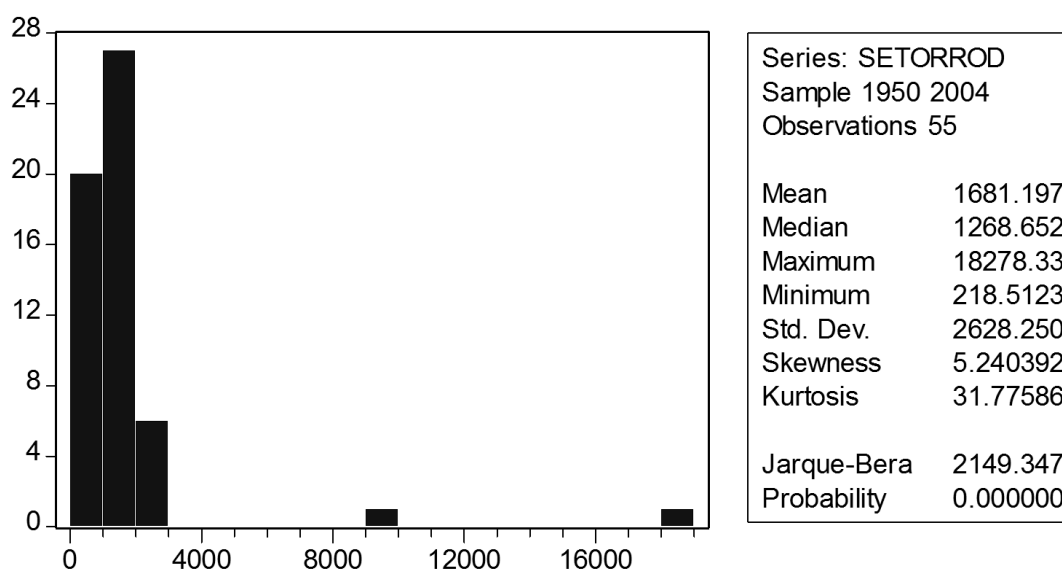


Figura 6 - Histogramas, estatísticas descritivas e teste de normalidade das variáveis - Investimento no Setor Rodoviário⁷

Verifica-se do histograma da Figura 6 um desvio padrão bastante acentuado para a série de investimentos no setor rodoviário, decorrente do pico de investimentos na década de 90 (ver Figura 3), o que não se observou para o desvio padrão das outras séries de variáveis. Percebe-se, ainda, que o setor rodoviário tem maior frequência em investimentos com valores abaixo de quatro bilhões de reais, conforme o histograma da Figura 6, mas com dois grupos isolados com frequência baixa de 9 e 18 bilhões de reais, respectivamente. Para o setor ferroviário (Figura 5), observamos mais uniformidade nos grupos de investimento, mas não vemos valores semelhantes aos *outliers* do setor rodoviário. O setor ferroviário se destaca também por gastos menores que o rodoviário.

Para finalizar a análise estatística, testou-se a existência de raiz unitária para as primeiras diferenças utilizando o teste de Dickey-Fuller aumentado, consoante a Tabela 2.

⁷ Fonte: elaboração própria, a partir de dados da Fundação Getúlio Vargas (www.fgv.org.br).

Tabela 2 - Teste de Dickey-Fuller aumentado⁸

Teste de Dickey-Fuller Aumentado	Estatística t	Prob.*
PIB real	-5.033330	0.0001
Investimento Setor Ferroviário	-7.715345	0.0000
Investimento Setor Rodoviário	-12.05408	0.0000

H₀: não tem raiz unitária; H₁: tem raiz unitária (estimativa a 99%).

A hipótese de existência de raiz unitária foi rejeitada a um nível de significância 5% e, consequentemente, pode-se tratar a causalidade sem ajustes e em acordo com Granger (1980). Além disso, verificou-se a impossibilidade de utilizar o PIB real em nível, mas sim na primeira diferença, sendo tal procedimento utilizado na análise. Isto não compromete os resultados tendo em vista que a diferença do PIB é utilizada, naturalmente, como indicador de crescimento (Romer (1986 e 1990); Lucas (1988)). Assim, a próxima seção trata do teste de causalidade segundo metodologia de Granger e os resultados são resumidos na Tabela 3.

3.2 Análise de causalidade bidirecional ou unidirecional

Para se proceder à análise de causalidade, foi verificada a probabilidade de ocorrência da não causalidade de um investimento em outro versus a causalidade, com base na estatística F. Ainda, analisou-se a relação entre investimentos no setor ferroviário *versus* setor rodoviário. Isso é importante no sentido de que, se um investimento não influencia o outro, permite concluir que não há relação de substitutibilidade nem de complementaridade associada aos investimentos. O que se espera é que haja pelo menos causalidade unidirecional entre PIB e investimento em alguma infraestrutura, podendo, inclusive ocorrer bicausalidade, ou seja, PIB influenciando investimento e investimento influenciando PIB.

⁸ Fonte: elaboração própria.

Os testes de hipótese de causalidade foram realizados considerando-se defasagens diferentes de 1 a 10 períodos, com o intuito de captar se o PIB causa investimentos ferroviários e rodoviários ou vice-versa e se em dez anos a relação se manteve. Assim sendo, a confirmação da hipótese poderá ser de causalidade bidirecional ou unidirecional. O resultado obtido para as estatísticas do teste de causalidade de Granger consta da Tabela 3.

Nota-se da Tabela 3 que as observações vão diminuindo com a defasagem e, por isso, fez-se um teste com apenas dez defasagens, pois se perderia graus de liberdade e, ainda, como foi feito um corte de nove anos entre as observações do PIB e dos investimentos, fazer esse teste para maiores períodos implicaria perder o poder estatístico do teste. Além disso, fez-se um teste entre investimento em rodovia vis a vis investimento em ferrovia para verificar se existia complementaridade ou substituição entre investimentos, mas, neste caso, utilizou-se toda amplitude dos dados (55 observações), ressaltando-se, contudo, que pós 1990 ocorreu uma queda em investimentos públicos em ferrovia até a consecução das privatizações e neste mesmo período ocorreu um acréscimo em investimentos de rodovia proveniente de privatizações. A causalidade neste período não pode ser considerada como decorrente de investimentos apenas público e como não dispomos de dados de investimento privado o teste serve apenas como exercício de investigação preliminar necessitando de um estudo mais robusto para o caso da relação entre investimentos nos diferentes modos para diferentes fontes (pública e privada).

Da Tabela 3, verifica-se que na primeira defasagem temos causalidade simples e instantânea. A bicausalidade não foi identificada entre PIB e investimento no setor ferroviário da quarta à oitava defasagem, o que pode ser interpretado no sentido de que os investimentos ferroviários não tiveram tempo para atingir a maturidade para propiciar retorno em cinco anos e, por conta disso, não geraram expansão do produto da economia para igual período. Observa-se, ainda, que nos primeiros anos de investimento no setor ferroviário não se tem retorno no PIB, mas com o passar do tempo há uma inversão e o PIB não causa investimento em ferrovias, ou seja, nada se tem de conclusivo durante 10 anos quanto ao retorno de investimentos em ferrovias na economia.

**Tabela 3 - Estatísticas do teste de causalidade de Granger⁹
(PIB, Investimentos ferroviários e rodoviários)**

	INV_FERR não causam DifPIB?	DifPIB não INV_FERR?	INV_RODO causa não DifPIB?	DifPIB causa não INV_RODO?	INV_RODO causa não INV_FERR?	INV_FERR causa não INV_RODO?
Defas.				1		
Obs.	44			44		54
Estat-F	3.70373	0.14248	4.70756	0.93483	0.02629	0.71552
Prob.	0.06125	0.70778	0.10752	0.33928	0.87184	0.40157
Defas.				2		
Obs.	43			43		53
Estat-F	3.11038	0.07943	2.85811	1.18618	0.00938	0.56232
Prob.	0.05610	0.92380	0.06977	0.31644	0.99067	0.57360
Defas.				3		
Obs.	42			42		52
Estat-F	3.75169	0.47912	1.53921	1.06200	0.05503	0.50547
Prob.	0.01949	0.69888	0.22517	0.37766	0.98279	0.68047
Defas.				4		
Obs.	41			41		51
Estat-F	3.35575	5.46624	0.84043	0.94693	0.04931	0.44025
Prob.	0.02109	0.00189*	0.50986	0.44874	0.99526	0.77878
Defas.				5		
Obs.	40			40		50
Estat-F	4.22484	4.59901	1.22503	0.92116	0.05642	0.11567
Prob.	0.00524*	0.00328*	0.32254	0.48138	0.99780	0.98819
Defas.				6		
Obs.	39			39		49
Estat-F	3.28631	3.47191	0.90198	1.58447	0.09540	0.14920
Prob.	0.01532	0.00090*	0.50849	0.19150	0.99642	0.98805
Defas.				7		
Obs.	38			38		48
Estat-F	2.61454	4.05371	0.74745	1.70378	0.36998	0.32081
Prob.	0.03846	0.00495*	0.63523	0.15775	0.91320	0.93915
Defas.				8		
Obs.	37			37		47
Estat-F	2.82069	3.31778	0.57811	1.37899	0.32374	0.51948
Prob.	0.02860	0.01404	0.78382	0.26450	0.95044	0.83224
Defas.				9		
Obs.	36			36		46
Estat-F	2.20219	2.85366	0.42931	1.24728	0.97018	0.42558
Prob.	0.07694	0.02997	0.90100	0.33149	0.48527	0.90963
Defas.				10		
Obs.	35			35		45
Estat-F	2.15272	3.82518	0.46595	2.68160	0.81881	0.22103
Prob.	0.09225	0.01134	0.88584	0.04504	0.61435	0.99156

⁹ Fonte: elaboração própria. As células em cinza são as que passam no teste a 5% e as cinzas com * são as que passam a 1%, ou seja, com 95% e 99% de certeza que a causalidade não existe. INV_FERR = investimentos ferroviários; INV_RODO = investimentos rodoviários; DifPIB = diferença no PIB; Obs. = observações; Prob. = probabilidade; Defasag. = defasagem.

Por outro lado, o resultado para a relação entre PIB e investimento no setor rodoviário indicou que não há causalidade apenas no primeiro ano de investimento para o sentido investimento rodoviário influenciando o PIB, enquanto que do segundo ano a décima defasagem há uma inversão de sentido para PIB influenciando investimento. Isso caracteriza a estrutura rodoviária como um investimento que dá retorno no curto prazo e perdura no tempo, haja vista que a defasagem de 10 anos corresponde ao período de sobrevivência de rodovias e ao período de renovação de gerações. Obviamente existe um fator imediato e outro inercial, o que só será detectado com uma modelagem em Vetores Auto-Regressivos (VAR). Além disso, pode-se inferir que o período de defasagem coincide também com o crescimento populacional e o desenvolvimento das regiões onde as infraestruturas foram instaladas.

No tocante à relação entre os investimentos ferroviários e rodoviários nada se pode concluir, pois os resultados obtidos não permitem descartar a existência de causalidade em todos os períodos de defasagens. Assim sendo, pode-se levantar a hipótese de complementaridade ou substitutibilidade entre os investimentos em ambos os setores de transportes terrestres. Portanto, o agente público ao investir nos setores ferroviário e rodoviário deve considerar a relação entre tais investimentos no sentido de empregar eficiente e eficazmente os recursos públicos.

Deve-se salientar que poderia ter sido avaliado os aspectos de aderência do modelo pelo R^2 , entretanto, a proposta deste trabalho é avaliar se os investimentos são produtivos e em que ano isso começa a ocorrer. Ademais, existe a possibilidade de os resíduos serem autocorrelacionados, mas tal avaliação não foi feita, pois ao se escolher o modelo VAR e as defasagens, partiu-se do pressuposto que o resultado era o melhor, não apresentando tal problema no modelo. Como não foram observadas anomalias nos parâmetros estimados na Tabela 3, tipo mudança de sinal ou mudança enorme no valor das estatísticas, então se supõe que os modelos não apresentam a autocorrelação.

Conclusão

O trabalho atingiu o objetivo proposto ao identificar a relação entre investimentos em infraestrutura de transportes terrestres e crescimento da economia representado pelo PIB. A proposta foi verificar se investir em infraestruturas de transportes implicam em crescimento econômico e até que horizonte é que ocorre a causalidade, identificando se o efeito é imediato, logo após o investimento, ou em um prazo maior.

Os resultados apontam para o fato de que, apesar da teoria indicar que investimentos em ferrovias e rodovias movimentam a economia, o investimento em ferrovias não apresentou relação de longo prazo e não assegurou movimento inercial da economia, enquanto que investimentos rodoviários garantem a inércia da economia ou podem acelerar o crescimento, pelo menos em um horizonte de 10 anos e, talvez por isso, tenha sido a opção àquela época. Isso fica constatado com os resultados obtidos para o teste de causalidade de Granger, pois permitem inferir que investimentos em ferrovia, ao contrário de investimentos em rodovias não movimentaram a economia. Em vista disso, é possível, se fossem aumentadas as defasagens, encontrar uma regressão da relação entre crescimento e investimento em rodovias.

Observou-se bicausalidade entre investimentos em rodovia e ferrovia, sendo um indicativo de complementaridade de investimentos, ou melhor, investimentos conjugados. Contudo, dado o montante aplicado em cada modo, infere-se que as rodovias foram privilegiadas e as ferrovias passaram apenas por processos de manutenção sem ocorrer expansão da malha, bem como houve uma desoneração dos cofres públicos pós 1995 com a redução drástica dos investimentos públicos no modo ferroviário. A década de 90 caracterizou-se por investimentos maciços em rodovias e daí a diferença entre os investimentos dos dois modos no tocante à influência sobre o PIB. Note que cabe estudar relações com o crescimento das malhas e com o aumento dos volumes de tráfego para se ter conclusões mais robustas.

O teste de causalidade foi aplicado para dados de natureza setorial, no sentido de que se analisou um setor e não mais a macroeconomia. O mais inovador é a possibilidade de se descobrir o horizonte de retorno de investimentos públicos na economia com o uso dessa técnica. É interessante buscar avaliar a causalidade entre investimento do setor de transportes com o agregado da economia e, posteriormente, avançar para uma análise microeconômica.

Nesse caso, sugere-se avaliar o impacto de intervenções estatais pontuais, tal como investimentos em determinadas rodovias e ferrovias, no PIB das Unidades da Federação ou das regiões influenciadas por essas intervenções, bem como identificar o horizonte de movimentação nas regiões econômicas diretamente ligadas aos investimentos.

Por fim, recomenda-se analisar se os resultados encontrados neste artigo perduram da década de 1960 a 1980. Além disso, recomenda-se a utilização de procedimentos para detectar quebras na função de regressão e que o número de defasagens seja especificado a partir da utilização de critérios de informação tipo Akaike, BIC e Schwarz.

Referências

- Arrow, K. J. (1962) The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, vol. 29, n. 3, pp. 155-173.
- Aschauer, D. A. (1988) Government spending and the "falling rate of profit". *Economic Perspectives*, vol. 12, pp. 11-17.
- Aschauer, D. A. (1989a) Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, vol. 2, n. 2, pp. 177-200.
- Aschauer, D. A. (1989b) Is government spending productive? *Journal of Monetary Economics*, vol. 23, n. 2, pp. 177-200.
- Aschauer, D. A. (1989c) Does public capital crowd out private capital? *Journal of Monetary Economics*, n. 2, vol. 24, pp. 171-188.
- Aschauer, D. A. (1989d) Public investment and productivity growth in the group of seven. *Economic Perspectives*, vol. 13, n. 5, pp. 17-25.
- Balvir, S. e Balvir, S. S. (1984) Causality between public expenditure and national income. *Review of Economics and Statistics*, vol. 66, n. 4, pp. 630-644
- Calderón, C., Easterly, W. e Servén, L. (2003) Infrastructure compression and public sector solvency in Latin America. In: Easterly, W. e Servén, L. (eds.) *The Limits of Stabilization. Infrastructure, Public Deficits, and Growth in Latin America*. Stanford: Stanford University Press.
- Calderón, C. e Servén, L. (2003) The output cost of Latin America's infrastructure gap. In: Easterly, W. e Servén, L. (editores) *The Limits of Stabilization. Infrastructure, Public Deficits, and Growth in Latin America*. Stanford: Stanford University Press.
- Cândido Júnior, J. O. (2006) Efeitos do investimento público sobre o produto e a produtividade: uma análise empírica. *Texto para Discussão IPEA*, n. 1204. Brasília: IPEA.
- Dasgupta, P. e Stiglitz, J. E. (1988) Learning-by-doing, market structure and industrial and trade policies. *Oxford Economic Papers*, vol. 40, pp. 246-268.
- Ferreira, P. C. e Maliagros, T. (1998) Impactos produtivos da infra-estrutura no Brasil - 1950/95. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, vol. 28, n. 2, pp. 315-338.
- Ferreira, P. C. (2001) Public versus private provision of infrastructure in a neoclassical growth model. *Ensaio Econômico*, n. 339, pp. 1-28.

- Ferreira, P.C. e Araújo, C. H. V. (2007) Growth and fiscal effects of infrastructure investment in Brazil. In: Perry, G., Servén, L. e Suescún, R. (org.) *Fiscal Policy, Stabilization, and Growth*. Washington: The World Bank.
- Ferreira, P. C. e França, J. M. S. (2007) Um estudo sobre infra-estrutura: impactos produtivos, cooperação público-privado e desempenho recente na América Latina. *Documento não publicado*. Disponível em <http://www.fgv.br/professor/ferreira>.
- Frischtak, C. R. e Gimenes, A. (2005) *Competitividade no Brasil*. Disponível em www.inae.org.br.
- Granger, C. W. J. (1969) Investigating causal relations by econometric models and cross spectral methods. *Econometrica*, vol. 37, n. 3, pp. 424-438.
- Granger, C. W. J. (1980) Testing for causality. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 2, pp. 329-352.
- Jacinto, P. A. e Ribeiro, E. P. (1998) Co-Integração, efeitos crowding-In e crowding-Out entre investimento público e privado no Brasil: 1973-1989. *Teoria e Evidência Econômica*, vol. 6, n. 11, pp. 143-156.
- Lucas, R. (1988) On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3-42.
- Manso, J. R. P. (2005) Relações de causalidade entre consumo de energia, evolução da produtividade e crescimento do produto: uma abordagem recorrendo à metodologia VAR. *Documento de Trabalho. Departamento de Gestão e Economia Universidade da Beira Interior - Portugal*.
- Matos, O. C. (2002) Desenvolvimento do sistema financeiro e crescimento econômico no Brasil: evidências de causalidade. *Trabalhos para Discussão n. 49 - Banco Central*.
- Morais, A. C. e Aragão, J. J. G. (2007) Gasto público em infraestrutura de transporte é produtivo? *XVI Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, Maceió-AL*.
- Nakabashi, L., Scatolin, F. D. e Cruz, M. J. V. (2007) Investimento, indústria e crescimento econômico brasileiro: uma análise da relação de causalidade. *Economia & Tecnologia - Texto para Discussão*, n. 10.
- Nonnenberg, M. J. B. e Mendonça, M. J. C. (2004) Determinantes dos investimentos diretos externos em países em desenvolvimento. *Texto para Discussão IPEA*, n. 1016.
- Ramsey, F. P. (1928) A mathematical theory of saving. *Economic Journal*, vol. 38, pp. 543-59.
- Romer, P. M. (1986) Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, vol. XCIV, pp. 1002-1037.
- Romer, P. M. (1990) Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, vol. 98, n. 5, pp. S71- S102.
- Sartori, V. (2005) Teste de causalidade e de características comuns nas séries de ações domésticas e seus respectivos ADRs. *Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Santa Catarina*.
- Simon, H. (1953) Causal ordering and identifiability. In: Hood, W. e Koopmans, T. C. (eds.) *Studies in Econometric Method*. New York: John Wiley and Sons.
- Sims, C. (1972) Money, income and causality. *American Economic Review*, vol. 62, pp. 540-552.
- Solow, R. (1956) A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, n. 1, pp. 65-94.
- Swan, T. (1956) Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, vol. 32, n. 3, pp. 334-61.

- Uzawa, H. (1965) Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review*, vol. 6, pp. 18-31.
- Yamaguchi, L. C. T. e Araújo, L. F. O. (2005) Preços de produto e insumo no mercado de leite: um teste de causalidade. *Revista Eletrônica de Economia*, n. 6.
- Wold, H. A. (1954) Causality and econometrics. *Econometrica*, vol. 22, pp. 162-177.