

# O PAPEL DA INFRAESTRUTURA EM MODELOS DE CRESCIMENTO MACROECONÔMICO: AVALIAÇÃO DE IMPACTO A PARTIR DE METARREGRESSÃO<sup>1,2</sup>

Bruno César Araújo<sup>3</sup>

## SINOPSE

A infraestrutura é tradicionalmente considerada uma condição necessária para o desenvolvimento econômico de um país. No entanto, a despeito de tantos argumentos em favor da importância da infraestrutura para a produtividade, o crescimento e o bem-estar, a literatura empírica sobre o impacto da infraestrutura não é livre de controvérsias. Este artigo realiza uma metarregressão dos modelos empíricos de crescimento que incorporam a infraestrutura entre os fatores de produção. Esta metarregressão compreendeu 52 parâmetros em 41 artigos que utilizam metodologia comparável entre 1983 e 2006, e provê elasticidade média de 17,1%.

**Palavras-chave:** infraestrutura; metarregressão; metanálise.

## 1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura é tradicionalmente considerada uma condição necessária para o desenvolvimento econômico de um país. Afinal, é ela que conecta bens e serviços entre produtores e consumidores, possibilita que firmas acessem com mais eficiência seus itens de consumo intermediário, cria mercados e viabiliza a mudança tecnológica.

No entanto, a despeito de tantos argumentos intuitivos e teóricos em favor da importância da infraestrutura para a produtividade, o crescimento e o bem-estar, a literatura empírica sobre o impacto da infraestrutura não é livre de controvérsias. Elas surgem devido a problemas como simultaneidade entre produto e infraestrutura, efeitos de rede, problemas na forma de mensuração do estoque de capital público, especificação do modelo, distinção se os efeitos são permanentes ou temporários, estratégia empírica, amostra etc. Todos esses fatores afetam a resposta à pergunta: afinal, o quanto a infraestrutura importa para o crescimento econômico e para a produtividade?

Entre as diversas maneiras de se modelar a relação entre crescimento e infraestrutura, há uma de especial interesse para o Ipea, pois ela se comunica diretamente com o modelo utilizado para os cenários macroeconômicos elaborados pela instituição, tal qual exposto em Cavalcanti e Souza Junior (2018). Trata-se da vertente da literatura que parte de contabilidade do crescimento (*growth accounting*) ou de funções de produção, para a partir daí derivar equações econométricas estimáveis. Desse modo, há especial interesse em saber a elasticidade da função de produção em relação ao estoque ou investimento em infraestrutura, para a parametrização do modelo de cenários macroeconômicos.

Assim, este estudo traz uma metanálise dos artigos sobre modelos empíricos de crescimento que incorporam infraestrutura entre seus fatores de produção, baseada em uma técnica conhecida como metarregressão. Basicamente, os artigos revisados provêm de estimativas do parâmetro de elasticidade da infraestrutura em uma função de

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar69art3>

2. Este artigo é um resumo de Araújo (2021).

3. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. E-mail: <bruno.araujo@ipea.gov.br>.

produção agregada, geralmente uma função do tipo Cobb-Douglas<sup>4</sup> com capital, trabalho e infraestrutura como fatores de produção.

A metanálise é uma técnica de pesquisa que integra os resultados de estudos independentes sobre uma mesma questão de pesquisa, combinando, em medidas-resumo (média, mediana etc.), os resultados de tais estudos. A metarregressão nada mais é que a aplicação de métodos de regressão para a extração dessas medidas-resumo.

A aplicação de técnicas como a proposta neste texto visa contornar o fato de que a estimação direta do parâmetro de elasticidade da infraestrutura para a economia brasileira envolve sérias dificuldades, como a disponibilidade de dados no nível estadual ou mesmo nacional. Caso se opte por utilizar séries temporais sobre dados no nível nacional, é preciso levar em conta que as séries são relativamente curtas. De todo modo, Ferreira e Maliagros (1998) fizeram um estudo cobrindo o período 1950-1995, utilizando técnicas de séries temporais, e obtiveram a elasticidade do produto interno bruto (PIB) em relação ao estoque de infraestrutura relativamente alta: entre 0,55 e 0,61. Em relação aos investimentos em infraestrutura, tal elasticidade é de 0,39.

## 2 ALGUNS RESULTADOS ANTERIORES

Gramlich (1994) fez um ensaio crítico sobre a relação entre os investimentos em infraestrutura e crescimento econômico. Tendo por pano de fundo a grande quantidade de artigos publicados desde o *paper* seminal de Aschauer (1989) e o debate à época se haveria um subinvestimento em infraestrutura nos Estados Unidos, Gramlich (1994) avalia criticamente esta questão ao revisar 51 artigos. Seu trabalho discute várias questões metodológicas na literatura e aponta fatos estilizados que indicam que se o investimento em infraestrutura caiu ao longo do tempo foi para acompanhar a queda na demanda por infraestrutura. Dois exemplos disso foram a construção da rede viária, que, após meados dos anos 1970, já se encontrava consolidada, e a rede de escolas primárias, que acompanhou o padrão de crescimento da população em idade escolar.

Sturm, Kuper e de Haan (1998) fizeram uma revisão bastante abrangente da literatura, analisando 97 referências, das quais 33 foram estudadas no período 1994-1998; e Romp e de Haan (2005) atualizaram o estudo anterior com 93 referências, das quais 59 foram analisadas a partir de 1998. Os artigos são muito semelhantes e cobrem essencialmente aspectos metodológicos, em especial vantagens e desvantagens das formas de estimação. Há uma clara predominância da abordagem de funções de produção/contabilidade do crescimento entre os estudos revisados.

A revisão de literatura de Straub (2008) preocupou-se em avaliar quantitativamente a relação entre infraestrutura e crescimento. Sem desconsiderar aspectos metodológicos, foram revisados trinta artigos e oitenta especificações econométricas diferentes. Em suma, a revisão constata que o debate empírico não é consensual: em 8% das estimativas, o impacto da infraestrutura é negativo; em 37% das vezes, não significativo; e nos restantes 55%, positivo. As estimativas tendem a ser mais positivas quando a variável dependente é o produto em vez da produtividade. Nesse contexto, os efeitos positivos da infraestrutura são achados com mais frequência em países desenvolvidos do que naqueles em desenvolvimento.

Um fator que pode explicar esse fenômeno talvez seja um “efeito safra” de muitos artigos datados do início dos anos 1990 e referentes à economia norte-americana, motivados pelo já comentado impacto que o artigo de Aschauer (1989) teve no debate público sobre os cortes de investimentos em infraestrutura. Devido à disponibilidade de dados, muitos desses estudos utilizavam bases de dados referentes ao período 1945-1973,

4. Função do tipo Cobb-Douglas  $Y_t = A_t G_t^\gamma K_t^\beta L_t^\alpha$ , em que  $A$  é a produtividade total dos fatores;  $K$  e  $L$  são fatores de produção, capital e trabalho, respectivamente; e  $G$ , o estoque de infraestrutura. Há especial interesse no parâmetro  $\gamma$ , que é a elasticidade da infraestrutura.

caracterizado pelo alto crescimento combinado a uma onda de desenvolvimento da infraestrutura dos Estados Unidos. Além disso, boa parte deles utilizava técnicas de séries temporais que não controlavam corretamente por endogeneidade. Como resultado, os parâmetros tenderam a ser mais altos.

Bom e Ligthart (2014) fizeram uma revisão de literatura com metarregressão, algo muito parecido com o realizado neste texto. Os autores consideraram 578 estimativas de 68 estudos entre 1983 e 2008, e 30 variáveis moderadoras (controles) referentes a 6 dimensões características dos estudos: i) tipos de dados; ii) data do estudo; iii) tipo de capital público; iv) definição de produto; v) especificação do modelo; e vi) outras questões econométricas. A elasticidade média do parâmetro de elasticidade da infraestrutura é de 0,106, sendo 0,083 para o curto prazo e 0,122 para o longo prazo.

### 3 METANÁLISE E SEUS RESULTADOS EMPÍRICOS

A metanálise deste trabalho compreendeu 52 parâmetros em 41 artigos que utilizam a metodologia da contabilidade do crescimento a partir de funções de produção entre 1983 e 2006, e os principais pontos de partida foram as revisões bibliográficas de Gramlich (1994), Sturm, Kuper e de Haan (1998), Straub (2008), Romp e de Haan (2005) e Bom e Ligthart (2014).

Em metanálise existe um debate em aberto se é melhor utilizar todas as estimativas à disposição nos artigos ou apenas a principal estimativa. Enquanto Bom e Ligthart (2014) optam por incluir todas as estimativas à disposição, neste artigo preferimos incluir apenas as principais. O motivo é que consideramos que muitas estimativas dos artigos têm caráter meramente exploratório. Há mais estimativas do que artigos porque alguns destes se referem a mais de um país; nesses casos, cada estimativa é contabilizada como um artigo diferente.

Antes de passarmos para a metarregressão em si, as estatísticas descritivas dos parâmetros de elasticidade da infraestrutura dos artigos dão conta que sua mediana é de 9% e a média é de 15,9%, com desvio-padrão de 20,7%. Se os *outliers* forem desconsiderados, a média cai para 13,6%, e a mediana, para 7%. Há muitos artigos que não atingiram significância estatística (cujos parâmetros foram considerados zero para efeitos deste artigo, em um total de dezoito artigos), e 42% dos parâmetros não são superiores a 4%.

O trabalho original (Araújo, 2021) traz uma sistematização dos artigos revisados, com o tipo de amostra, a especificação (basicamente Cobb-Douglas *versus translog*) e o número de citações. Estes aspectos ajudam a detectar a fonte de variação dos parâmetros, e há um padrão convergente às revisões de literatura comentadas na seção 2, conforme listado a seguir.

- 1) O alto volume de artigos do início dos anos 1990 nos Estados Unidos afeta a média final do parâmetro de elasticidade da infraestrutura. De fato, 26 das 52 estimativas revisadas se referem aos Estados Unidos. Como muitos desses artigos geralmente utilizam técnicas de séries temporais e não controlam adequadamente pela endogeneidade, acabam enviesando o indicador para cima.
- 2) Há muita dificuldade para se encontrar artigos para países em desenvolvimento, ou países desenvolvidos de renda relativamente mais baixa.
- 3) Estimativas de dados em painel tendem a apresentar parâmetros menores do que aquelas que utilizam séries temporais.

A metarregressão nada mais é do que uma regressão dos parâmetros observados sobre uma constante – que é exatamente a variável que estamos interessados, porque ela reflete o parâmetro médio – condicionalmente a variáveis moderadoras, ou controles. Como controles, temos (todas as variáveis são indicadoras, ou *dummies*):

- Estados Unidos – variável que indica se o artigo se refere a esse país ou não;

- não Cobb-Douglas – variável indicativa se o artigo utiliza uma especificação diferente da Cobb-Douglas tradicional;
- séries temporais – variável binária que sinaliza que o artigo utiliza dados de séries temporais, em detrimento a dados em painel. Essencialmente, são modelos do tipo mínimos quadrados com, no máximo, algum tipo de correção para autocorrelação serial (por exemplo, Durbin-Watson);
- artigos anteriores a 1995 – variável que considera o ano de 1995 um ponto de corte para aplicação de técnicas econométricas mais modernas; e
- periódicos – variável *dummy* indicativa se o artigo foi publicado em um periódico ou não. Do total de 52 parâmetros, 26 foram publicados em periódicos. Bom e Lighthart (2014) apontam para um possível viés de publicação referente a esses parâmetros, viés este que tenderia a inflar o valor absoluto no sentido de garantir relevância prática e a significância estatística.

A análise de metarregressão aqui realizada não se resume a apenas um modelo; em verdade, foram estimados modelos com todas as combinações possíveis entre as variáveis moderadoras. Como há 5 variáveis, são 32 combinações possíveis – lembrando que um modelo sem nenhuma variável também é uma combinação, e nesse caso a constante é exatamente a média de 15,9% ou 0,159.

O parâmetro de elasticidade da infraestrutura só não é significativo em um único modelo estimado, e, contabilizando esta estimativa como zero, a média dos 32 coeficientes é de 17,1%, com desvio-padrão de 5,2%, e a mediana de 17,6%; metade dos coeficientes estão entre 14% e 21%.

No que tange às variáveis moderadoras, cabe notar que nem a troca da especificação Cobb-Douglas por alternativas, nem a data do artigo e tampouco o fato de o artigo ser publicado em um periódico revisado por pares tiveram qualquer influência sobre o parâmetro dos artigos considerados.

Por sua vez, como apontado em outras revisões de literatura, os artigos que utilizaram séries de tempo anuais sem o devido tratamento econométrico tenderam a apresentar elasticidades de infraestrutura mais elevadas em algumas das metarregressões. O uso de séries de tempo anuais acarretou um aumento no coeficiente em 11 pontos percentuais (p.p.) em média, tudo mais constante.

Outro ponto digno de nota é que o coeficiente associado aos Estados Unidos é negativo e significativo em todos os dezesseis modelos em que é considerado, reduzindo o impacto da infraestrutura em 11,3 p.p. Talvez isso sugira um impacto marginal menor, na média, dos investimentos em infraestrutura em um país onde seu estoque já é elevado. No modelo em que só existem a constante e a *dummy* dos Estados Unidos, a elasticidade da infraestrutura nos Estados Unidos é de 10,3%, enquanto no resto do mundo é de 21,5%.

As elasticidades aqui apresentadas, portanto, se situam acima dos parâmetros médios encontrados na excelente metanálise de Bom e Lighthart (2014), mas há de se considerar que naquele estudo foram consideradas todas as estimativas de todos os artigos na amostra, e neste artigo, apenas as estimativas principais. Ademais, como o objetivo deste artigo é calibrar uma elasticidade para o caso brasileiro, um país carente em infraestrutura em que a produtividade marginal desse capital possivelmente é maior, pode ser adequada a obtenção de uma elasticidade mais elevada do que a média global.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, B. C. **O papel da infraestrutura em modelos de crescimento macroeconômico**: avaliação de impacto a partir de metarregressão. Brasília: Ipea, 2021. (Texto para Discussão, n. 2737).
- ASCHAUER, D. A. Is public expenditure productive? **Journal of Monetary Economics**, v. 23, p. 177-200, 1989.
- BOM, P. R. D.; LIGTHART, J. E. What have we learned from three decades of research on the productivity of public capital? **Journal of Economic Surveys**, v. 28, n. 5, p. 889-916, 2014.

CAVALCANTI, M. A.; SOUZA JUNIOR, J. R. **Cenários macroeconômicos para o período 2020-2031**. Rio de Janeiro: Ipea, 2018. (Carta de Conjuntura, n. 41).

FERREIRA, P. C.; MALIAGROS, T. Impactos produtivos da infraestrutura no Brasil – 1950/1995. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 28, n. 2, p. 315-338, 1998.

GRAMLICH, E. M. Infrastructure investment: a review essay. **Journal of Economic Literature**, v. 32, p. 1176-1196, 1994.

ROMP, W.; DE HAAN, J. **Public capital and economic growth**: a critical survey. European Investment Bank, 2005. (EIB Papers, n. 10).

STRAUB, S. **Infrastructure and development**: a critical appraisal of the macro level literature. [s.l.]: The World Bank, 2008. (Policy Research Working Paper, n. 4590).

STURM, J. E.; KUPER, G. H.; DE HAAN, J. Modelling government investment and economic growth on a macro level: a review. *In*: BRAKMAN, S.; EES, H. van.; KUIPERS, S. K. (Ed.). **Market behaviour and macroeconomic modelling**. London: MacMillan Press Ltd, 1998.

