

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

O IMPACTO DA INFRAESTRUTURA NO DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO

Carolina Sant'Ana Oliveira
No. de Matrícula: 1210667

Orientador: Paulo Mansur Levy

Junho de 2016

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

O IMPACTO DA INFRAESTRUTURA NO DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO

Carolina Sant'Ana Oliveira
No. de Matrícula: 1210667

Orientador: Paulo Mansur Levy

Junho de 2016

“Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realiza-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.”

“As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.”

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço aos meus pais por tanto acreditarem e se dedicarem a mim. Todo o apoio que me deram foi essencial para eu completar esta etapa da minha vida e para eu continuar buscando cada vez mais. A inspiração que eu tenho em vocês é eterna.

Ao meu orientador e a todos os professores, agradeço por todos os ensinamentos e por compartilharem a paixão pela profissão.

Agradeço também todos os meus amigos e familiares que sempre torceram por mim.

Por fim, agradeço a todos os amigos que fiz na PUC. Aprendi e me diverti muito com vocês. Estarão todos para sempre no meu coração.

Sumário

Motivação	7
1. Introdução.....	8
2. Revisão Bibliográfica	13
3. Convergência Condicional.....	17
4. Problema de Endogeneidade	21
5. Estratégia Empírica	23
6. Dados	25
7. Resultados	28
8. Conclusão	29
Referências	31
Apêndice A	33

Lista de Figuras

Figura 1: PIB per capita versus Expectativa de vida ao nascer	8
Figura 2: PIB per capita versus Consumo elétrico	10
Figura 3: PIB per capita versus Acesso à água.....	11
Figura 4: Dinâmica da transição no modelo neoclássico	18
Figura 5: Taxas média de crescimento versus PIB per capita inicial - OCDE.....	19
Figura 6: Regressão 1	28
Figura 7: Regressão com infraestrutura desagregada	33

Lista de Tabelas

Tabela 1: Dados da Regressão.....	25
Tabela 2: Lista de países e regiões	27

Motivação

Diante do significativo gap entre os indicadores econômicos dos países da OCDE e dos países em desenvolvimento e diante da relação positiva desses indicadores com a percepção de uma maior qualidade de vida dos cidadãos, economistas de todo o mundo têm procurado fórmulas para acabar com a diferença de renda entre os países. A teoria neoclássica do crescimento econômico diz que os países mais pobres crescerão mais rápido que os países mais ricos e, por isso, com o tempo, haverá uma convergência nos seus produtos per capita. Essa convergência, entretanto, é condicional ao estado estacionário dos países, o que significa que o crescimento econômico também é afetado por fatores endógenos da economia, ou seja, como o investimento em infraestrutura, saúde, educação, tecnologia, etc.

Levando em consideração o papel que os países têm em estimular suas economias ao crescimento, é preciso descobrir quais são os principais setores que impactam positivamente no produto per capita dos países. Muitos estudos que abordam o desenvolvimento econômico frisam a importância em se investir em setores que influenciam positivamente a produtividade do país, como a educação, a saúde e a infraestrutura. No entanto, é visto que, muitas vezes, o problema do baixo crescimento dos países em desenvolvimento não se dá pela falta de recursos destinados ao investimento, mas sim pelo mau direcionamento desses recursos que são implantados ou em projetos ineficientes ou são usados para corrupção.

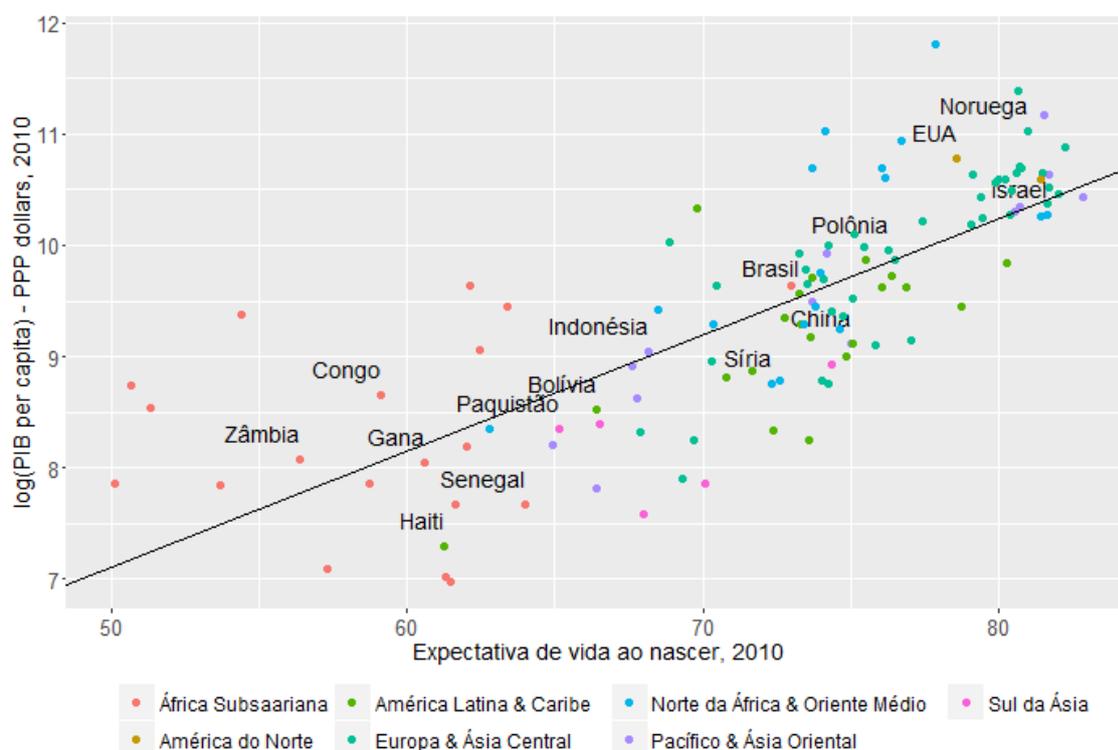
Visto isso, essa monografia tem como objetivo abordar um setor considerado de extrema importância para a existência de toda a produção da economia e analisar o papel que ele tem sobre o crescimento econômico de diferentes países. A infraestrutura econômica, que é composta por setores do transporte, energia, telecomunicações e saneamento básico, tem efeito positivo sobre a produtividade, permitindo que haja produção por parte das empresas e indústrias e permitindo mais dignidade de vida para os cidadãos. Procuro, através dessa pesquisa, melhorar o direcionamento de políticas públicas, para que o maior desenvolvimento da economia seja alcançado, assim como todos os indicadores sociais que são por esse afetados.

1. Introdução

O fato de existirem países ricos e países pobres é uma das questões mais debatidas no mundo todo. Apesar de não haver uma solução simples para essa desigualdade, há fatores que podem explicar o porquê de os países desenvolvidos estarem mais bem posicionados em rankings socioeconômicos que países pobres ou em desenvolvimento como o Brasil.

O desenvolvimento econômico, constantemente medido pelo PIB per capita, é caracterizado pelo aumento da produtividade dos meios de produção, pela maior inserção às novas tecnologias, pelo maior acúmulo de capital e pelo aumento do PIB per capita (Bresser-Pereira, 2006). Além disso, essas características afetam outros indicadores dos países, como maiores taxas de emprego, maiores salários, ensino de maior qualidade e melhores serviços públicos, que aumentam a qualidade de vida.

Figura 1: PIB per capita versus Expectativa de vida ao nascer



Fonte: WDI, World Bank

A Figura 1 ilustra a relação entre PIB per capita e expectativa de vida ao nascer com dados de 2010. Vemos a clara tendência de países com maiores níveis de PIB per capita terem maiores expectativas de vida.

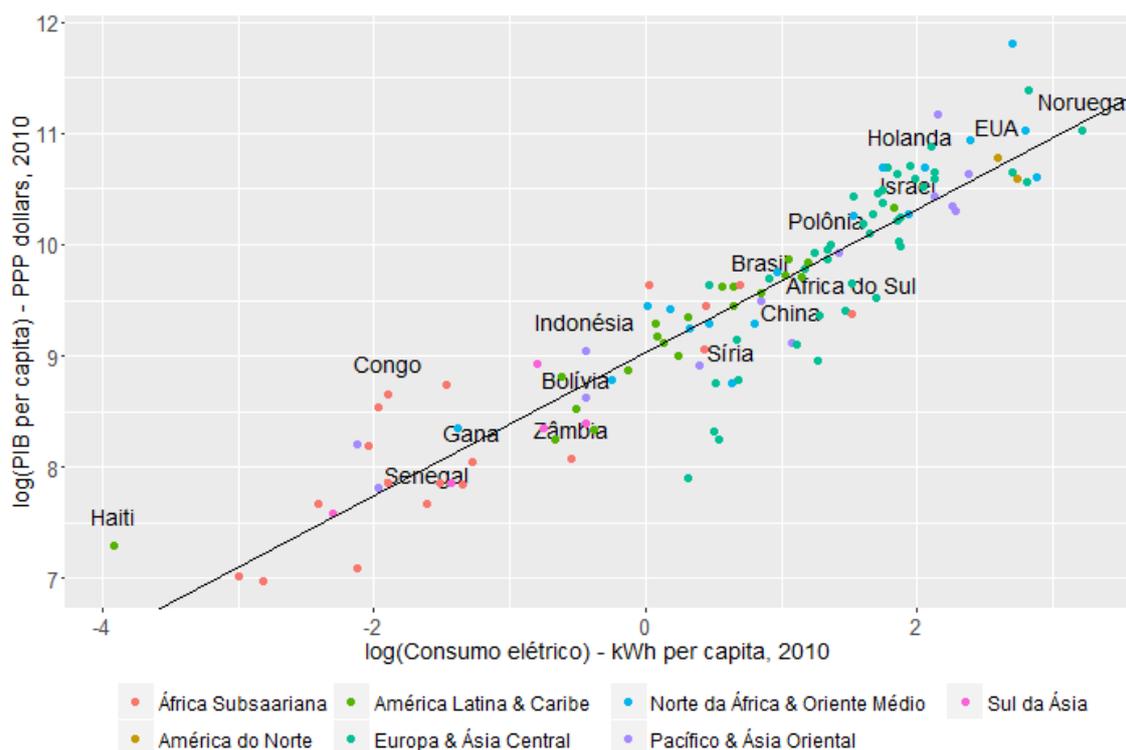
Uma das principais áreas que um país precisa investir para que cresça economicamente é a infraestrutura. Em estudo, Nijkamp & Poot (2004), avaliaram o impacto de políticas fiscais sobre o crescimento econômico de um país e encontraram que, dentre consumo do governo em geral, impostos, gastos com educação, defesa e infraestrutura, investir em educação e em infraestrutura apresenta resultados positivos mais significativos. Isso acontece, pois, a presença de infraestrutura de qualidade possibilita a introdução de novos produtos e de novas tecnologias, além disso, a produtividade total dos fatores aumenta.

A infraestrutura econômica é um termo que designa atividades que permitem a produção da economia. Essas atividades estão relacionadas aos serviços de energia, telecomunicações, transporte, saneamento e esgoto, e tratamento de lixo, além de água canalizada. O seu principal objetivo é permitir que haja um crescimento econômico sustentável e permitir uma qualidade de vida avançada aos cidadãos (Maciel, 2006). Além disso, a infraestrutura permite melhorias nas atividades econômicas e permite maiores qualidades nos serviços básicos como saneamento e energia. Isso faz com que o nível de pobreza caia, pois novas oportunidades são criadas no mercado de trabalho e faz com que mais pessoas tenham acesso a saúde e educação.

A infraestrutura afeta indicadores socioeconômicos através de canais de transmissão. Ferreira e França (2004) argumentam que essas vias de transmissão se dão pelo fato de que melhores estradas, um sistema de fornecimento de energia mais eficiente e meios de comunicação mais amplos possibilitam a diminuição dos custos do produto final, conseqüentemente levando a uma produtividade maior e remunerações melhores. Agènor e Moreno-Dodson (2006) também mencionam esses canais de transmissão pelos quais o investimento em infraestrutura afeta positivamente a economia. Os autores exibem que há dois tipos de canais possíveis. O primeiro faz referência aos canais diretos que são os que aumentam a produtividade total dos fatores e melhoram o retorno do capital, e o segundo são os canais indiretos em que a infraestrutura aumenta o alcance e a qualidade da educação e da saúde.

A figura 2 demonstra a relação positiva entre consumo elétrico e PIB per capita no ano de 2010. A relação positiva entre esses indicadores é clara, uma vez que a produção de um país demanda energia. Além disso, o consumo elétrico tende a estar diretamente relacionado a capacidade elétrica do país. Com isso, vemos que países com mais infraestrutura elétrica também são os países mais ricos.

Figura 2: PIB per capita versus Consumo elétrico



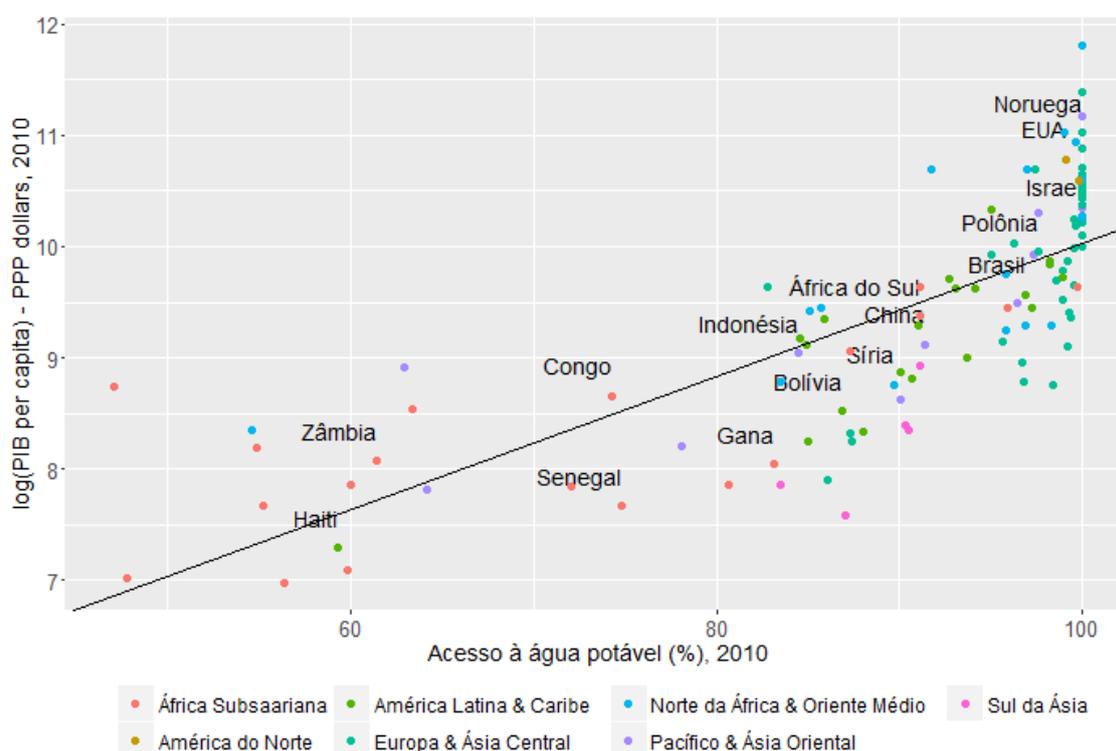
Fonte: WDI, World Bank

Para entendermos melhor o meio de transmissão da infraestrutura sobre o aumento da produtividade total dos fatores e consequentemente sobre o desenvolvimento econômico, podemos pensar em um país que possui uma estrada de qualidade e um país em que suas estradas apresentam diversas falhas, como buracos no asfalto, má sinalização, etc. No país mais desenvolvido, um caminhão que faz frete levará menos tempo e terá um custo de depreciação menor que esse mesmo caminhão no país em desenvolvimento ou pobre. Essa situação diminui a produtividade do caminhão que trafega na rodovia com baixo nível de infraestrutura, elevando os custos dos produtos e serviços desse país. Por outro lado, vemos que no país em que há investimento em infraestrutura a produtividade total dos fatores é maior.

Essa relação positiva entre infraestrutura e desenvolvimento econômico é evidenciada empiricamente em diversos estudos que serão mencionados ao longo dessa monografia. A lógica é que o aumento do estoque de capital, através do investimento em capital fixo, leva a um aumento da produtividade do capital humano e do capital privado, uma vez que há complementariedade entre esses fatores (De Castro, 2015).

É preciso ressaltar a endogeneidade presente nessa relação. Ou seja, além da infraestrutura afetar o produto, o crescimento do produto também tem impacto positivo sobre a infraestrutura. Podemos pensar que a aceleração da atividade econômica demanda mais e melhores indicadores de infraestrutura, que por sua vez permitirão o crescimento da economia. A figura 3 ilustra a relação positiva entre PIB per capita e acesso à água no ano de 2010. Verificamos que quanto mais rico é o país, maior é a probabilidade de toda a população ter acesso à água.

Figura 3: PIB per capita versus Acesso à água



Fonte: WDI, World Bank

Esse trabalho de fim de curso abordará o impacto da infraestrutura sobre o desenvolvimento econômico através de uma Cross-Section de países. Com uma amostra de 63 países e utilização de dados do estoque de infraestrutura, com o objetivo de eliminar o problema de endogeneidade entre crescimento do produto e infraestrutura, encontramos

efeito positivo e significativo da infraestrutura sobre o crescimento econômico entre os anos 2000 e 2010.

Na segunda sessão dessa monografia serão apresentadas as literaturas que cobriram o assunto, detalhando suas metodologias utilizadas e resultados encontrados. Na terceira sessão, apresentarei a hipótese de convergência condicional e os fatores que afetam o estado estacionário do produto. Na quarta sessão será apresentado o problema de endogeneidade que existe entre infraestrutura e produto. Na quinta sessão mostrarei a metodologia empregada nessa monografia. Na sexta sessão serão especificados os dados utilizados. Na sétima sessão serão mostrados os resultados encontrados e, por fim, na oitava sessão é mostrada a conclusão e a contribuição dessa monografia para a literatura do assunto.

2. Revisão Bibliográfica

A importância da infraestrutura para a economia dos países é confirmada em diversos estudos. No entanto, a melhor metodologia para identificar o impacto que a infraestrutura tem sobre a produtividade e sobre o crescimento econômico dos países ainda é debatida. Apresentarei nessa seção as principais metodologias empregadas para estimar o efeito da infraestrutura sobre produtividade e o produto da economia.

Ramp e De Hann (2005) apresentam que em muitas literaturas a equação utilizada para estimar o efeito da infraestrutura sobre a economia é tal que, o estoque de capital público (K_i), que é interpretado como infraestrutura, afeta o produto agregado (Q_t) através da produtividade total dos fatores (A), diminuindo os custos de produção, e através da função de produção diretamente. Onde, K_p é o estoque de capital sem ser infraestrutura e L_t é a força de trabalho:

$$Q_t = A(K_i) * f(K_p, L_t, K_i)$$

Quanto ao efeito sobre a produtividade total dos fatores, um estudo que aborda esse assunto é o feito por Berndt e Hansson (1992). Diante da possível correlação positiva entre a diminuição do estoque de infraestrutura da Suécia com a queda da produtividade no país, os autores estimam o efeito da infraestrutura na economia da Suécia entre os anos de 1960 e 1980. Os autores encontram que investimentos em infraestrutura diminuem custos fixos e, por isso, estão positivamente relacionados ao aumento da produtividade dos fatores de produção.

Já quanto a inclusão da infraestrutura na função de produção diretamente, Ramp e De Hann (2005) argumentam que é possível questionar se isso é condizente ou não. Isso porque, segundo os autores, a infraestrutura é um bem público puro, ou seja, é um bem não rival e que não é possível excluir seu uso, e, por isso, ela não produz nada. Contudo, ressaltam que, apesar dessa visão, o World Bank (1994) classifica a infraestrutura como bem quase privado, em que há produção e exclusão, como através da introdução de pedágios nas estradas.

Outra crítica com relação ao modelo apresentado acima é à utilização de capital público como proxy para infraestrutura. Égert et al (2009) frisam que a infraestrutura hoje

já não faz parte apenas do capital público, visto as diferentes formas de concessões, parcerias público-privado e serviços de infraestrutura oferecidos pelo capital privado que existem hoje. Além disso, argumentam que o capital público engloba capitais físicos que não pertencem ao setor de infraestrutura, como escolas, hospitais e outros prédios públicos. Dado isso, uma estimação utilizando o capital público como proxy de infraestrutura não estaria recuperando o efeito do estoque ou investimento em infraestrutura na economia e, por isso, outros parâmetros deveriam ser considerados.

O uso de dados do investimento público como proxy do estoque de capital também é criticado em estudo de Pritchett (1996). Segundo o autor, o crescimento da razão entre investimento e PIB não corresponde necessariamente a um aumento do estoque de capital físico e conseqüentemente a um aumento da produtividade dos fatores de produção. Isso porque 1 real investido em capital físico não necessariamente vai aumentar o estoque de infraestrutura do país em 1 real ou elevar a sua capacidade produtiva. Além disso, muitos países em desenvolvimento apresentam altas taxas de corrupção, o que significa que parte do dinheiro destinada a esses investimentos não é utilizada para esse fim.

Uma vez que a direção de investimentos públicos está relacionada a projetos ineficientes ou a corrupção, investir pode diminuir a produtividade do país. Não é vantajoso, nessa situação, retirar recursos de um setor para investir em outro que não trará benefícios. Podemos pensar, então, que a baixa produtividade dos países em desenvolvimento pode estar relacionada mais a uma má gestão dos seus projetos e a um mal direcionamento dos seus recursos do que à falta de recursos em investimento em infraestrutura.

Uma alternativa aos problemas metodológicos ligados à utilização do investimento público como proxy da infraestrutura, é utilizar dados físicos da infraestrutura para estimar o efeito que esta tem sobre a produtividade e o crescimento econômico de um país ou região. Como exemplo dessa metodologia, Fernald (1999) estima o impacto que a construção de rodovias tem sobre indústrias nos EUA entre a década de 60 e 90. O autor encontra que indústrias que fazem uso intensivo de rodovias apresentam um aumento de produtividade maior que aquelas indústrias que fazem um uso menor. Além disso, o autor ainda acaba com o problema de endogeneidade da infraestrutura, uma vez que observa que a construção das rodovias é exógena as ações das indústrias. Isso mostra que o aumento da infraestrutura levou a um aumento da produtividade e que a direção da relação

de causalidade não é de produtividade para infraestrutura. Outro ponto encontrado pelo autor é que o efeito positivo sobre a produtividade das indústrias se dá apenas enquanto a rodovia está sendo construída. Após sua construção, o efeito negativo causado pelo aumento dos congestionamentos leva ao não aumento do nível de produtividade das rodovias. Esse ponto vai de encontro com a questão levantada pelo World Bank (1994) de que a infraestrutura não é um bem público puro e por isso seu uso pode ser restringido. A equação utilizada por Fernald é exibida a seguir:

$$Y_i = U_i F^j(K_i, L_i, T(V_i, G))$$

Tal que Y_i é o produto, U_i é a tecnologia, K_i é o estoque de capital que não são veículos, L_i são as horas trabalhadas e T é o transporte, sendo G o estoque de veículos e estradas do setor V_i da economia dos EUA.

Sanchez-Robles (1998) também utiliza dados físicos de infraestrutura para encontrar evidências empíricas do efeito do investimento em infraestrutura sobre o crescimento do produto. Quando a autora utiliza unidades físicas de ferrovias, estradas, capacidade energética e telefones como proxy de infraestrutura, ela descobre efeitos positivos e significativos. No entanto, quando a autora utiliza como proxy de infraestrutura a parcela do PIB destinada ao investimento em infraestrutura, efeitos inconclusivos são encontrados. Esse trabalho ainda mostra que o investimento em infraestrutura tem efeito positivo sobre a economia até um ponto limite. Isso também foi mostrado no trabalho de Fernald (1999), em que se pode observar que a construção de mais uma rodovia não aumentaria a produtividade das indústrias da região.

Outro trabalho mais recente que utiliza dados físicos da infraestrutura em sua metodologia é o de Izquierdo et al (2016). Os autores estimam quais determinantes da produtividade devem ser priorizados dependendo do país para que sua renda per capita aumente. Como conclusão, Izquierdo et al encontram que diferentes níveis de renda demandam investimentos em diferentes setores e que investir apenas em um setor não é vantajoso, já que há interação entre os setores.

Para encontrar esses resultados, os autores dividem 49 países, sendo 19 da América Latina e do Caribe e 30 da OCDE, em 4 grupos de diferentes níveis de renda per capita. A pesquisa estima, então, o impacto que os setores de mercado de capitais,

educação, saúde, inovação, integração e trocas com mercados internacionais, mercado de trabalho, telecomunicações e infraestrutura têm sobre cada grupo. Os resultados mostram que o primeiro grupo e também o com menor nível de renda per capita, composto por Bolívia (2000-2010), Honduras e Nicarágua, é muito impactado por setores básicos que são a educação e a saúde. O segundo grupo, composto pelos países latino americanos e caribenhos com menores níveis de renda per capita como Equador e Paraguai, é mais impactado pelo mercado de trabalho, integração e trocas com mercados internacionais e por saúde. Já o terceiro grupo, composto por países latino americanos e caribenhos com maiores níveis de renda per capita e por alguns países europeus como Polônia e Portugal, para que consiga aumentar seu PIB per capita ao nível do PIB do quarto grupo, que é composto por países da OCDE, precisa investir em mercado de capitais, saúde e infraestrutura.

Apesar de muitos estudos encontrarem relação positiva e significativa entre infraestrutura e produção, também há estudos em que o efeito encontrado é negativo ou não significativo. Devarajan et al (1996), encontram, em estudo envolvendo 43 países em desenvolvimento, que gastos em transportes e comunicações, saúde, educação e capital têm ou efeito negativo ou efeito não significativo sobre crescimento econômico. Segundo os autores, a razão dessa relação negativa é a má alocação desses recursos por parte dos governos dos países em desenvolvimento. Assim como visto em Fernald (1999), em que a construção de mais rodovia não elevaria a produtividade das indústrias, Devarajan et al. expõe que gastos que são produtivos podem se tornar improdutivos se em excesso.

Em relação aos investimentos em países em desenvolvimento, Inderst e Stewart (2014) argumentam que empecilhos regulatórios, falta de experiência e falta de projetos concretos em infraestrutura e pouca diversidade e oferta de financiamentos são as maiores dificuldades que investidores privados encontram quando consideram investir nesses países. Além disso, Inderst e Stewart mostram que há diferentes instrumentos usados no investimento, por exemplo parcerias público-privado, e que escolher o veículo correto é essencial para que haja um efeito positivo entre investimento em infraestrutura e crescimento econômico.

3. Convergência Condicional

Uma hipótese do modelo neoclássico de Solow, modelo esse que originou diversos outros modelos, é que países ricos tendem a crescer mais devagar que países pobres. A hipótese de convergência assume que, tudo mais constante, países com menor PIB per capita e menor estoque de capital per capita crescem a uma taxa maior que países ricos. Por essa hipótese, o hiato entre o PIB per capita dos países pobres e dos países ricos deveria diminuir no longo prazo, uma vez que as rendas dos países convergiriam. No entanto, são muitos os casos em que países ricos crescem a taxas maiores que países pobres. Isso acontece, pois Solow admite convergência condicional, ou seja, países crescerão mais rápido quanto mais longe estiverem de seus estados estacionários.

Segundo Jones (2002), é possível verificar a existência de convergência condicional através da seguinte equação do modelo de Solow aumentado:

$$\frac{\dot{\tilde{k}}}{\tilde{k}} = s_K \frac{\tilde{y}}{\tilde{k}} - (n + g + d)$$

Tal que, a variação do estoque de capital, representado pelo lado esquerdo da equação, é igual ao investimento da economia ($s_K \frac{\tilde{y}}{\tilde{k}}$), menos o crescimento populacional (n), o crescimento da tecnologia (g) e a depreciação do capital (d). Além disso, é válido lembrar que:

$$\tilde{y} = \tilde{k}^\alpha$$

é a divisão de

$$y = k^\alpha (Ah)^{1-\alpha} \quad \frac{\dot{\tilde{k}}}{\tilde{k}}$$

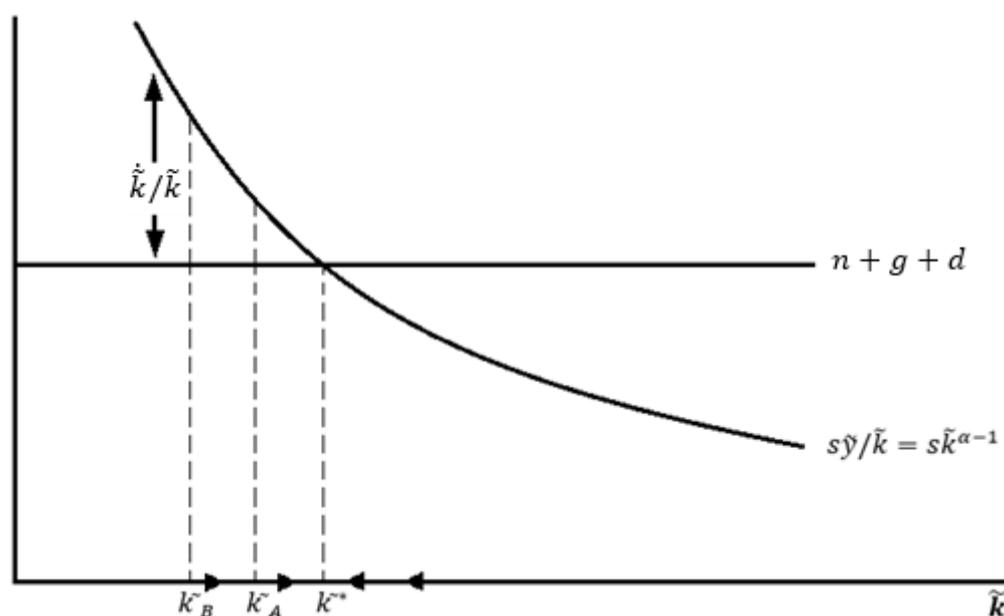
por

$$Ah$$

Onde, y é o produto per capita, k é o estoque de capital per capita, A é a tecnologia e h é o fator que mede o efeito dos anos de educação.

A figura 3 ilustra a equação do modelo de Solow aumentado descrita acima. Podemos ver que o país que se encontra em \tilde{k}_B , por estar mais distante do seu estado estacionário, \tilde{k}^* , apresenta uma taxa de crescimento do capital maior que a do país A, que apresenta o mesmo estado estacionário. Dessa forma, por \tilde{y} ser igual a \tilde{k}^α , verificamos que a velocidade de crescimento do produto do país B, assim como a sua velocidade de crescimento do capital, é maior que a do país A.

Figura 4: Dinâmica da transição no modelo neoclássico



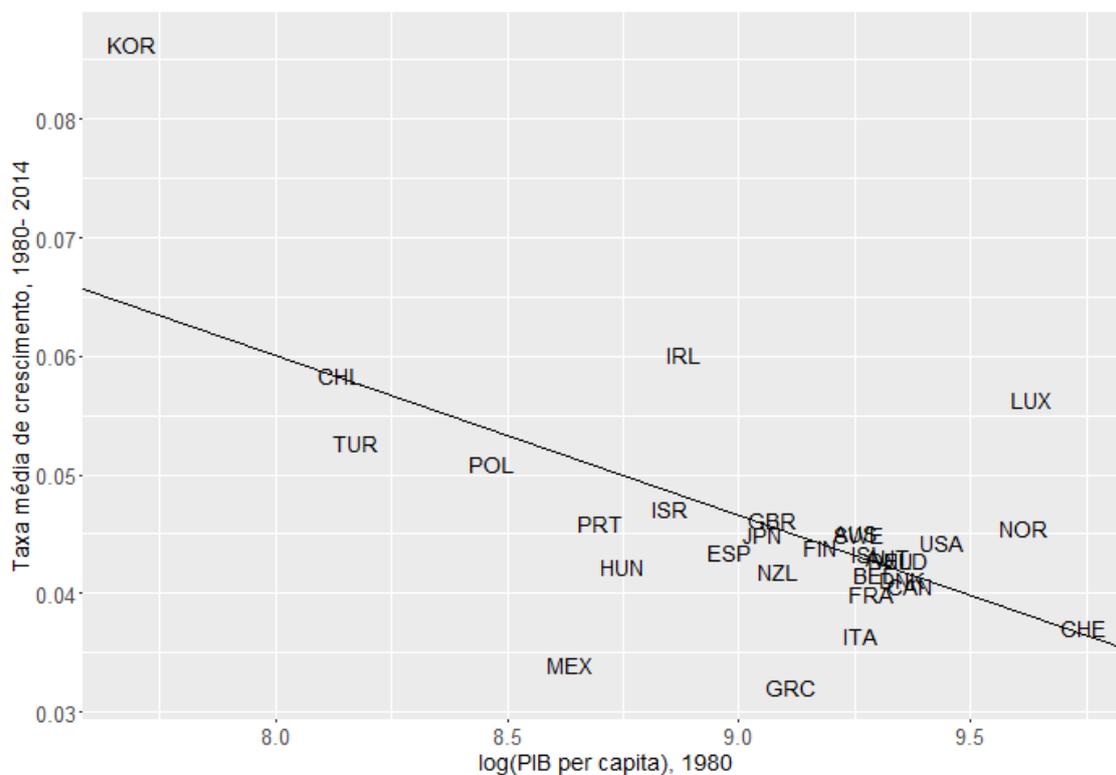
Fonte: Jones (2002)

Essa situação existe, pois consideramos que esses dois países apresentam os mesmos valores de crescimento populacional, de taxa de investimento e de nível tecnológico, o que faz com que tenham o mesmo produto no estado estacionário nesse modelo. Isto é, tudo mais constante, a taxa de crescimento do país com menor estoque de capital é maior que a do país mais rico.

Como exemplo empírico, a figura 4 ilustra a relação que há entre a taxa média de crescimento de 1980 a 2014 e o log do PIB per capita inicial dos países da OCDE. Vemos que países como a Coreia do Sul e o Chile, que apresentaram log do PIB per capita menores em 1980, obtiveram uma taxa média de crescimento maior que países mais ricos, como Noruega e Estados Unidos. Essa relação negativa entre PIB per capita inicial e taxa

de crescimento, explicitada na figura, é vista pela crença de que países da OCDE apresentam estados estacionários semelhantes.

Figura 5: Taxas média de crescimento versus PIB per capita inicial - OCDE



Fonte: WDI, World Bank

A diferença da taxa de crescimento entre os países está, então, correlacionada com seus estados estacionários. A questão agora é analisar quais são os fatores que definem o estado estacionário de cada país.

Para encontrarmos as variáveis presentes na função de produção e consequentemente presentes na definição do estado estacionário, devemos olhar para o modelo básico de Solow, modelo esse que foi aumentado e modificado por outros autores. Segundo o modelo básico de Solow, a função de produção depende de duas variáveis, capital e trabalho, e o produto no estado estacionário é dado por:

$$y^* = \left(\frac{s}{n+d}\right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$

Tal que, quanto maior a taxa de poupança (s) e menor a taxa de crescimento populacional (n) e a taxa de depreciação do capital (d), maior será o produto do país no estado estacionário. Isto é, segundo esse modelo, o que explica um país ser pobre e o outro ser rico são as taxas de investimento e a taxa de crescimento populacional, considerando que o desgaste do capital é zero.

Depois do modelo básico de Solow, diferentes outros modelos foram criados como adaptações do modelo original. Em 1992, Mankiw, Romer e Weil adicionam capital humano ao modelo de Solow com tecnologia (modelo que inclui variável de tecnologia, A , ao modelo básico de Solow). Segundo os autores, apesar do modelo original apresentar resultados satisfatórios, a inclusão do capitão humano melhora o desempenho do modelo. A função de produção desse modelo de Solow aumentado é dada por:

$$Y = K^\alpha (AH)^{1-\alpha}$$

E o produto no estado estacionário é dado por:

$$y^*(t) = A(t) \left(\frac{s}{n + g + d} \right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$

Dessa forma, o produto no estado estacionário, além de depender positivamente do investimento, que pode ser representada pela taxa de poupança (s), e negativamente da taxa de crescimento populacional (n) e da depreciação do capital (d), agora depende também do crescimento tecnológico (g) e do nível de tecnologia do país (A).

Em busca de modelos com melhores desempenhos, economistas incluíram novas variáveis que explicam o produto no estado estacionário e alteraram o modelo de Solow básico. Exemplos de proxies presentes em diversas regressões¹ que analisam o crescimento econômico são: infraestrutura, mercado de capitais, educação, saúde, inovações tecnológicas, mercado externo, mercado de trabalho, inflação, investimento, entre outras.

¹ Exemplos de autores que utilizaram diferentes variáveis em seus trabalhos: Sanchez-Robles (1998) inclui dados de infraestrutura, instabilidade política, inflação e crescimento populacional, entre outros. Izquierdo et al (2016) utilizam dados de infraestrutura, tecnologia, saúde, educação, mercado de capitais, entre outros. Nijkamp & Poot (2004) incluem dados de infraestrutura, gasto do governo em geral, gasto em educação, impostos entre outros.

4. Problema de Endogeneidade

O problema de endogeneidade existe, quando, ao mesmo tempo em que a infraestrutura afeta o produto, o produto afeta a infraestrutura. Uma das maiores preocupações ao se estimar o efeito da infraestrutura sobre o crescimento econômico é excluir o efeito que o produto tem sobre a infraestrutura, para que possa ser encontrado apenas o efeito da infraestrutura sobre a produção dos países. O problema que a endogeneidade, presente na estimação da infraestrutura sobre o crescimento do produto, traz é o de encontrar um efeito da infraestrutura superestimado ou subestimado. Essa situação fará com que a estimação não encontre o real efeito da infraestrutura sobre a economia. Visto a existência dessa relação entre produto e estoque de capital, muitos estudos buscam maneiras de acabar com esse problema de causalidade reversa.

Pelo modelo mais simples de Solow, podemos ver que o produto da economia é influenciado positivamente pelo capital e pela quantidade de trabalhadores, e que o crescimento do capital é afetado positivamente pelo investimento bruto (sY) e negativamente pela depreciação do capital (δK):

$$Y = K^\alpha L^{1-\alpha}; \frac{\partial Y}{\partial K} > 0$$

$$\dot{K} = sY - \delta K; \frac{\partial \dot{K}}{\partial sY} > 0$$

Segundo o modelo de Solow, a taxa de investimento (s) é alterada de forma exógena ao modelo e o que faz com que o investimento bruto aumente é o aumento do produto. No entanto, essa situação só é vista no modelo teórico, já que na vida real a taxa de investimento é alterada pelo crescimento do produto (Égert et al, 2009).

Ramp e De Haan (2005), enfatizam que infraestrutura afeta a produtividade e o PIB, e que esse crescimento econômico eleva as demandas e ofertas por uma infraestrutura melhor, ou seja, o crescimento da infraestrutura tem um efeito positivo sobre a própria infraestrutura. Também é possível enxergar essa situação pela ótica da arrecadação do governo. Quanto maior o investimento em infraestrutura, maior o crescimento da economia, mais o governo irá arrecadar e mais poderá investir em infraestrutura (Reis, 2008).

A teoria por trás dessa relação é que o aumento do produto aumenta a demanda por investimentos em infraestrutura. Podemos pensar em uma fábrica que está em expansão e demanda cada vez mais recursos para manter seu ritmo de crescimento. A oferta de energia, transportes e água que há ao seu entorno já não é mais suficiente para as suas necessidades, o que irá criar estímulos a novos investimentos em infraestrutura na região. Essa nova oferta de infraestrutura permitirá com que a fábrica continue crescendo e com que os seus custos de produção diminuam. Ou seja, o aumento da produção da fábrica permitiu o aumento da infraestrutura que por sua vez fez com que a produtividade da fábrica aumentasse.

Para que seja possível estimarmos apenas o efeito da infraestrutura sobre a produtividade, é necessário que encontremos situações em que a infraestrutura não é afetada pelo crescimento do produto. Visto isso, Égert et al (2009)² enumeram diferentes metodologias que buscam acabar com esse problema, entre elas estão o uso de variáveis instrumentais, o teste de causalidade de Granger e o uso de estoque de infraestrutura ao invés de investimento em infraestrutura.

Sanchez-Robles (1998) acredita ter acabado com o problema de endogeneidade ao estimar o efeito do investimento em infraestrutura sobre o crescimento do produto. O método empregado pela autora foi utilizar estoque de capital físico de infraestrutura ao invés de taxas de crescimento do investimento em infraestrutura. Sanches-Robles afirma ainda que, como o capital público tem uma taxa de depreciação pequena, o estoque de infraestrutura de um certo ponto no tempo vai produzir efeito positivo sobre crescimento por mais alguns anos.

Outra situação para acabar com o problema de endogeneidade é garantir que o investimento em infraestrutura não tenha ocorrido em decorrência do crescimento da produção. Fernald (1999) acredita não ter tido esse problema ao estimar o efeito da construção de rodovias sobre indústrias nos EUA. Segundo o autor, a decisão de construção de novas rodovias nos EUA foi exógena às indústrias e, por isso, o efeito positivo encontrado representa apenas o papel da infraestrutura sobre a produtividade das indústrias.

² Para mais informações sobre as maneiras de acabar com a endogeneidade, ver o trabalho “Infrastructure and Growth” de Égert et al (2009).

5. Estratégia Empírica

Para estimar o efeito da infraestrutura sobre o produto da economia, essa monografia se baseará em uma função de produção vista em Calderón e Servén (2002). Nesse trabalho, Calderón e Servén fazem uso de uma função Cobb-Douglas em que uma proxy para infraestrutura é incluída.

$$y = \alpha k + \beta h + \gamma z + (1 - \alpha - \beta - \gamma)l$$

Na equação acima, todos os parâmetros estão em logaritmo e retornos constantes de escala são considerados. Além disso, y é o produto da economia, k é o capital físico sem ser infraestrutura, h é o capital humano, z é o capital físico da infraestrutura e l representa o trabalhador.

Como proxy para o capital físico da infraestrutura, utilizarei o estoque de infraestrutura do período 0, ao invés do valor da infraestrutura durante os anos 0 e T. Como visto em Sanchez-Robles (1998), dessa forma é possível acabar com o problema de endogeneidade, pois o dado de infraestrutura se mantém fixo no tempo. Além disso, por considerarmos que a depreciação do estoque de capital de infraestrutura não é relevante em um período médio de tempo, os períodos de tempo aqui utilizados serão tais que suporemos que o estoque de infraestrutura no período de tempo T é equivalente ao estoque de infraestrutura do período 0.

Para melhor capturar o efeito que a infraestrutura tem sobre o crescimento do produto, um índice de infraestrutura que engloba três proxies de estoques de infraestrutura será criado. A metodologia para a formulação desse índice é vista em Sanchez-Robles (1998) e segue os seguintes passos:

1. Dividir os dados dos diferentes estoques de infraestrutura por população ou por km, já que cada país possui características populacionais e territoriais diferentes. Diminuir desses resultados a média e dividir pelo desvio padrão de cada conjunto de dado. Dessa forma será feita uma homogeneização dos dados dos estoques de infraestrutura e encontraremos u .
2. Devemos pensar que cada estoque de infraestrutura apresenta um peso diferente sobre o crescimento econômico. Visto isso, regrediremos o crescimento do PIB

pelos diferentes estoques de infraestrutura e encontraremos o peso (φ) de cada um que será dado pelos coeficientes da estimação.

3. Por último, encontramos o índice de infraestrutura (z), que é a soma dos dados de infraestrutura (u), ponderados pelos seus pesos (φ):

$$z = \sum_{i=1}^n \varphi_i u_i$$

O próximo passo é dividirmos a equação de produção pela força de trabalho. Como a função de produção já está expressa em logaritmo, ao reescreve-la para a estimação, encontramos a seguinte função:

$$y_{it} - l_{it} = \alpha_i + b_i + \alpha(k_{it} - l_{it}) + \beta(h_{it} - l_{it}) + \gamma(z_{it}) + \varepsilon_{it}$$

Onde i representa os países, t os anos e a variável ε é o erro aleatório.

Por fim, para resumir e simplificar o processo, a regressão para estimar o impacto da infraestrutura sobre o crescimento do PIB, será da seguinte forma:

$$\Delta \ln(Y/L)_{0,T} = \alpha + \theta(Y/L)_0 + \gamma(z)_0 + \beta(\delta)_{0,T}$$

Onde, a variação da renda per capita do período 0 e T, $\Delta \ln(Y/L)_{0,T}$, é dependente de $(Y/L)_0$, que é a renda per capita inicial, de $(z)_0$ que é o estoque de infraestrutura no período zero e de $(\delta)_{0,T}$ que são as proxies do desvio do estado estacionário que estão como médias dos períodos 0 e T. O PIB per capita inicial é incluído para capturar o estado da economia no período zero e, pela teoria de convergência condicional, espera-se uma relação negativa com o crescimento da economia. As variáveis do desvio estacionário serão o mercado de capitais, a educação, a saúde, a tecnologia, o mercado externo, o mercado de trabalho, a inflação e o investimento.

6. Dados

Os dados utilizados nessa monografia estão indicados abaixo, com suas respectivas fontes.

Tabela 1: Dados da Regressão

	Indicador	Fonte
1	PIB per capita, PPP	WEO, IMF
2	Densidade de rodovias	WDI, World Bank
3	Linhas ferroviárias ³	WDI, World Bank
4	Capacidade energética	US EIA Historical Statistics for 1980-2009
5	Crédito bancário ao setor privado	WDI, World Bank
6	Rule of law	Worldwide Governance Indicators
7	Maiores de 25 anos com educação secundária	Barro R. & J.W. Lee (Fevereiro 2016)
8	Maiores de 25 anos sem escolaridade	Barro R. & J.W. Lee (Fevereiro 2016)
9	Expectativa de vida ao nascer	WDI, World Bank
10	Mortalidade menores de 5 anos	WDI, World Bank
11	Mortalidade materna	WDI, World Bank
12	Exportação de manufaturados de alta tecnologia	United Nations, Comtrade database
13	Investimento externo direto	WDI, World Bank
14	Comércio exterior	WDI, World Bank
15	Taxa de desemprego	WDI, World Bank
16	Inflação	WDI, World Bank
17	Taxa de investimento	WDI, World Bank

Para estimar o efeito da infraestrutura sobre a economia, além de incluir dados da infraestrutura, é necessário controlar a regressão para outras variáveis. Foram adicionadas, então, variáveis que são consideradas como possíveis definidoras do estado estacionário. Como proxies de infraestrutura, foram adicionados dados do estoque da infraestrutura, sendo eles a densidade de rodovias, linhas ferroviárias e a capacidade energética. Como proxies de mercado de capitais, foram inclusos dados do crédito bancário ao setor privado e rule of law. Como proxies de educação, foram utilizadas as

³ Devido à falta de informação no ano de 2005 e por acreditar que os anos próximos apresentam dados semelhantes, foram utilizados dados dos seguintes anos nos países a seguir: 1998 (Indonésia), 1999 (Nova Zelândia) e 2001 (Chile e Israel).

porcentagens de maiores de 25 anos com educação secundária e sem educação. Como proxies de saúde, foram adicionados dados sobre a expectativa de vida ao nascer, a taxa de mortalidade de menores de 5 anos e a mortalidade materna. Para representar a tecnologia foram inclusos dados sobre a exportação de manufaturados de alta tecnologia. Como proxies de mercado externo, foram adicionados dados sobre o investimento externo direto e sobre o comércio externo. Como proxy do mercado de trabalho, a taxa de desemprego foi inclusa. Além disso, foram adicionados dados sobre inflação e taxa de investimento dos países.

O período da regressão contempla os anos de 2000 a 2010, portanto, excluído os dados de infraestrutura e o PIB per capita inicial, os valores utilizados na regressão foram as médias dos resultados das variáveis entre os anos de 2000 e 2010. Quanto aos dados de infraestrutura, por serem dados de estoque, os valores da densidade de rodovias, das linhas ferroviárias e a da capacidade energética foram do período inicial, ou seja, ano de 2000.

A seguir estão relacionados os 63 países utilizados na regressão dessa monografia, sendo os mesmos separados por regiões segundo o Banco Mundial. A escolha dos países contemplados na regressão foi feita, simplesmente, pela existência ou não de dados.

Tabela 2: Lista de países e regiões

África Subsaariana		Europa & Ásia Central		Norte da África & Oriente Médio	
1	África do Sul	15	Albânia	43	Arábia Saudita
2	Camarões	16	Alemanha	44	Argélia
3	Congo	17	Armênia	45	Egito
4	Costa do Marfim	18	Áustria	46	Irã
5	Gabão	19	Bélgica	47	Israel
6	Gana	20	Bulgária	48	Jordânia
7	Mali	21	Croácia	49	Marrocos
8	Quênia	22	Dinamarca	50	Tunísia
9	Senegal	23	Eslováquia		
10	Tanzânia	24	Eslovênia	Pacífico & Ásia Oriental	
11	Zâmbia	25	Espanha	51	Austrália
		26	Estônia	52	China
América do Norte		27	Finlândia	53	Córea do Sul
12	Estados Unidos	28	França	54	Filipinas
		29	Grécia	55	Indonésia
América Latina & Caribe		30	Holanda	56	Japão
13	Chile	31	Irlanda	57	Malásia
14	Venezuela	32	Itália	58	Mongólia
		33	Letônia	59	Nova Zelândia
		34	Lituânia	60	Vietnã
		35	Polônia		
		36	Portugal	Sul da Ásia	
		37	Reino Unido	61	Bangladesh
		38	República Tcheca	62	Índia
		39	Rússia	63	Paquistão
		40	Sérvia		
		41	Suíça		
		42	Ucrânia		

7. Resultados

A figura 6 apresenta os resultados da regressão do log do crescimento do PIB per capita de 2000 a 2010 por diversas variáveis. Podemos observar que a infraestrutura econômica é a variável que apresenta maior impacto sobre o crescimento do PIB per capita entre as variáveis adicionadas no modelo, apresentando um efeito positivo de 0.035 pontos ao nível de significância de 5%. Além disso, através do R2 ajustado, verificamos que as variáveis presentes na regressão explicam 76,7 % do crescimento do PIB per capita entre os anos de 2000 e 2010⁴.

Figura 6: Regressão 1

Dependent variable:	
log(PIB2010) - log(PIB2000)	
PIB inicial(2000)	-0.00002*** (0.00000)
Infraestrutura	0.035** (0.016)
Crédito bancário ao setor privado	-0.0001 (0.0005)
Rule of law	0.024 (0.031)
Maiores de 25 anos com educação secundária	0.003** (0.001)
Maiores de 25 anos sem escolaridade	-0.001 (0.002)
Expectativa de vida ao nascer	-0.005 (0.006)
Mortalidade menores de 5 anos	-0.001 (0.002)
Mortalidade materna	-0.0004* (0.0002)
Exportação de manufaturados de alta tecnologia	0.001 (0.001)
Investimento externo direto	0.009** (0.004)
Comércio exterior	-0.001* (0.001)
Taxa de desemprego	-0.006* (0.003)
Inflação	-0.001 (0.004)
Taxa de investimento	0.014*** (0.003)
Constant	0.868* (0.474)
Observations	63
R2	0.823
Adjusted R2	0.767
Residual Std. Error	0.101 (df = 47)
F Statistic	14.615*** (df = 15; 47)
Note:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

⁴ A regressão feita para encontrar os coeficientes dos dados dos estoques de infraestrutura encontra-se no Apêndice A.

8. Conclusão

O crescimento econômico é um dos indicadores mais estudados por economistas e governantes do mundo todo. Isso se dá pela correlação positiva encontrada não somente entre crescimento econômico e aumento do poder de compra das famílias, mas também por todos os benefícios socioeconômicos que são com ele alcançados. No entanto, apesar de diversos fatores, como educação e saúde, terem efeito positivo sobre o crescimento do PIB per capita, é preciso investir naquelas variáveis que apresentam o maior efeito sobre o crescimento do produto, já que os recursos são escassos e em diversas situações estamos tratando de países pobres ou em desenvolvimento.

A infraestrutura econômica afeta o PIB per capita através do aumento da produtividade dos fatores. Ela permite com que toda produção exista e faz com que os seus custos diminuam. Nessa monografia, encontramos que a infraestrutura econômica, entre diversas proxies de educação, saúde, investimento e outras, é a variável que mais afetou o crescimento do PIB per capita entre os anos de 2000 e 2010. Segundo esse trabalho de final de curso, a infraestrutura tem impacto positivo de 0,035 pontos ao nível de significância de 5% sobre o crescimento do PIB per capita.

Para a regressão desse trabalho, foram utilizados dados do estoque de infraestrutura. Esses dados foram empregados para tentar acabar com o problema de endogeneidade que existe entre produto e infraestrutura e, para que assim, o coeficiente da infraestrutura encontrado não fosse subestimado ou superestimado por esse motivo. Apesar dos dados do estoque de infraestrutura evitarem o problema de endogeneidade, eles não capturam a qualidade da infraestrutura. Ou seja, os dados da densidade rodoviária, por exemplo, não especificam se as estradas são de alta ou baixa qualidade. Podemos imaginar que a qualidade das rodovias na Noruega seja maior que a qualidade das rodovias no Brasil, entretanto, essa diferença não é capturada pelos dados do estoque de infraestrutura. Esse problema também pode causar uma má estimativa do efeito da infraestrutura sobre o crescimento do produto.

Apesar da possível alteração nos resultados em decorrência de más informações sobre os estoques de infraestrutura, os resultados encontrados nessa monografia são muito relevantes e corroboram com os resultados encontrados por Sanchez-Robles (1998),

Fernald (1999), Berndt e Hansson (1992), entre outros. Acredito que pesquisas como essas são necessárias para que haja um melhor direcionamento do dinheiro público e melhores políticas governamentais.

Referências

- AGÈNOR, P.; MORENO, B. *Public infrastructure and growth new channels and policy implications*. World Bank, Poverty Reduction and Economic Management Network, Office of the Vice President, Washington, D.C, 2006.
- BERNDT, E; HANSSON, B. *Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden*. Scand. J. of Economics, v.94, p.151 – 168, 1992.
- BRESSER-PEREIRA, L. *O Conceito Histórico do Desenvolvimento Econômico*. 2006
- CALDERÓN, C.; SERVÉN, L. *The Output Cost of Latin America's Infrastructure Gap*. Central Bank of Chile. Working Paper, n. 186, 2002.
- DE CASTRO, André. *Growth Effects of Public Spending on Infrastructure and Education in Brazil*. University of Manchester, 2015.
- DEVARAJAN, S.; et al. *The Composition of Public Expenditure and Economic Growth*. Journal of Monetary Economics, n. 37, 313 – 344, Policy Research Department, The World Bank, Washington DC, 1996.
- ÉGERT, B.; et al. *Infrastructure and Growth: Empirical Evidence*. OECD Economics Department Working Paper, n. 685, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, 2009.
- FERNALD, J. *Assessing the link between public capital and productivity*. American Economic Review, (89:3), pp. 619–638, 1999.
- FERREIRA, P.; FRANÇA, J. *Um Estudo sobre Infraestrutura: Impactos Produtivos, Cooperação Público-Privado e Desempenho Recente na América Latina*. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2004.
- HLAVAC, M. *Stargazer: Well-Formatted Regression and Summary Statistics Tables*. R package version 5.2, 2015.
- INDERST, G.; STEWART, F. *Institutional Investment in Infrastructure in Developing Countries*. World Bank, Financial and Private Sector Development, 2014.

IZQUIERDO, A et al. *In Search of Larger Per Capita Incomes: How to Prioritize across Productivity Determinants?* IDB Working Paper Series, IDB-WP-680, Inter-American Development Bank, 2016.

JONES, C. *Introduction to Economic Growth*. New York: W.W. Norton and Co., Segunda Edição, 2002.

KAUFMANN, D; KRAAY, A; MASTRUZZI, M. *The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues*. World Bank Policy Research Working Paper, n. 5430.

MACIEL, C. *Políticas de regulação de setores infraestruturais no governo Lula (2003-2005)*. A Supremacia dos Mercados e a Política Econômica do Governo Lula. São Paulo: Unesp, 2006.

MANKIW, G; ROMER, D; WEIL, D. *A Contribution to the Empirics of Economic Growth*. *Quarterly Journal of Economics*, v.107, p. 407-438, 1992.

NIJKAMP, P.; POOT, J. *Meta-analysis of the effect of fiscal policies on long-run growth*. *European Journal of Political Economy*, 20 (1), p. 91-124, 2004.

PRITCHETT, L. *Mind your P's and Q's*. World Bank Policy Research Paper, n° 1660, The World Bank, 1996.

RAMP, W; DE HAAN, J. *Public Capital and Economic Growth: a Critical Survey*. *European Investment Bank Papers*, v.20, n. 1, p. 42 – 71, 2005.

REIS, Cristina F. B. *Os Efeitos do Investimento Público sobre o Desenvolvimento Econômico: análise aplicada para a economia brasileira entre 1950 e 2006*. XIII Prêmio Tesouro Nacional em Finanças Públicas, Brasília, 2008.

SANCHEZ-ROBLES, B. *Infrastructure Investment and Growth: Some Empirical Evidence*. *Contemporary Economic Policy*, v. 16, n. 1, p. 98 – 108, 1998.

World Bank. *Annual Report*. World Bank, 1994.

Apêndice A

Na tabela abaixo está o resultado da regressão feita para encontrar os coeficientes do índice de infraestrutura (φ), detalhados na sessão de metodologia dessa monografia. Podemos ver que das três proxies de infraestrutura, a variável capacidade energética é a única que apresenta um efeito positivo e significativo ao nível de 10% de 0,067 pontos. Além disso, as variáveis do modelo explicam 75,7% da variável dependente, mostrado pelo R2 ajustado.

Os coeficientes de infraestrutura são: 0,004 (Densidade de rodovias), -0,035 (Linhas ferroviárias) e 0,067 (Capacidade energética).

Figura 7: Regressão com infraestrutura desagregada

Dependent variable:	
log(PIB2010) - log(PIB2000)	
PIB inicial(2000)	-0.00002*** (0.00000)
Densidade de rodovias	0.004 (0.020)
Linhas ferroviárias	-0.035 (0.023)
Capacidade energética	0.067* (0.034)
Crédito bancário ao setor privado	-0.0001 (0.001)
Rule of law	0.024 (0.036)
Maiores de 25 anos com educação secundária	0.003* (0.001)
Maiores de 25 anos sem escolaridade	-0.001 (0.002)
Expectativa de vida ao nascer	-0.005 (0.006)
Mortalidade menores de 5 anos	-0.001 (0.002)
Mortalidade materna	-0.0004* (0.0002)
Exportação de manufaturados de alta tecnologia	0.001 (0.001)
Investimento externo direto	0.009** (0.005)
Comércio exterior	-0.001* (0.001)
Taxa de desemprego	-0.006* (0.003)
Inflação	-0.001 (0.004)
Taxa de investimento	0.014*** (0.003)
Constant	0.868* (0.503)
Observations	63
R2	0.823
Adjusted R2	0.757
Residual Std. Error	0.104 (df = 45)
F Statistic	12.347*** (df = 17; 45)
Note:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01