



Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e

Gestão de Políticas Públicas – FACE

Departamento de Economia

Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas

Lucas Naves de Almeida

**ENGENHEIROS E CRESCIMENTO ECONÔMICO:
EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS DO IMPACTO DA QUANTIDADE DE
ENGENHEIROS NO CRESCIMENTO ECONÔMICO DOS
ESTADOS**

BRASÍLIA

2019



Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e
Gestão de Políticas Públicas – FACE

Departamento de Economia

Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas

**ENGENHEIROS E CRESCIMENTO ECONÔMICO:
EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS DO IMPACTO DA QUANTIDADE DE
ENGENHEIROS NO CRESCIMENTO ECONÔMICO DOS
ESTADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Economia pelo programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade de Brasília.

Orientador: Roberto de Góes Ellery Júnior

BRASÍLIA

2019

Ficha Catalográfica

Naves, Lucas

Engenheiros e crescimento econômico: evidências empíricas do impacto da quantidade de engenheiros no crescimento econômico dos estados/ Lucas Naves. – Brasília, 2014.

49 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Economia.

Orientador: Roberto de Góes Ellery Júnior

1. Engenheiros. 2. Capital humano. 3. Crescimento econômico.

LUCAS NAVES DE ALMEIDA

**ENGENHEIROS E CRESCIMENTO ECONÔMICO: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS
DO IMPACTO DA QUANTIDADE DE ENGENHEIROS NO CRESCIMENTO
ECONÔMICO DOS ESTADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia pelo Departamento de Economia da Universidade de Brasília.

Aprovado em 28 de março de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto de Góes Ellery Júnior

Prof. Dr. Victor Gomes e Silva

Prof. Dr. Antonio Nascimento Júnior

Resumo

Esse trabalho analisa a importância dos engenheiros para o crescimento econômico, tendo como base a teoria do capital humano. O objetivo principal é verificar se a quantidade de engenheiros na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) a cada 10.000 pessoas da População Economicamente Ativa (PEA) gera impacto sobre o crescimento do PIB real *per capita* dos estados brasileiros. Utilizou-se dados em painel para as 27 Unidades Federativas entre 2004 e 2014, em que foram empregados o método de Efeitos Fixos e o Método dos Momentos Generalizados (GMM). Os resultados mostraram que os engenheiros têm um efeito positivo e significativo sobre o crescimento dos estados.

Palavras-Chave: engenheiros. capital humano. crescimento econômico.

Abstract

This dissertation analyzes the importance of engineers for economic growth, based upon the theory of human capital. The main objective is to verify whether the number of engineers in the Annual Report of Social Information (in portuguese, *Relação Anual de Informações Sociais*, or RAIS) for each 10,000 people of the Economically Active Population (in portuguese, *População Economicamente Ativa*, or PEA) has an impact on the Brazilian states' real GDP growth per capita. Panel data were used for the 27 Federative Units among 2004 and 2014, where the Fixed Effects and Generalized Method of Moments (GMM) were used. The results showed that engineers have a positive and significant effect on states growth.

Keywords: engineers. human capital. economic growth.

Lista de Gráficos

Gráfico 2.1 - Percentagem de Bacharéis Graduados em Engenharia, Manufatura e Construção em 2016	22
Gráfico 2.2 - Quantidade de Matriculados em Cursos de Engenharia em Instituições Públicas, Privadas e no Total	24
Gráfico 3.1 - Evolução da Quantidade Total de Engenheiros	29
Gráfico 3.2 - Variação Percentual dos Engenheiros e do Total da RAIS.....	29
Gráfico 3.3 - Distribuição dos Engenheiros por Setor da Economia CNAE 1.0.....	30
Gráfico 3.4 - Distribuição dos Engenheiros/PEA por Unidade Federativa	31

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 - Balanço dos Indicadores de Escassez	12
Tabela 4.1 - Resultados do Teste Econométrico	37

Lista de Siglas e Abreviações

ABENGE	Associação Brasileira de Educação e Engenharia
BRIC	Brasil, Rússia, Índia e China
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
EA	Efeitos Aleatórios
EF	Efeitos Fixos
FBCF	Formação Bruta de Capital Fixo
GMM	Método dos Momentos Generalizados
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
PEA	População Economicamente Ativa
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação de Automática
UF	Unidade(s) Federativa(s)

Sumário

I – Introdução	10
II – Revisão de Literatura	14
2.1 Teoria do Capital Humano.....	14
2.2 Capital Humano e Crescimento Econômico	16
2.3 O Capital Humano de Engenheiros.....	20
III – Dados e Estatísticas	27
3.1 - Base de Dados	27
3.2 - Estatísticas Descritivas	28
IV – Análise Empírica	31
4.1 – Modelo Econométrico.....	31
4.2 – Resultados	35
V – Conclusão	37
VI – Referências Bibliográficas	40
VII – Apêndice	44

I – Introdução

Em 2010, iniciou-se um debate sobre a capacidade do Brasil formar engenheiros em quantidade suficiente para suprir as crescentes demandas da economia. Entre os fatores que mais influenciaram esse debate estavam: a boa fase de crescimento econômico do país; a descoberta das reservas de petróleo do Pré-Sal; as grandes obras como a hidrelétrica de Belo Monte e a transposição do Rio São Francisco; e as obras de infraestrutura para sediar a Copa do Mundo da FIFA em 2014 e as Olimpíadas do Rio de Janeiro em 2016.

O debate levantou preocupações para uma possível escassez de engenheiros no curto prazo, o que gerou destaque na imprensa. A matéria publicada na revista Exame (2012) mostrou que a Confederação Nacional da Indústria (CNI) alertava que poderiam faltar engenheiros já no ano de 2014. Nessa matéria também foram apontados três desafios para o Brasil: fazer com que mais concluintes do ensino médio se interessassem pelos cursos de engenharia, diminuir a evasão dos alunos de engenharia e fazer com que os engenheiros formados atuassem dentro das suas áreas de formação. Uma outra matéria destacou que o percentual dos engenheiros formados no Brasil se encontrava abaixo do observado nos países que compõem a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) (O GLOBO, 2011).

Argumentou-se que o cenário de poucos engenheiros no Brasil havia sido ocasionado por um “desmanche” no setor de engenharia durante as décadas de 80 e 90, e que impulsionar esse setor deveria ser da mais alta importância para o governo brasileiro (FOLHA, 2012). Apesar dos abalos com a operação Lava Jato – principalmente no setor de construção civil - e do período de recessão iniciado em 2014, foi apontado que o Brasil ainda necessitava de mais engenheiros para operarem na área de infraestrutura, que ainda enfrenta sérios gargalos em saneamento, transporte e habitação (EXAME, 2017).

No meio acadêmico, também foram realizados estudos com foco na oferta e demanda de engenheiros no país. Os trabalhos de Meyer *et al.* (2010) e Maciente e Araújo (2011) usaram dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para projetar futuras demandas por engenheiros. O primeiro fez projeções até 2022 e o segundo até 2020. Os resultados de ambos estudos indicaram fortes indícios de que poderia haver uma escassez relativa desses profissionais, ou seja, a razão entre engenheiros empregados na função típica e o estoque total desses profissionais tenderia a diminuir nos próximos anos.

Porém, uma limitação desses estudos foi as projeções para as taxas de crescimento do PIB, que ficaram muito mais altas do que as já observadas. O que demonstrou um reflexo do cenário de otimismo econômico na época em que esses trabalhos foram realizados. Para a oferta de engenheiros, Pereira *et al.* (2011) fizeram projeções até 2020 utilizando o método dos componentes demográficos.

No campo de políticas públicas, foram desenvolvidos programas de fomento ao ensino de engenharias. Em 2007, o Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) lançou o edital “Pró-Engenharias”, destinado a estimular a pesquisa e a formação de pessoas nas áreas de engenharia. O Pró-Engenharias teve como objetivo “desenvolver e consolidar o desenvolvimento de áreas consideradas estratégicas através da análise das prioridades e das competências existentes”. Esse edital resultou em 75 projetos aprovados e com a distribuição de R\$32 milhões para 251 instituições de ensino ao longo de quatro anos, sendo que 66% desse valor foi destinado a bolsas de pós-graduação (CAPES, 2014).

Nos anos de 2012 e 2013, a CAPES junto à Associação Brasileira de Educação e Engenharia (ABENGE) retomaram o programa Pró-Engenharias, desta vez com três novos focos: a capacitação de docentes, o apoio aos cursos de graduação a distância em engenharia e a tentativa de melhorar o ensino de física e matemática no ensino médio e nos anos iniciais dos cursos de engenharia (CAPES, 2014).

Em 2012, o governo do estado do Amazonas lançou o “Programa Estratégico de Indução à Formação de Recursos Humanos em Engenharias no Amazonas” – que foi intitulado de Pró-Engenharia. Sob o pretexto de que faltavam engenheiros no estado, o programa teve como objetivo incentivar os alunos de ensino médio da rede pública a seguirem carreiras acadêmicas ou profissionais nas áreas de engenharia. Os alunos do programa receberam aulas em laboratório, realizaram visitas técnicas de campo e ganharam bolsas de estudo, as quais poderiam ser renovadas caso o aluno fizesse uma graduação ou pós-graduação em alguma área de engenharia. Estimou-se um gasto de R\$4 milhões no programa (PORVIR, 2014).

Em 2013, a então presidente da república Dilma Rousseff sinalizou interesse em importar engenheiros para o Brasil, pois faltavam esses profissionais nos governos municipais. O objetivo seria facilitar o repasse de verbas da união para os municípios investirem em obras públicas, pois os projetos de construção exigem a avaliação e assinatura de um engenheiro para serem executados (EXAME, 2013).

Lins *et al.* (2014) fizeram um levantamento de toda essa discursão relativa à possível escassez de engenheiros no Brasil. Observando os indicadores de escassez de mão de obra (tabela 1.1), eles concluíram que não existiria motivos para se temer uma escassez generalizada e que apenas houveram algumas pressões de curto prazo no mercado de trabalho da categoria.

Tabela 1.1 - Balanço dos Indicadores de Escassez

Pergunta	Resposta	A resposta sinaliza escassez?
O emprego cresce a taxas maiores do que a formação dos engenheiros com respeito ao passado recente?	Não, embora tenha havido crescimento vigoroso do emprego, o número de recém-formados em engenharia acompanha ou ultrapassa esse crescimento.	Não
O crescimento no emprego e no número de recém-formados em engenharias foi menor que o crescimento do PIB?	Não, este crescimento vigoroso foi bem maior que o crescimento do próprio PIB.	Não
Houve crescimento no diferencial do salário dos engenheiros em relação às outras opções?	Sim. Ao longo da década de 2000 isso de fato aconteceu, principalmente quando comparado ao pessoal ocupado de nível superior. Entretanto, deve-se notar que há uma reversão da tendência deste diferencial a partir de 2009.	Sim
Houve queda no desemprego dos engenheiros?	Sim. Entre 2000 e 2010, ela caiu de 4% para 2%. Mas cabe notar que esta taxa é historicamente baixa.	Sim
Houve aumento da proporção de engenheiros trabalhando em ocupações típicas, em comparação com as "não típicas"?	Sim. A proporção dos engenheiros em ocupações típicas aumentou, bem como o diferencial de salário entre exercer uma ocupação típica de engenharia e exercer outra ocupação.	Sim
Há rotatividade dos engenheiros conjugada com queda na diferença dos salários entre desligados e admitidos?	Não	Não

Fonte e elaboração: Lins *et al.* (2014).

A análise dos indicadores acima levou à conclusão de que: embora houvessem momentos de pressão na demanda por engenheiros durante primeira década de 2000, essas pressões haviam se dissipado nos últimos anos devido a entrada de novos profissionais. Lins *et al.* (2014) então apontaram quatro pontos que poderiam explicar a percepção da “escassez” de engenheiros no Brasil:

- i) a má qualidade na formação de alguns novos engenheiros, pois a evolução na quantidade de formandos não foi acompanhada por uma mesma evolução na qualidade.
- ii) o hiato geracional, que criou dificuldades na contratação de profissionais experientes para liderar projetos e obras.
- iii) os déficits em competências específicas na área de engenharia.
- iv) os déficits de profissionais em algumas regiões.

Apesar de toda essa preocupação com o abastecimento de engenheiros no país, pouco se discutiu sobre o porquê de os engenheiros serem considerados tão vitais para o desenvolvimento econômico, e qual a real importância de políticas de fomento à formação de engenheiros. Logo, nesse trabalho pretendemos analisar esses pontos deixados em aberto, ressaltando ainda quais são os principais canais pelos quais os engenheiros auxiliam a economia.

Na literatura, há trabalhos empíricos que analisam os engenheiros como: uma *proxy* para a atividade de empreendedor (MURPHY *et al.*, 1991); uma formação universitária de nível técnico (GAMERO-BURÓN, 1997); um tipo específico de mão de obra (LINS *et al.* 2014); um tipo de profissional importante para o processo de industrialização (CAICEDO e MALONEY, 2014) e para o desenvolvimento da infraestrutura (CEBR, 2016). Esses estudos serão discutidos de forma mais detalhada na próxima seção.

Analisaremos a questão dos engenheiros por meio da teoria de capital humano relacionada à literatura de crescimento econômico. Seguindo uma linha de análise semelhante à de Lins *et al.* (2014) e Caicedo e Maloney (2014), queremos investigar como o nível de capital humano de engenheiros impacta o crescimento econômico brasileiro a nível sub-regional. O objetivo primário será realizar uma análise para todas as Unidades Federativas (UF) brasileiras, em que verificamos se os níveis de empregabilidade de engenheiros na população, medido pela quantidade de engenheiros contratados sobre

população economicamente ativa (PEA), apresentam efeitos positivo sobre o crescimento do PIB estadual *per capita*.

Indo de encontro ao que foi exposto ao longo dessa seção, nosso objetivo secundário será o de responder se o Brasil deve mostrar preocupações quanto à demanda por engenheiros, e até mesmo se há lógica em se realizar programas de incentivo à formação desses profissionais.

Esse estudo utilizará regressões de dados em painel para os anos de 2004 a 2014, e as estimativas serão feitas utilizando o método de Efeitos Fixos (EF) e o Método dos Momentos Generalizados (GMM). Cabe destacar que iremos investigar se há alguma correlação entre o número de engenheiros empregados e o crescimento econômico dos estados. Caso tentássemos comprovar causalidade entre essas duas variáveis, seria necessário o uso de outra metodologia econométrica, que está além do escopo desse trabalho.

Além dessa introdução, na segunda seção faremos uma revisão de literatura sobre capital humano e crescimento econômico, com ênfase para os estudos que analisam as regiões brasileiras e os que exploram o impacto dos engenheiros no crescimento. Na terceira falaremos dos dados utilizados e das estatísticas descritivas. Na quarta apresentaremos a nossa análise empírica. Na quinta seção faremos a conclusão.

II – Revisão de Literatura

2.1 Teoria do Capital Humano

O termo “capital humano” foi formalizado a partir da década de 50, com os trabalhos dos economistas Theodore Schultz, Gary Becker e Jacob Mincer (GOLDIN, 2016).

Schultz (1961) trabalhou a ideia de que os conhecimentos e habilidades da mão de obra poderiam ser vista como uma forma de capital. Antes, os economistas reconheciam a importância da produtividade do trabalhador, porém não a tratavam como um capital que poderia ser incrementado deliberadamente, isto é, ser capaz de receber investimentos. O autor afirmou ainda que haveriam cinco formas de se investir em capital humano: (1) as melhorias na infraestrutura e nos serviços de saúde; (2) o treinamento no emprego; (3) a educação formal; (4) os programas educacionais para adultos que não

fossem organizados pelas firmas; (5) a imigração de indivíduos e famílias para se ajustarem às oportunidades de trabalho. Schultz também argumentou que as baixas taxas de absorção do capital físico e tecnológico observadas em países subdesenvolvidos poderiam ser explicadas pela escassez de capital humano. Portanto, essa variável poderia ser essencial na explicação da diferença entre as taxas de crescimento econômico dos países.

Para Becker (1994), a escolaridade serviria para incrementar o salário e a produtividade do trabalhador, pois ela seria capaz de gerar novos conhecimentos, habilidades e maneiras de se analisar problemas. Segundo o autor, o investimento em capital humano por meio do treinamento laboral (*on-the-job training*) ou escolar seriam divididos em duas classes: no geral, que traz conhecimentos capazes de serem utilizados em qualquer firma, e no específico, que é o conhecimento para um tipo específico de função exercida em uma determinada firma.

Becker (1994) também aponta outra linha de pensamento, em que a escolaridade não teria tanto impacto na produtividade, mas funcionaria como uma “credencial”. Nessa linha, a obtenção de um diploma serviria de fonte de informação para o empregador sobre as capacidades laborais dos indivíduos.

Acemoglu e Autor (2009) apontam diferentes definições de capital humano, classificadas conforme a visão de diferentes estudiosos:

- Becker: o capital humano aumentaria a produtividade do trabalhador em todas as tarefas, organizações e situações. O capital humano poderia ser representado por um objeto unidimensional chamado de “estoque de conhecimento”.
- Gardner: a partir da teoria de inteligências múltiplas, o capital humano poderia ser considerado um objeto multidimensional.
- Schultz/Nelson-Phelps: capital humano seria a capacidade de adaptação do trabalhador às situações de “desequilíbrio”.
- Bowles-Gintis: capital humano seria um conjunto de funções ligadas à sociedade hierárquica e capitalista, como as de trabalhar conforme a dinâmica de ambientes corporativos e de conseguir obedecer e executar ordens.

- Spencer: medidas observáveis de capital humano seriam sinalizações de habilidades, e não precisariam estar ligadas a características independentemente úteis para o processo produtivo.

2.2 Capital Humano e Crescimento Econômico

Na literatura de crescimento econômico, a inclusão do capital humano foi iniciada indiretamente com o trabalho de Solow (1957). O modelo de crescimento de Solow explica que o crescimento do PIB por trabalhador se daria pelo acréscimo da força de trabalho ou do estoque de capital físico, além de um “resíduo”, que seria o conjunto dos outros fatores envolvidos na produção. Utilizando dados dos Estados Unidos para o período de 1909 a 1949, Solow mostrou que os resíduos seriam responsáveis por 87,5% do crescimento econômico.

Ao longo dos anos em que outros estudos utilizando o modelo de Solow vieram a ser publicados, o resíduo passou a ter uma relevância cada vez maior nos resultados, ou seja, indicaram que algo diferente da acumulação de capital físico estava sendo responsável pela maior parcela do crescimento econômico. Os estudos que investigaram esse “fator diferente” como sendo o aumento da produtividade do trabalhador, via educação e treinamento, conseguiram explicar grande parte do que poderia ser o resíduo de Solow (GOLDIN, 2016).

Posteriormente o capital humano foi diretamente adicionado ao modelo de Solow por Mankiw *et al.* (1992). Nessa abordagem, além de serem utilizadas as variáveis clássicas do modelo, o crescimento da renda *per capita* dependeria também do investimento em capital humano. As estimativas apontaram que, assim como o investimento em capital físico, o investimento em capital humano conseguiria explicar cerca de um terço das taxas crescimento econômico.

A inclusão do capital humano também ajudaria a explicar melhor a hipótese de convergência entre as rendas dos países, que é um pressuposto dos modelos neoclássicos de crescimento econômico. Um outro pressuposto desse tipo de modelo são os retornos decrescentes de escala, como ocorre no modelo de Solow.

Em modelos de crescimento endógeno, o crescimento econômico dos países poderia continuar indefinidamente, pois ao se investir em capital – físico ou humano - a produção não estaria sujeita aos retornos decrescentes de escala. Segundo essa

abordagem, as melhorias na qualidade do capital humano estariam sujeitas aos efeitos de “transbordamento de conhecimento” e às externalidades positivas que afetam a economia como um todo (TEIXEIRA e QUEIRÓS, 2016; LUCAS, 1988). O trabalho de Uzawa (1965) é considerado o precursor da modelagem de crescimento endógeno utilizando capital humano (DICKENS *et al.*, 2006).

Dickens *et al.* (2006) simulam no crescimento econômico o efeito de uma política pública de prestação universal de ensino pré-escolar. Eles utilizaram três modelagens diferentes: uma versão aumentada do modelo de Solow-Swann (MANKIW *et al.*, 1992), um modelo de crescimento endógeno com retornos constantes de escala (UZAWA, 1965) e um modelo endógeno com retornos crescentes de escala (LUCAS, 1988). As estimativas para 2005 a 2080 em cada modelo foram um impacto no crescimento do PIB real de 1,34%, 3,5% e 4,02%, respectivamente.

Barro (1991) realizou uma análise para 98 países entre 1960 e 1985, em que ele mostrou que o crescimento econômico é positivamente correlacionado com o capital humano e negativamente correlacionado com o PIB *per capita* inicial. Estes dois resultados corroboram com a modelagem neoclássica de retornos decrescentes de escala, mas acrescentam que os países de baixa renda só conseguiriam crescer mais que os países ricos se eles obtivessem bons níveis de capital humano.

A literatura também mostrou que o capital humano é um dos fatores mais importantes para explicar o desenvolvimento a nível sub-regional (GENNAIOLI, 2013). A exemplo de Acemoglu e Dell (2010), que examinaram o efeito da educação e das instituições sobre a diferença de renda dos trabalhadores nos municípios de 11 países das Américas do Norte e do Sul. Segundo eles, a educação responderia por metade da diferença de renda entre essas regiões.

Agora vejamos alguns estudos sobre capital humano e crescimento econômico para as regiões brasileiras. Dias e Dias (2007) testaram o impacto da educação, da distribuição de renda e do nível tecnológico sobre o crescimento da produtividade de 26 estados brasileiros entre 1992 e 1996. Utilizando regressões em EF, eles encontraram que: a razão do nível educacional entre empregados e empregadores, a importação de tecnologia e as políticas de distribuição de renda tenderiam a melhorar a produtividade. Esse estudo também destacou a importância de se investir em educação para as classes de mais baixa renda, e que a realocação de recursos para o investimento em educação tenderia a causar queda do produto no curto prazo, mas seria seguida de ganhos de produtividade no longo prazo.

O modelo neoclássico pressupõe que as desigualdades regionais na renda *per capita* de um país tenderiam a desaparecer em consequência do deslocamento dos fatores de produção. Pois esse processo se daria sempre que houvesse qualquer oportunidade de arbitragem entre as remunerações dos meios de produção. Baseado nesse pressuposto, Barros (2007) utilizou estimações em GMM, Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e Mínimos Desvios Absolutos, obtendo o resultado de que as disparidades entre as rendas de todos municípios brasileiros poderiam ser completamente explicadas por três fatores: disponibilidade de capital humano, esforço produtivo e níveis de preços/custos de vida. Dentre os três, o capital humano apresentou o maior efeito, enquanto os outros dois apresentaram um impacto mínimo.

Bondezan e Dias (2016) mediram o impacto do estoque de capital físico e humano sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros. Esse estudo inovou ao introduzir uma medida que capta o estoque de capital físico a nível estadual. Na abordagem são utilizados dados em painéis entre 2000 e 2008, e os resultados encontrados foram de que a diferença na taxa de crescimento do capital humano - medida a partir da equação de Mincer - teria um impacto maior que a taxa de crescimento do estoque de capital físico, seja ele público ou privado.

Vieira *et al.* (2016) investigaram o crescimento do PIB real *per capita* dos estados brasileiros entre 1992 e 2009 utilizando estimações pelos métodos de EF, Efeitos Aleatórios (EA) e GMM. Os resultados mostraram um efeito positivo nas seguintes variáveis estaduais: PIB da indústria geral, PIB da indústria de transformação, participação do valor adicionado bruto da indústria geral e média dos anos de estudos da população. Essa última se mostrou significativa e teve um valor positivo alto em todas as estimativas.

Os estudos para os conjuntos de municípios de uma determinada UF - utilizando principalmente o método de análise fatorial - também revelaram que o capital humano pode ser considerado o fator primário para explicar o desenvolvimento econômico a nível municipal (FONTENELE *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2017).

Por ser de fácil mensuração, o nível de escolaridade formal é a medida mais utilizada nos estudos com capital humano. Porém, essa medida ignora os efeitos ocasionados pelo treinamento laboral, pela experiência do trabalhador e pelo *learning-by-doing*. Ou seja, é uma variável capaz de captar níveis de educação acadêmica, mas que negligencia a educação vocacional. Além disso, as qualidades dos dados dessa medida

variam muito entre os países, especialmente pela presença de constantes mudanças nos sistemas educacionais, o que pode levar a erros de mensuração.

As principais *proxies* utilizadas para medir o nível de escolaridade formal são a taxa de alfabetização, as taxas de matrículas e a média de anos de estudo (BENOS e ZOTOU, 2014). Benos e Zotou (2014) reportaram alguns problemas com o uso dessas *proxies*. A taxa de alfabetização se refere a população com 15 anos ou mais que seja capaz de ler e escrever simples frases no seu dia-dia (UNESCO, 1993). Essa taxa pode apresentar falta de objetividade e omitir outros importantes fatores ligados ao capital humano (LE *et al.*, 2005). Quanto às taxas de matrículas, elas se referem à quantidade de alunos matriculados em determinado nível de ensino, portanto seriam boas para captar o nível de investimento feito em capital humano. O problema é que elas só estão disponíveis para poucos países. A média dos anos de escolaridade da população mede a quantidade de estoque de capital humano dos trabalhadores, e pode ser considerada a medida com mais precisão nos dados dentre as três, fazendo ela ser a mais utilizada. Assim como as outras duas, ela ignora os aspectos qualitativos do capital humano, os quais refletem fatores sociais capazes de influenciar a magnitude do processo de aprendizado (SARAIVA *et al.* 2016).

A medida de qualidade mais utilizada são os testes de desempenho, como o exame internacional *Programme for International Student Assessment* (PISA). O principal problema com esse tipo de teste é a incapacidade de medir o quanto o desempenho dos alunos avaliados pode refletir em ganhos futuros na produtividade. Pois enquanto que em países ricos a maior parte da escolaridade se concentra no ensino terciário, em países pobres muitos estudantes abandonam os estudos antes de completarem 15 anos de idade (BRETON, 2011).

Importante destacar que os desempenhos em testes são uma *proxie* para o fluxo de entrada de capital humano na economia, enquanto que a quantidade média de anos de escolaridade são uma *proxie* para estoque de capital humano existente (BRETON, 2011).

Alguns estudos utilizam o QI como *proxy* para “capacidade cognitiva”, porém essa medida mostra certos problemas durante a sua coleta de dados, por exemplo: a ausência de dados para muitos países, o efeito Flynn (os *scores* dos testes de QI possuem uma tendência temporal crescente), a presença de amostras pequenas ou pouco representativas, e muitas diferenças entre os tipos de testes e maneiras de mensuração, podendo fazer com que eles absorvam fatores culturais mas não cognitivos (RINDERMANN, 2012).

Na próxima subseção, discutiremos o uso do nível de capital humano da profissão de engenheiro como uma ferramenta de análise. Iremos detalhar a importância dos engenheiros para a economia e os resultados de estudos que medem o seu impacto no crescimento econômico.

2.3 O Capital Humano de Engenheiros

Exploraremos a medida de capital humano que trata da quantidade de profissionais atuantes na área de engenharia. A profissão de engenheiro tem como pré-requisito um curso terciário na área de engenharias, e como define o Banco Mundial, cursos terciários são aqueles de graduação, pós-graduação ou técnicos. Logo, se trata de um profissional com alto grau de escolaridade e que exige muito investimento para sua formação.

Grande parte do trabalho de um engenheiro envolve o contato com inovações tecnológicas e com o manejo racional de recursos. A instituição britânica *Royal Academy of Engineering* define a engenharia como “a aplicação criativa de princípios científicos”, o que envolve a prática de invenções, construções, reformas e o melhoramento de estruturas, máquinas, dispositivos, sistemas, materiais e processos produtivos (CEBR, 2016). Logo, os engenheiros são uma forma de capital humano crucial para o setor industrial e para todos os outros setores que fazem o uso intensivo de tecnologias e inovações. Conforme CEBR (2016), podemos classificar as principais áreas de atuação dos engenheiros da seguinte forma:

- aeroespacial.
- química e processamento.
- civil e ambiental.
- computação e comunicação.
- elétrica e eletrônica.
- energia e abastecimento.
- materiais e mineração.
- manufatura e design.
- medicina e bioengenharia.
- transporte e mecânica.

A densidade de engenheiros em uma determinada região pode ser interpretada como um estoque de “capital humano de alto nível e cientificamente orientado”, que estaria ligado ao tipo atividade produtiva exercida a partir da segunda revolução industrial. Logo, o capital humano em engenheiros seria importante para tornar os países mais capacitados na absorção de novas tecnologias (CAICEDO e MALONEY, 2014).

Os engenheiros também são os principais responsáveis pelo desenvolvimento da infraestrutura, que é a base da atividade produtiva. A partir dela são executados os serviços mais básicos como energia, água, segurança alimentar, transporte, comunicação e o acesso a saúde e educação (CEBR, 2016).

Além disso, os engenheiros se caracterizam por serem “resolvedores de problemas” em sentido amplo, ou seja, eles são bons em resolver problemas além dos relacionados a soluções técnicas ou tecnológicas, o que os tornam profissionais valiosos também na realização de tarefas fora das suas áreas de formação (EL-ZEIN e HEDEMANN, 2006). Como exemplo, há diversos engenheiros atuando no meio empresarial e financeiro, pois eles possuem boa capacidade de abstração e sólida formação matemática (POMPERMAYER *et al.*, 2011). Seguindo a categorização de Becker (1994), podemos dizer que os engenheiros são uma boa fonte de capital humano geral. Em cenários de rápida mudança tecnológica e muita mobilidade geográfica, como o nível sub-regional de uma país, uma educação mais flexível – rica em conhecimento geral – possui muito valor para o mercado de trabalho (GOLDIN, 2016).

O diploma de engenharia também teria um alto valor social devido à sua dificuldade de obtenção, servindo assim como um sinalizador para as firmas sobre a qualidade do capital humano ofertado (POMPERMAYER *et al.*, 2011). Essa visão vai de encontro a definição de capital humano de Spencer e à segunda linha de pensamento de Becker (1994).

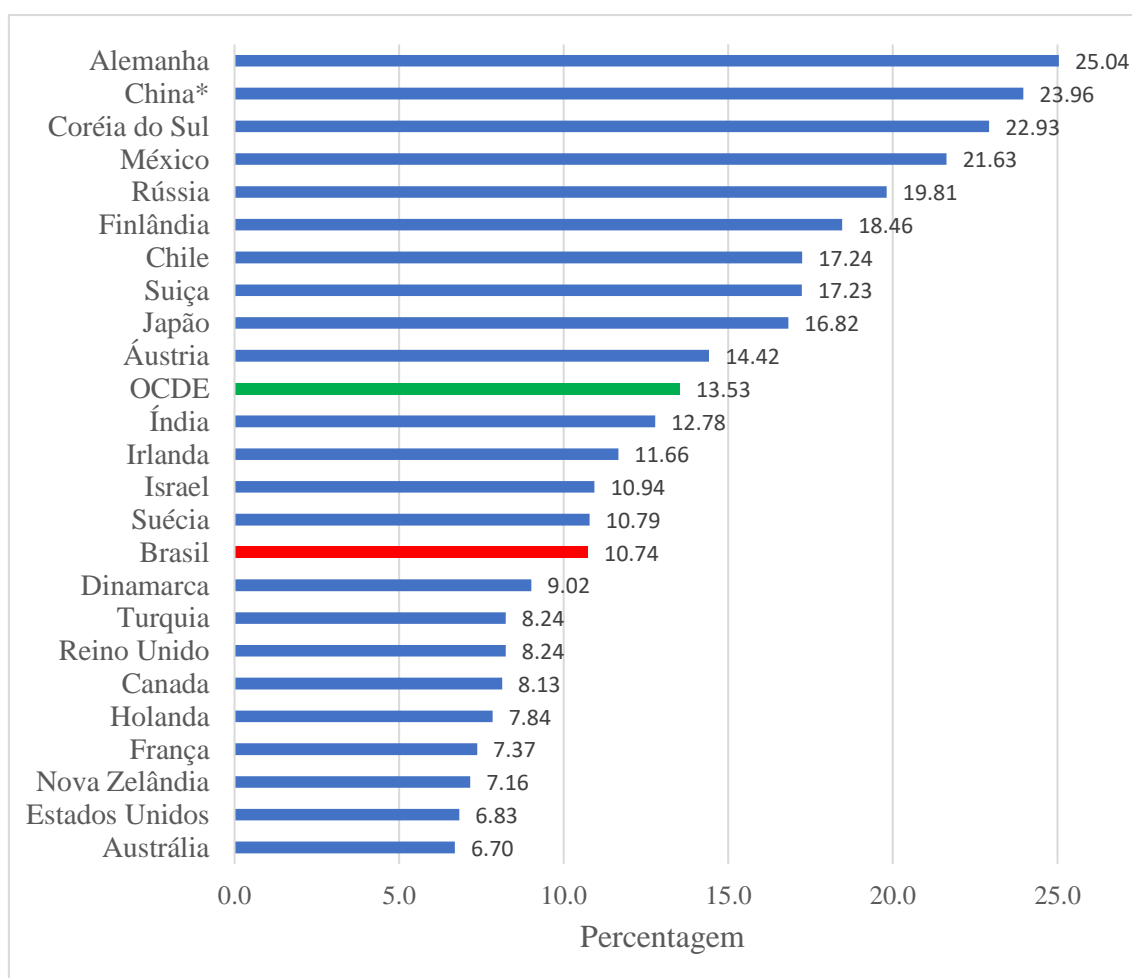
Portanto, até aqui podemos resumir a importância dos engenheiros na economia da seguinte forma:

- i) são uma mão de obra necessária em setores industriais e de alta tecnologia.
- ii) contribuem para a absorção de novas tecnologias.
- iii) operam a infraestrutura.
- iv) são uma mão de obra rica em capital humano geral, podendo ser empregada em diversas outras áreas.

A definição *iv* é a que mais se encaixa nos objetivos desse trabalho, pois ela é a que traduz melhor o efeito de uma correlação entre a quantidade de engenheiros e o nível de crescimento econômico. As outras definições são igualmente importantes e complementares entre si, porém, elas exigiriam um outro tipo de abordagem empírica.

Em uma comparação da formação de engenheiros no Brasil com a de outros países, o gráfico 2.1 mostra que a percentagem de graduados na área de Engenharia, Manufatura e Construção – serie mais desagregada para essa comparação – do Brasil (10,74%) ainda está atrás da média dos países da OCDE (13,53%) em 2,8 pontos percentuais. O Brasil está mais distante ainda dos outros países emergentes como a Índia (12,78%), o Chile (17,24%), a Rússia (19,81%), o México (21,63%) e a China (25,04%).

Gráfico 2.1 - Percentagem de Bacharéis Graduados em Engenharia, Manufatura e Construção em 2016



Fonte: China: NBS; Demais países: OCDE. Nota: * Dados referentes a 2015.

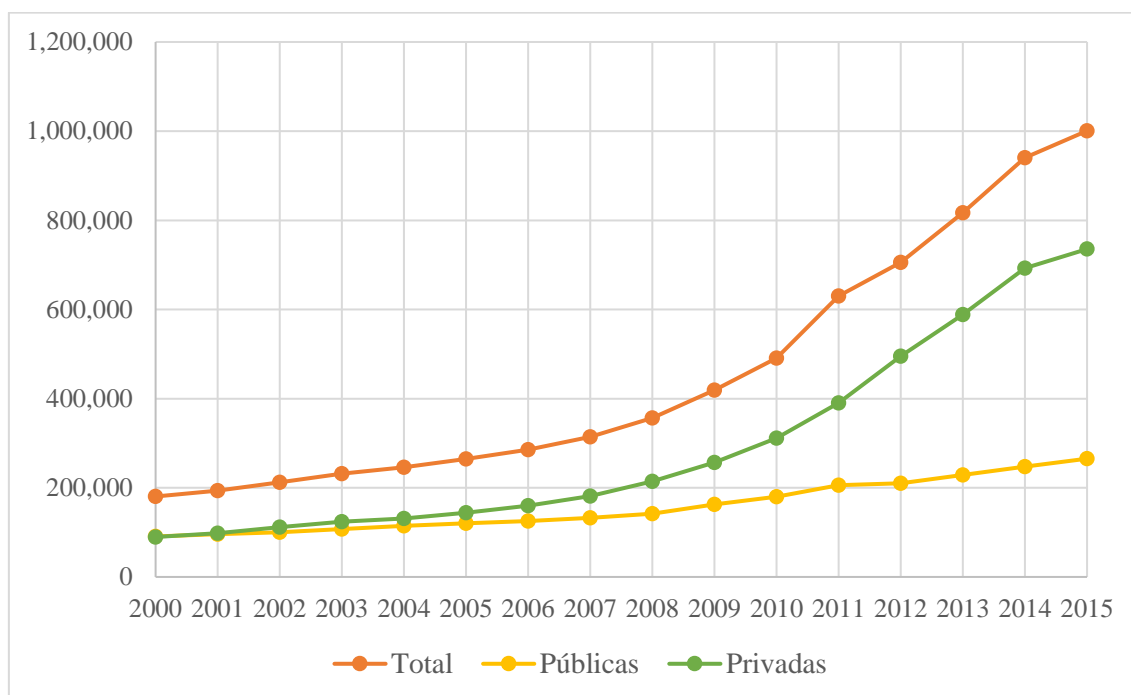
Segundo Loyalka *et al.* (2014), nas últimas décadas os membros do BRIC – grupo de países formados pelo Brasil, Rússia, Índia e China – conseguiram aumentar suas quantidades de engenheiros formados anualmente. Isso poderia ajudar esses países a conquistarem o mercado de trabalho *high-skilled*, a competir com os mercados de alto valor agregado dos países desenvolvidos e a melhorar a cenário de inovação, essa última se daria pela diminuição do custo da mão de obra de engenheiros qualificados.

Analisando os anos de 2008 a 2011, os autores mostraram que - com exceção da Rússia - grande parte dessa expansão se deu pelo aumento do número de matrículas em instituições não elite. Enquanto os alunos vindos de instituições de elite se demonstraram tão preparados quanto os dos países desenvolvidos, os alunos de instituições não elite possuíam um baixo nível de qualificação, especialmente no Brasil e na Índia.

Outras comparações dos BRIC com os países desenvolvidos, em relação aos cursos de engenharia, revelaram que eles investiam menos na formação de alunos, liberaram menos verbas para pesquisas, tinham menos capacidade de contratar doutores para os corpos docentes e faziam menos publicações em grandes periódicos. Loyalka *et al.* (2014) concluem que os BRIC criaram um ambiente institucional que favorece as instituições de elite, enquanto dão pouco suporte às de não elite, o que revela uma preferência em aumentar a quantidade de estudantes em troca de realizar melhorias na qualidade de ensino.

No Brasil, a expansão da educação em engenharia se deu majoritariamente nas instituições privadas, as quais possuem mais orientação a buscar ganhos financeiros e a atrair os estudantes de baixa renda via mensalidades de baixo custo (LOYALKA *et al.*, 2014). O gráfico 2.2 mostra que, entre 2000 e 2015, as instituições privadas tiveram um aumento no número de matrículas em engenharia na ordem de 720%, enquanto que nas públicas esse aumento foi de 192%. Cabe destacar que as instituições privadas superaram em quantidade de matrículas as públicas em 2001. No total, a expansão nas matrículas em engenharias foi de 420%, enquanto as matrículas em todo ensino superior cresceram 146%.

Gráfico 2.2 - Quantidade de Matriculados em Cursos de Engenharia em Instituições Públicas, Privadas e no Total



Fonte: Inep via EngenhariaData - <<http://engenhariadata.oic.nap.usp.br/>>.

Embora em 2011 o número de matriculados em engenharia tenha chegado a superar o de alunos em direito - uma das áreas com maior procura - somente 20% a 30% dos formados em engenharia, entre 2000 e 2012, vieram de instituições consideradas de bom desempenho (GUSSO e MEYER, 2014). Uma explicação para o Brasil estar estagnado com instituições de baixo desempenho em engenharia é o baixo rendimento dos alunos entrantes, que pode ser observado pelas péssimas colocações do Brasil em exames internacionais de ensino médio como o PISA. Outra explicação seria o fato de que mesmo com a regulação do governo as instituições não elite recebem pouco incentivo para buscar melhorar seus métodos de ensino (LOYALKA *et al.*, 2014).

Na literatura ainda são escassos os trabalhos que tratam do impacto econômico do capital humano de engenheiros (CAICEDO e MALONEY, 2014). Murphy *et al.* (1991) estudam o efeito da alocação de pessoas talentosas no mercado de trabalho de um país. Elas poderiam ser alocadas em atividades de empreendedorismo ou de *rent-seeking*, e enquanto a primeira estaria relacionada com a inovação e o rápido crescimento econômico, a segunda serviria apenas para redistribuir riquezas e retardada o crescimento.

Na análise empírica, os autores utilizaram a quantidade de matrículas em engenharias e direito como medidas para quantidade de empreendedores e *rent seekers*, respectivamente. Foram feitas regressões em *cross-section* com 91 e 55 países, essa última incluiu apenas os países que possuem mais de 10.000 estudantes universitários. A variável dependente foi a taxa de crescimento do PIB real *per capita* entre 1970 e 1985, as independentes foram as taxas de matrículas em direito e as taxas de matrículas em engenharia, ambas para 1970, além de utilizar o PIB de 1960 como controle. Os resultados se mostraram positivos e significantes para as matrículas em engenharia, em que um aumento de 10% poderia ocasionar um crescimento do PIB *per capita* na ordem de 0,5% ao ano no modelo com 91 países, e de 1,2% ao ano no com 55 países. Esse efeito se mostrou negativo e insignificante para o direito.

Em seguida, foram incluídas as seguintes variáveis de controle: as matrículas no ensino primário em 1960, a quantidade de golpes e revoluções, as médias das taxas de consumo do governo sobre o PIB e do investimento privado sobre PIB entre 1970 e 1980. Os resultados para engenharia e direito foram insignificantes no modelo com todos os países e significantes no com menos países, em que a engenharia apresentou um efeito de 0,5% ao ano sobre o PIB real *per capita* e o direito um efeito de -0,7%.

Na terceira análise, utilizou-se regressões auxiliares, em que as variáveis de controle usadas no modelo anterior foram regredidas sobre as matrículas em engenharia e direito. Os resultados sugeriram que os países em que se matriculam relativamente mais engenheiros são também aqueles que mais investem em capital, possuem mais estabilidade política e menor gastos do governo.

Gamero-Burón (1997) estudou a relação entre a educação universitária e o desenvolvimento econômico da Espanha entre 1914 e 1992. O autor utilizou o teste de causalidade de Granger com o número de alunos matriculados como proxy para a educação superior. Seu objetivo foi medir o impacto dessa variável sobre o PIB real *per capita*. As matrículas foram classificadas em disciplinas técnicas, não técnicas e total. Além disso, elas foram divididas entre as de ciclo longo ou curto. As disciplinas técnicas de ciclo longo são tratadas pelo autor como sendo as de “engenharia”.

O autor realizou o teste de causalidade de Granger com as variáveis tanto em nível quanto em taxas de crescimento. Esse teste mede o efeito nos dois sentidos, ou seja, o quanto a educação universitária afeta o PIB *per capita*, e vice-versa. Os resultados se mostraram positivos para o efeito de todas as variáveis. No caso das variáveis em níveis, todas disciplinas técnicas apresentaram causalidade unidirecional no sentido de afetar o

PIB *per capita*. Já as disciplinas de caráter não técnico e o total apresentaram causalidade no sentido bidirecional, com exceção das não técnicas de ciclo curto, que foram afetadas pelo PIB *per capita* de maneira unidirecional. Com as variáveis em taxas de crescimento, em geral todas apresentaram sentido unidirecional afetando o PIB *per capita*, porém as de ciclo curto técnicas e total não demonstraram nenhum indício de causalidade.

Utilizando um painel de 24 países para os anos de 2007, 2008 e 2011, Lins *et al.* (2014) encontraram com o método de EF que a porcentagem de Recursos Humanos em Ciência e Tecnologia tem efeito positivo sobre o PIB *per capita*. Apesar dessa medida conter outros profissionais além dos engenheiros, ela seria a forma mais desagregada para realizar esse tipo de comparação entre os países.

Caicedo e Maloney (2014) utilizaram a densidade populacional de engenheiros em 1900 – início da segunda revolução industrial – para explicar as diferenças em rendas nacionais e subnacionais em 2000. Na primeira análise, os autores encontraram uma correlação positiva entre os engenheiros e a renda dos países americanos e europeus, nesses últimos foram selecionados apenas alguns países para servirem de *benchmark*. Em uma segunda análise, eles analisaram os municípios dos EUA e encontram que o aumento de um desvio padrão na densidade de engenheiros seria o responsável pelo aumento de 16% no nível de renda. Por último, os autores realizaram uma regressão para o nível estadual incluindo 6 países - México, EUA, Argentina, Chile, Colômbia e Venezuela - e encontraram que o aumento em um desvio padrão seria o responsável por 36% das diferenças entre as rendas estaduais.

O trabalho CEBR (2016) feito pelo *Centre for Economics and Business Research* agregou vários indicadores de diferentes fontes de dados em um único índice, o qual permite comparar e classificar a expressividade da engenharia entre 99 países. Esse índice de engenharia é composto pelos seguintes indicadores nacionais:

- quantidade de engenheiros empregados.
- número de empresas de engenharia.
- percentual de mulheres graduadas em engenharia.
- salários pagos aos engenheiros.
- formação de capital humano em engenharia.
- qualidade da infraestrutura.
- qualidade da infraestrutura digital.

- exportação de produtos correlacionados com engenharia.
- pesquisas na área de engenharia.

Para o ano de 2013, os cinco melhores países do *rank* desse índice foram Suécia, Dinamarca, Holanda, Alemanha e Japão. O Brasil é o 5º lugar no *rank* observando apenas os países da América do Sul. Investigou-se também o impacto desse índice sobre o crescimento do PIB real *per capita* e sobre o investimento em capital físico, que foi medido pela formação bruta de capital fixo (FBCF) *per capita*. Controlando para investimento em capital humano, investimento em capital físico, qualidade de vida e abertura comercial, o aumento de um ponto no índice de engenharia teria um efeito de 0,85% sobre o PIB *per capita*. E controlando para o tamanho da economia, mudanças de estoque e acesso ao crédito, um ponto a mais no índice de engenharia teria um efeito de 1,87% sobre a FBCF *per capita*.

III – Dados e Estatísticas

3.1 - Base de Dados

Utilizamos a RAIS para se obter o número de engenheiros empregados em cada UF. A vantagem de se utilizar RAIS é que ela é um cadastro administrativo obrigatório para todos os trabalhadores com carteira assinada, tanto os da esfera pública quanto os da privada. Logo, estamos utilizando um dado censitário do mercado de trabalho formal brasileiro. Porém, a RAIS só nos permite identificar os engenheiros que atuam em áreas próprias de engenharia.

Fizemos três filtragens nos dados da RAIS: primeiro foram selecionados apenas os trabalhadores que possuíam vínculo ativo em 31 de dezembro do ano de referência; depois foram excluídos os estatutários, os militares e os aprendizes contratados; por fim, foram mantidos apenas os engenheiros capturados pelos códigos da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO)¹.

Afim de captar o perfil dos engenheiros recém-formados que não constam na RAIS, Araújo (2016) fez uma comparação entre os engenheiros jovens da RAIS e os dos

¹ Consultar o Apêndice para verificar as categorias de engenheiros utilizadas e os seus códigos.

Censos Populacionais de 2000 e 2010, que são realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os números de engenheiros potencialmente fora da RAIS seriam de 42% em 2000 e de 43,5% em 2010, desse total uma pequena fração é composta por desempregados ou informais, e a maior parcela são de empregadores ou autônomos.

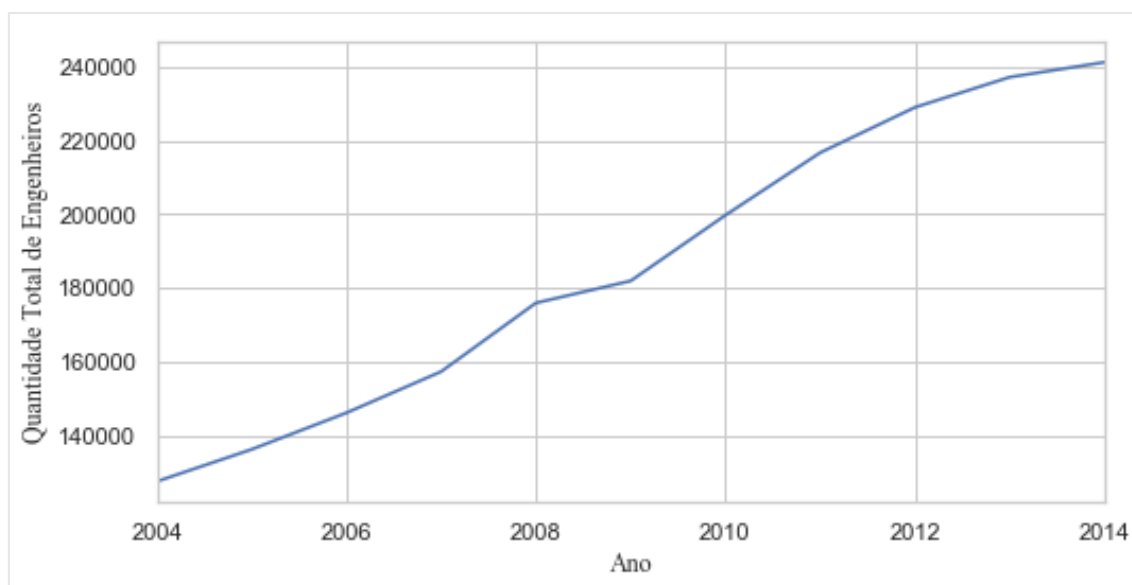
A série de Contas Regionais divulgadas pelo IBGE foi utilizada para coletar dados referentes ao PIB dos estados e à participação percentual de cada estado no valor adicionado bruto da indústria de transformação do país. Os dados referentes à PEA e ao total de profissionais autônomos sobre PEA foram colhidos da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD), por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Para deflacionar os valores do PIB utilizamos o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). As estimativas populacionais de cada estado também foram colidas do IBGE. Os anos médios de escolaridade da população de cada estado foi coletado do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), por meio do sistema IPEADATA.

Alguns tratamentos foram feitos para lidar com dados faltantes. Para os valores de 2010 da PNAD e dos anos médios de escolaridade utilizamos as médias aritméticas do período antecessor com o sucessor (2009 e 2011). Verificamos uma anormalidade na quantidade de ocupados no Distrito Federal em 2009, logo utilizamos o valor de 2008 para essa data.

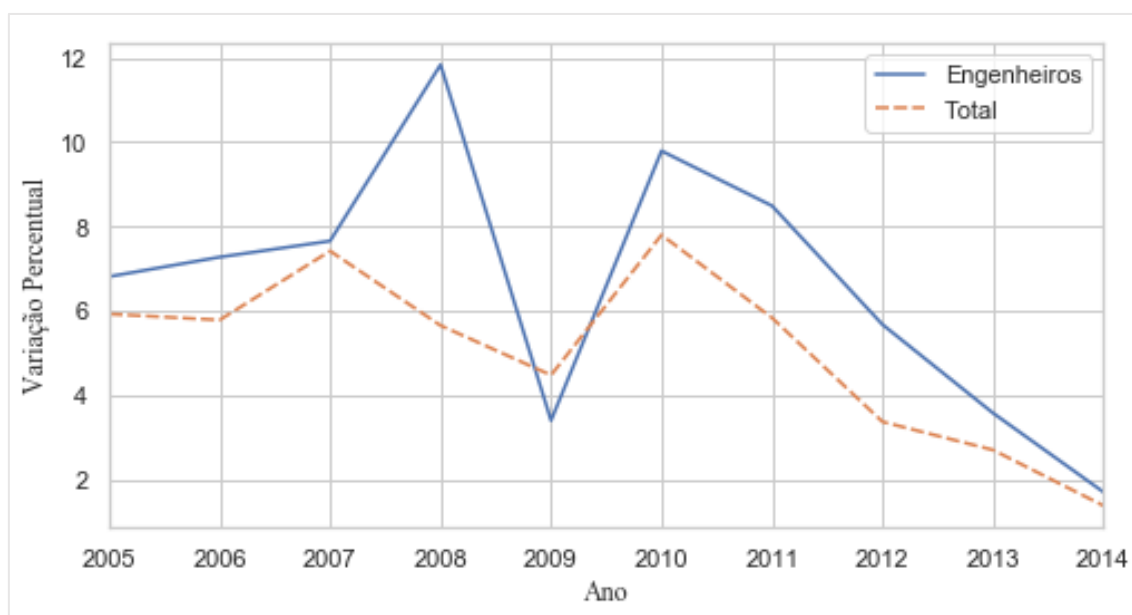
3.2 - Estatísticas Descritivas

No período de 2004 a 2014, o número de engenheiros na RAIS cresceu de 127.548 para 241.155, um aumento de 89.07% (gráfico 3.1). As Unidades Federativas que em média mais empregaram engenheiros ao ano foram São Paulo (68.798), Rio de Janeiro (27.521) e Minas Gerais (19.724).

Todos os períodos mostraram variação positiva (gráfico 3.2). A variação do número de engenheiros se manteve acima da variação total da RAIS em quase todo período, menos em 2009. A média da variação dos engenheiros foi de 6,61% enquanto a do total de trabalhadores da RAIS foi de 5,03%. A partir de 2010, as duas variações entraram em uma trajetória decrescente até o último ano da amostra.

Gráfico 3.1 - Evolução da Quantidade Total de Engenheiros

Fonte: RAIS.

Gráfico 3.2 - Variação Percentual dos Engenheiros e do Total da RAIS

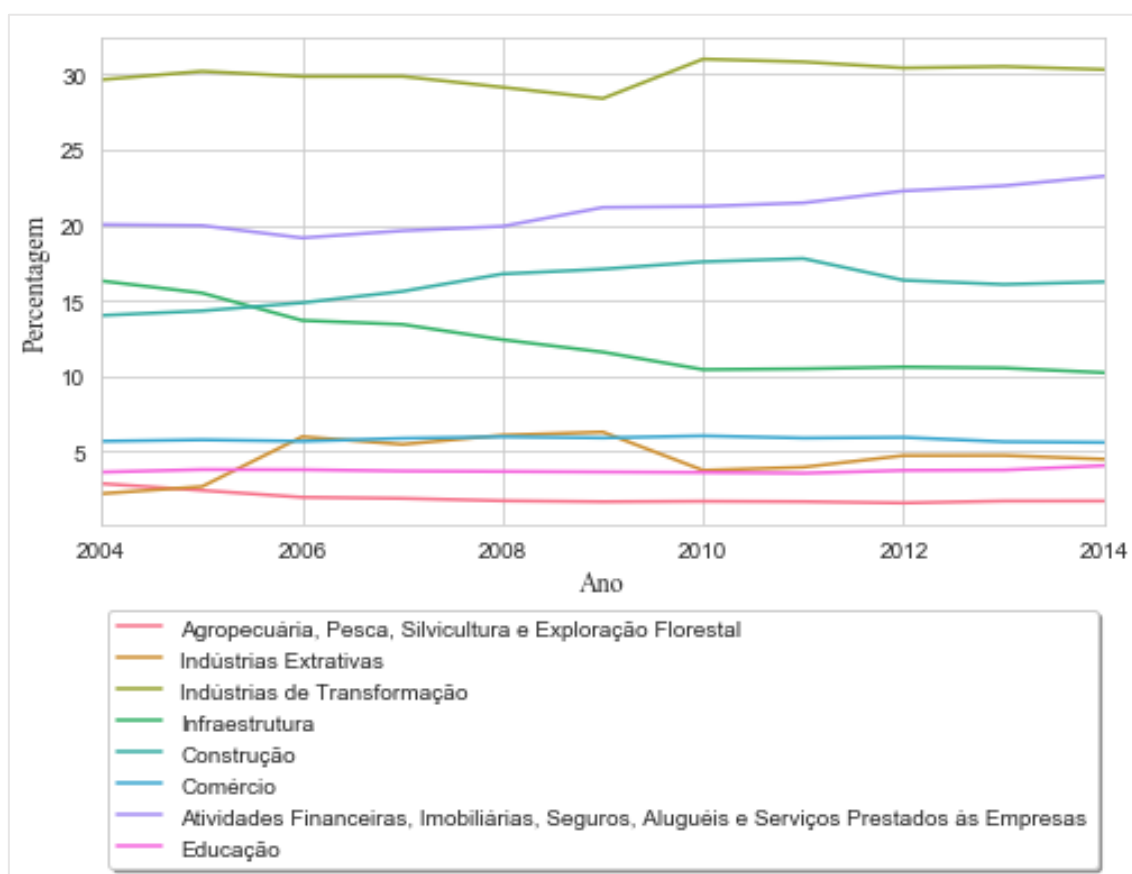
Fonte: RAIS.

No gráfico 3.3 temos a distribuição dos engenheiros entre os setores de atividade econômica². Para todo o período, o setor que mais empregou engenheiros foi o das Indústrias de Transformação, que teve uma média de 30%, seguido pelo de Atividades

² Consultar o Apêndice para verificar como cada setor de atividade foi construído utilizando a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE - 0.1.

Financeiras, Imobiliárias, Seguros, Aluguéis e Serviços Prestados às Empresas, com uma média de 21%. Em 2006 o setor de construção superou o de infraestrutura, e se tornou o terceiro setor com mais engenheiros empregados. Destaque para o setor de indústrias extrativas, que em 2004 foi o que menos empregou e em 2014 conseguiu superar os setores de Educação e o de Agropecuária, Pesca, Silvicultura e Exploração Florestal.

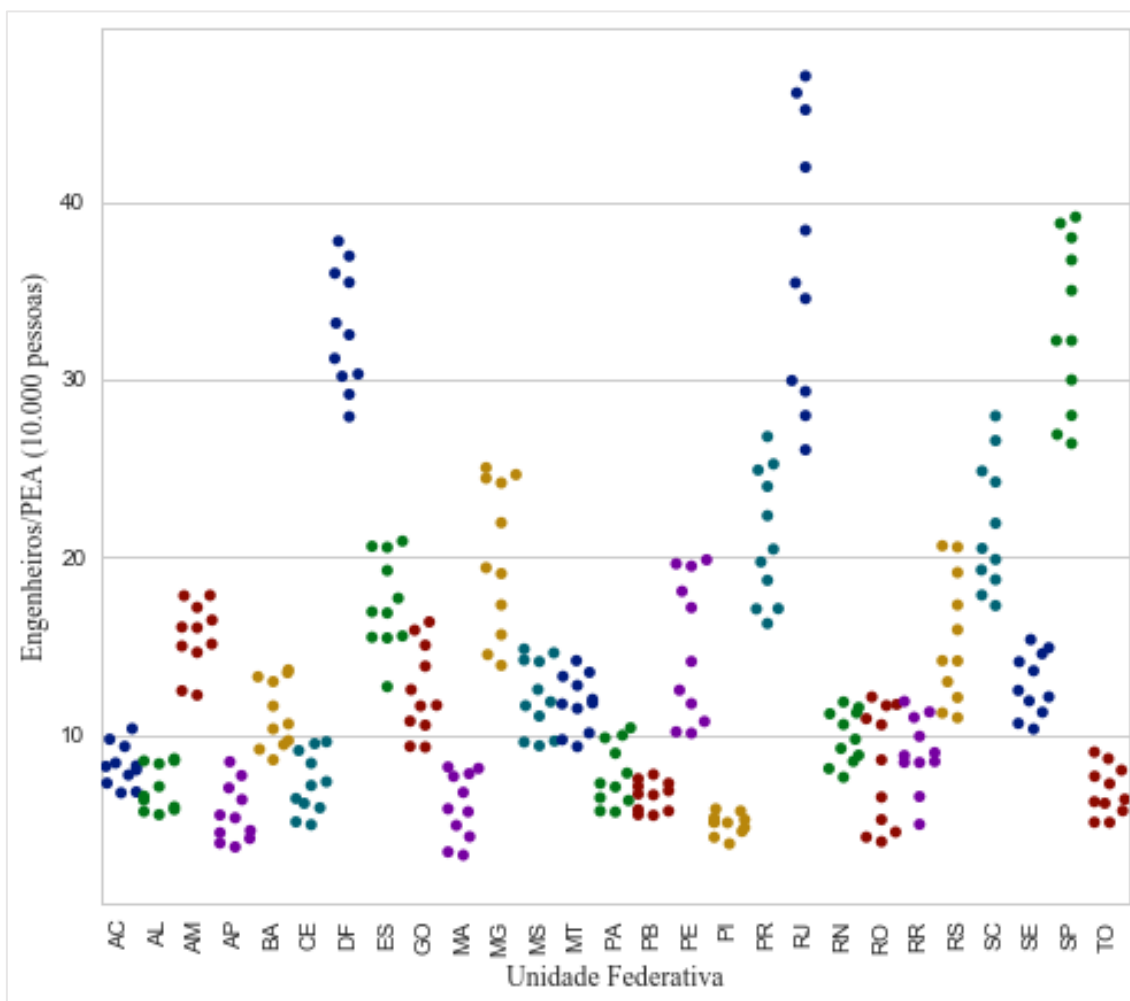
Gráfico 3.3 - Distribuição dos Engenheiros por Setor da Economia CNAE 1.0



Fonte: RAIS.

No gráfico 3.4, para cada UF temos a distribuição anual da quantidade de engenheiros para cada 10.000 pessoas da PEA. O estado que teve em média mais engenheiros sobre a PEA foi o Rio de Janeiro (36,5), seguido de São Paulo (33) e do Distrito Federal (32,7). Enquanto que os estados com menor quantidade foram o Piauí (4,96), o Amapá (5,54) e o Maranhão (5,96).

Gráfico 3.4 - Distribuição dos Engenheiros/PEA* por Unidade Federativa



Fonte: RAIS e SIDRA. Notas: * PEA de pessoas com 20 ou mais anos.

IV – Análise Empírica

4.1 – Modelo Econométrico

Nosso modelo econométrico é representado da seguinte forma:

$$Y_{i,t} = \beta X'_{i,t} + \gamma_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Em que $i = 1, 2, \dots, N$ e $t = 1, 2, \dots, T$, representando respectivamente as unidades de análise – estados brasileiros - e os anos. $Y_{i,t}$ é o vetor da variável dependente, $X'_{i,t}$ é o

vetor de variáveis independentes, β é o vetor dos parâmetros a serem estimados, γ_i representa os efeitos fixos não observáveis e invariáveis no tempo e $\varepsilon_{i,t}$ é o termo de erro.

A primeira forma de estimação para dados em painel que utilizamos foi a de EF. O objetivo desse método é controlar para os efeitos que são fixos no tempo em cada UF, por exemplo, isolamos dos resultados o fato de “São Paulo ser São Paulo”. Nesse método fazemos uma centralização na média em cada variável (transformação intragrupo), removendo o efeito fixo não observável γ_i do modelo. Em seguida utilizamos o MQO agrupado para estimar os parâmetros β .

A variável dependente é o log do PIB real *per capita* (logPIB), que capta o crescimento econômico. A variável independente de interesse é o log da quantidade de engenheiros empregados a cada 10.000 pessoas da PEA que possuem 20 anos ou mais (logENG). Vale lembrar que logENG não inclui os engenheiros contratados pelo regime celetista, isto é, os servidores públicos. Desta forma, evitamos possíveis distorções ocasionadas pelo setor público, especialmente ao incluir o Distrito Federal na amostra. Escolhemos utilizar apenas as pessoas do PEA com mais de 20 anos porque não esperamos encontrar trabalhadores abaixo dessa idade que tenham formação em engenharia.

As variáveis de controle são: o log dos anos médio de escolaridade (logEDUC), que capta o nível de capital humano; o percentual de autônomos sobre ocupados na PEA (AUTONO), que capta as diferenças entre os mercados de trabalho dos estados; os gastos corrente do governo estadual sobre o PIB real do estado (CORRENTE), o qual capta o tamanho do setor público; e a participação percentual do estado no valor adicionado bruto da indústria de transformação nacional (INDUS), a qual capta a importância da indústria de um estado para a indústria nacional. Também incluímos as *dummies* de ano, que são importantes para capturar os choques comuns a todos os estados brasileiros em um período, e realizamos o teste de especificação de Hausman, para verificar se é preferível utilizar o método de EA no lugar de EF.

Uma das limitações do uso de EF é que ele não controla para os possíveis casos de modelo endógeno, o que levanta suspeitas sobre um problema comum em modelos de crescimento econômico que utilizam capital humano. Usando nosso modelo como exemplo, temos que a porcentagem de engenheiros empregados pode influenciar o crescimento econômico, assim como o crescimento econômico pode influenciar a porcentagem de engenheiros empregados. Para resolvermos tais limitações, também

faremos estimações com os modelos para dados em painel dinâmico utilizando o método GMM.

O GMM permite que utilizemos a variável dependente defasada ($\log\text{PIB}_{t-1}$) sem gerar viés nas estimativas, o que ocorreria caso incluíssemos defasagens no método de EF. Isso possibilita utilizar séries que são relacionadas com os seus valores passados, o que em estudos de crescimento econômico permite levar em consideração a persistência temporal das variáveis dependentes (VIEIRA *et al.*, 2016).

O método de GMM utilizado nesse trabalho segue os modelos desenvolvidos pelos trabalhos de Arellano e Bond (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998). Também utilizamos as instruções de Roodman (2009) para o uso pacote de GMM – comando *xtabond2* - no programa econométrico STATA 13.

Nosso modelo de GMM pode ser descrito da seguinte forma:

$$Y_{i,t} = \alpha Y_{i,t-1} + \beta X'_{i,t} + \gamma_i + \varepsilon_{i,t} \quad , |\alpha| < 0 \quad (2)$$

Em que mantemos o significado das variáveis que também aparecem no modelo (1). A variável $Y_{i,t-1}$ é a defasagem da variável dependente em um período, e assumimos que $u_{i,t} = \gamma_i + \varepsilon_{i,t}$ é a estrutura do componente de erro. Esse modelo assume algumas condições:

$$E(\gamma_i) = E(\varepsilon_{i,t}) = E(\gamma_i \varepsilon_{i,t}) = 0 \quad (3)$$

$$E(\varepsilon_{i,t} \varepsilon_{i,s}) = 0 \text{ para } s \neq t \quad (4)$$

$$E(Y_{i,1} \varepsilon_{i,t}) = 0 \text{ para } t = 2, \dots, T \quad (5)$$

$$E(Y_{i,t-s} \Delta \varepsilon_{i,t}) = 0 \text{ para } t = 3, \dots, T \text{ e } s \geq 2 \quad (6)$$

Em que (6) - chamada de “condição de momento” - deriva das condições (3), (4) e (5).

No modelo a ser estimado, consideramos como endógena a variável $\log\text{PIB}_{t-1}$, e como pré-determinadas as variáveis $\log\text{ENG}$, $\log\text{EDUC}$ e AUTONO , enquanto as demais variáveis foram consideradas estritamente exógenas. Entende-se como pré-determinadas aquelas variáveis que são independentes dos erros contemporâneos, mas podem ser influenciadas pelos erros defasados (ROODMAN, 2009).

O modelo GMM em diferenças (*firs-differenced* GMM), desenvolvido por Arellano e Bond (1991), tem duas vantagens na estimação de modelos de crescimento econômico: a primeira é que ele faz a primeira diferença da equação original, o que remove os efeitos não observáveis que são invariantes no tempo; a segunda é que ele instrumentaliza as variáveis independentes em primeira diferença utilizando as variáveis em nível defasadas em dois ou mais períodos (BOND *et al.*, 2001). Esse segundo ponto é o responsável por resolver o problema da endogeneidade das variáveis explicativas, e que também permite o uso da variável dependente defasada no modelo.

Segundo Bond *et al.* (2001), quando o método de GMM em primeira diferença é usado em modelos de crescimento econômico que sofrem de efeitos temporais persistentes e possuem pequeno número de observações temporais, podemos ter que as defasagens nas variáveis em nível sejam instrumentos fracos para as equações em diferença, gerando viés de amostragem finita.

Uma versão modificada do modelo GMM em primeira diferença é o GMM *system*, desenvolvido em Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998). O GMM *system* impõe restrições adicionais às condições iniciais do modelo anterior, o que nos leva a ter condições novas:

$$E(\gamma_i \Delta Y_{i,2}) = 0 \quad (7)$$

$$E(u_{i,t} \Delta Y_{i,t-1}) = 0 \text{ para } t = 2, \dots, T \quad (8)$$

A nova condição de momento (8) é uma implicação direta das condições (3), (4), (5) e (7). Ela torna possível combinar o conjunto padrão de equações em primeira diferença instrumentadas pelas defasagens em nível, com um conjunto de equações em nível instrumentadas pelas defasagens em primeira diferença.

A vantagem de se utilizar o GMM *system* é que ele pode reduzir o possível viés relacionado ao GMM em primeira diferença. Além disso, ele é capaz de solucionar os problemas de viés de variáveis omitidas, de erros de mensuração e da heterogeneidade não observável entre as unidades de análise (TEIXEIRA e QUEIRÒS, 2016; BOND *et al.*, 2001).

Bond *et al.* (2001) argumenta que o GMM em dois estágios é assintoticamente equivalente ao de um estágio quando os erros são homoscedásticos. Caso contrário, a estimação em dois estágios seria a mais eficiente. Porém, o uso do método de dois estágios

poderia levantar os seguintes problemas nas nossas estimativas (por possuírem um N alto para um T pequeno): a eficiência tenderia a ser pequena, a convergência para a distribuição assintótica se torna lenta e os erros assintóticos podem ser enviesados para baixo. Portanto, estimaremos o nosso modelo com o GMM em um estágio.

Adicionalmente, testaremos para autocorrelação dos erros utilizando o teste Arellano-Bond de primeira e segunda ordem, representados respectivamente por AR(1) e AR(2) (ARELLANO e BOND, 1991). E para medir a validade dos instrumentos, faremos os testes de Sargan e de Hansen.

Apesar de estimarmos o GMM em primeira diferença e o *system*, daremos preferência aos resultados encontrados pelo *system*, conforme os motivos expostos nessa subseção. Quando utilizarmos o termo “número de engenheiros” na descrição dos resultados, estaremos no referindo à quantidade de engenheiros a cada 10.000 pessoas da PEA.

4.2 – Resultados

Os resultados das estimações dos nossos modelos estão representados na tabela 4.1, em que foram utilizadas todas as 27 Unidades da Federação para o período de 2004 a 2014. Os modelos (1), (2) e (3) foram estimados apenas com a variável de interesse logENG, com a inclusão da primeira defasagem da variável dependente logPIBt-1 nos modelos (2) e (3). Nos modelos (5), (6) e (7) foram incluídas todas as variáveis de controle. Para fins de análise, excluimos os resultados das *dummies* de ano da tabela.

As variáveis logENG, logPIBt-1 e logEDUC se mostraram positivas e estatisticamente significantes para todos os modelos em que foram estimadas, enquanto que a variável AUTONO se mostrou negativa e não significativa em todos resultados.

Nos modelos (1) e (4) foram feitas estimações por EF. No modelo (1), um aumento em 10% no número de engenheiros teria um efeito de 1% no PIB *per capita* estadual. No modelo (4), tivemos um resultado parecido de 0,9% no PIB *per capita*. A variável CORRENTE apresentou sinal negativo enquanto INDUS sinal positivo.

O teste de identificação de Hausman apresentou um p-valor igual a zero para os modelos (1) e (4). Isso implica que podemos rejeitar a hipótese nula de que aplicar o método de EA nos nossos modelos seja preferível ao de EF.

O GMM *system* foi estimado nos modelos (2) e (5). Os valores de $\log\text{PIB}_{t-1}$ ficaram entre 0,96 e 0,92, o que é um forte indício de persistência temporal. O aumento de 10% na quantidade de engenheiros levaria a um aumento de 0,15% no PIB *per capita* no modelo (2), e de 0,22% no modelo (5). Em (5), as variáveis CORRENTE e INDUS apresentaram sinais negativos, mas essa última não foi estatisticamente significativa.

Também fizemos as estimações utilizando o GMM em primeira diferença nos modelos (3) e (6). Os resultados de $\log\text{ENG}$ ficaram próximos das nossas estimações com EF. Em (3), o aumento de 10% na quantidade de engenheiros tenderia a ocasionar um aumento de 1% do PIB *per capita*, e de 0,95% no modelo (6). INDUS teve sinal positivo e estatisticamente significativa, enquanto CORRENTE apresentou sinal negativo e não significativa.

Em todos os modelos GMM, os testes de autocorrelação de primeira ordem AR(1) rejeitaram a hipótese nula, enquanto não houve rejeição nos testes de segunda ordem AR(2). A hipótese nula é a de ausência de autocorrelação. Apesar dos resultados do AR(1), a não rejeição em AR(2) é um fator mais importante nas modelagens GMM que estimam o crescimento econômico de longo prazo (TEIXEIRA e QUEIRÓS, 2016).

Nos testes de sobre-identificação dos instrumentos, testamos para a hipótese nula de que os instrumentos são válidos, isto é, de que eles são exógenos. O teste de Sargan não é robusto, mas também não é afetado pela inclusão de instrumentos em grande quantidade. Enquanto o teste de Hansen é robusto, porém sensível à inclusão de muitos instrumentos (ROODMAN, 2009).

O teste de Hansen mostrou a não rejeição da hipótese nula em todos os modelos GMM. Porém, grandes valores do teste de Hansen podem indicar valores improváveis de p-valor (próximos de um), porque esse teste é sensível à utilização de muitos instrumentos. Logo, seu resultado deve ser interpretado com cautela (ROODMAN, 2009). Já o teste de Sargan não rejeitou a hipótese nula nos modelos de GMM *system* (2) e (5), porém rejeitou nos GMM em primeira diferença (3) e (6).

Por fim, podemos afirmar que as nossas variáveis de controle apresentaram sinais nas direções esperadas pela teoria econômica. Com destaque para variável de capital humano $\log\text{EDUC}$. Nossas estimações indicaram que um aumento de 10% nos anos médios de escolaridade de um estado aumentaria o PIB *per capita* estadual em 5%, 1% e 2,6% nos modelos (4), (5) e (6), respectivamente.

Tabela 4.1 - Resultados do Teste Econométrico

Modelos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Método	Efeitos Fixos	<i>GMM System</i>	<i>GMM em primeira diferença</i>	Efeitos Fixos	<i>GMM System</i>	<i>GMM em primeira diferença</i>
logPIBt-1		0,9685	0,5293		0,9256	0,4457
Erros robustos		(0,0106)***	(0,0668)***		(0,0140)***	(0,0700)***
logENG	0,0997	0,0152	0,1035	0,0903	0,0206	0,0953
Erros robustos	(0,0467)**	(0,007)**	(0,0345)***	(0,0405)**	(0,0077)***	(0,0248)***
logEDUC				0,5162	0,1004	0,2656
Erros robustos				(0,1670)***	(0,0371)***	(0,1315)**
AUTONO				-0,0018	-0,0012	-0,0018
Erros robustos				(0,0029)	(0,0008)	(0,0023)
CORRENTE				-0,0148	-0,0111	-0,0053
Erros robustos				(0,0070)**	(0,0051)**	(0,0043)
INDUS				0,0226	-0,0001	0,0236
Erros robustos				(0,0066)***	(0,0002)	(0,0103)**
Número de observações	270	270	243	270	270	243
Número de instrumentos		128	99		217	190
P-valor do teste AR(1)		0,000	0,000		0,000	0,000
P-valor do teste AR(2)		0,122	0,141		0,121	0,105
Teste de Hausman	0,000			0,000		
Teste de Sargan		0,345	0,009		0,388	0,002
Teste de Hansen		1,000	1,000		1,000	1,000

Notas: Os asteriscos correspondem aos seguintes níveis de significância estatística: * (significante a 10%); ** (significante a 5%); *** (significante a 1%).

V – Conclusão

Nos últimos anos, o crescimento econômico do Brasil ajudou a levantar debates sobre a capacidade do país formar engenheiros, em que tanto a mídia quanto o meio acadêmico previam um cenário de escassez desses profissionais. Porém, como mostrou Lins *et al.* (2014), ocorreu apenas um curto período de pressão no mercado de trabalho, que foi sanado pela entrada de novos engenheiros. Dado esse contexto, nosso trabalho investigou a importância do profissional de engenharia para o crescimento econômico,

que é uma linha teórica ainda pouco explorada na literatura acadêmica. Nós realizamos um exercício empírico para medir o efeito da quantidade de engenheiros sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros.

Na revisão de literatura, exploramos as definições clássicas de capital humano e como esse termo foi introduzido na teoria de crescimento econômico, em que ele se tornou uma variável importante para explicar o diferencial de renda entre os países e suas sub-regiões. Isso foi reforçado por alguns estudos empíricos para o crescimento econômicos dos estados e municípios brasileiros.

Os engenheiros são os responsáveis pela aplicação do conhecimento científico nas tarefas produtivas, tornando-os fundamentais para o desenvolvimento econômico e social. Citamos que eles são uma mão de obra necessária para os setores industriais e tecnológicos, contribuem para a absorção de novas tecnologias e são os responsáveis pela infraestrutura do país. Porém, demos mais enfoque ao fato de os engenheiros possuírem uma grande carga de capital humano geral, que os capacitam a trabalhar e serem produtivos em outras áreas.

Apesar da expansão do número de ingressantes em cursos de engenharia observada nos últimos anos, o Brasil ainda forma menos engenheiros que a OCDE e os outros países emergentes. Mas o principal problema se encontra na má qualificação da maioria dos cursos de engenharia do país.

Ao demonstrarmos a metodologia do trabalho, discutimos as vantagens de se utilizar a modelagem GMM em relação ao EF. Pois o GMM nos permite controlar para variáveis endógenas e incluir a defasagem da variável dependente no modelo. Em estudos com dados em painel em que o valor de N é maior do que T e as amostras possuem tamanho reduzido, o GMM em um estágio e em *system* se mostram preferíveis ao GMM em dois estágios ou em primeira diferença.

Os resultados das estimações com dados em painel mostraram que entre 2004 e 2014 a quantidade estadual de engenheiros empregados na RAIS (a cada 10.000 pessoas com 20 anos ou mais da PEA) teve uma correlação positiva com o PIB *per capita* dos estados brasileiros. Isto implica que os engenheiros são um importante tipo de capital humano e um indicativo de que políticas públicas que incentivem a formação desse profissional podem ajudar no crescimento de longo prazo.

Pelas modelagens de EF e GMM em primeira diferença, um aumento em 10% na quantidade de engenheiros seria responsável por um aumento de 1% a 0,9% no PIB *per capita*. No GMM *system* encontramos um impacto mais modesto de 0,22% a 0,15%. A

variável de controle para capital humano - nível médio de escolaridade - teve um impacto significativo no PIB *per capita*, o que reforça os achados em outros trabalhos feitos para o Brasil. Também encontramos indícios de que os estados com maiores gastos no setor público tenderiam a crescer menos, enquanto os estados com maior relevância na produção da indústria nacional tenderiam a ter um crescimento maior.

Para futuros trabalhos no tema, sugerimos repetir o exercício empírico utilizando a PNAD para captar a quantidade de engenheiros. Mesmo que a PNAD seja uma pesquisa amostral, com ela conseguimos utilizar a quantidade de pessoas com formação em engenharia atuando em diversas funções, e não apenas aquelas empregadas na área de formação. Com isso, há a possibilidade de analisar os engenheiros com um foco maior no capital humano geral. Outros estudos podem avaliar o impacto dos engenheiros na geração de inovações, na qualidade da infraestrutura e no nível de investimento, e também para o nível de países.

VI – Referências Bibliográficas

- ACEMOGLU, D. e AUTOR, D. **Lectures in labor economics**. 2009.
- ACEMOGLU, D. e DELL, Melissa. **Productivity differences between and within countries**. *American Economic Journal*, v. 2, n. 1, p. 169–88, 2010.
- ARELLANO, Manuel e BOND, Stephen. **Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations**. *Review of Economics Studies*, vol. 58, p. 277-297, 1991.
- ARELLANO, Manuel e BOVER, Olympia. **Another look at the instrumental variable estimation of error-components models**. *Journal of Econometrics*, v. 68, p. 29-51, 1995.
- BARRO, R. J. **Economic growth in a cross section of countries**. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 106, n. 2, p. 407–443, 1991.
- BARROS, A. R. **Desigualdades regionais no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- BECKER, Gary. **Human capital: a theoretical and empirical analysis, with special reference to education**. 3 ed. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964.
- BENOS, Nikos e ZOTOU, Stefania. **Education and economic growth: a meta-regression analysis**. *World Development*, v. 64, p. 669-689, 2014.
- BLUNDELL, Richard e BOND, Stephen. **Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models**. *Journal of Econometrics*, v. 87, p. 115-143, 1998.
- BOND, Stephen; HOEFFLER, Anke e TEMPLE, Jonathan. **GMM estimation of empirical growth models**. University of Oxford, 2001.
- BONDEZAN, K. L. e DIAS, Joilson. **Crescimento econômico no Brasil: uma abordagem sobre o papel da acumulação de capital físico e humano**. *Revista de Economia*, v. 43, n. 3, 2016.
- BRETON, T. R. **The quality vs. the quantity of schooling: what drives economic growth?** *Economics of Education Review*, v. 30, n. 4, p. 765-773, 2011.
- CAICEDO, V. F. e MALONEY, W. F. **Engineers, innovative capacity and development in the Americas**. Policy Research Working Paper nº 6814. World Bank, 2014.
- CAPES. **Artigo aborda ações da Capes para induzir formação de engenheiros no país**. 2014. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/component/content/article/36-salainpress/noticias/7240-artigo-aborda-acoes-da-capes-para-induzir-formacao-de-engenheiros-no-pais>>. Acessado em: jan. 2019.
- CEBR. **Engineering and economic growth: a global view**. Report for the Royal Academy of Engineering, 2016.

COSTA, N. L.; COSTA, V. O.; MATTOS, C. A. C.; TEIXEIRA, O. A.; FLORES, A. J. e OLIVEIRA, G. N. **Capital humano e desenvolvimento econômico no Rio Grande do Sul: uma abordagem multivariada**. *Desenvolvimento em Questão*, v. 15, n. 38, p. 380-402, 2017.

EL-ZEIN, A. H. e HEDEMANN, Chris. **Engineers as problem solvers: a deficient self-definition for the 21st century**. *Engineering Education for Sustainable Development*, p. 22-25, 2013.

EXAME. **3 desafios que impedem Brasil de ser um país de engenheiros**. 2012. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/3-desafios-para-o-brasil-ser-um-pais-de-engenheiros/>>. Acessado em: dez. 2018.

EXAME. **Depois de médicos, Dilma estuda importar engenheiros**. 2013. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/por-prefeitos-dilma-estuda-importar/>>. Acessado em: jan. 2019.

EXAME. **O que fazer com um diploma de engenharia no Brasil?** Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/carreira/o-que-fazer-com-um-diploma-de-engenharia-no-brasil/>>. Acessado em: jan. 2019.

FOLHA. **Onde estão nossos engenheiros?** Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mundo/63038-onde-estao-nossos-engenheiros.shtml>>. Acessado em: jan. 2019.

DIAS, J. e DIAS, A. M. H. **Crescimento econômico e as políticas de distribuição de renda e investimento em educação nos estados brasileiros: teoria e análise econométrica**. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 98, n.37, p. 701-743, 2007.

DICKENS, W. T.; SAWHILL, Isabel e TEBBS, Jeffrey. **The effects of investing in early education on economic growth**. The Brookings Institution, 2006.

FONTENELE, R. E.; MOURA, H. J.; LEOCADIO, A. L. **Capital humano, empreendedorismo e desenvolvimento: evidências empíricas nos municípios do Ceará**. *Rev. Adm. Mackenzie*, v. 12, n. 5, p. 380-402, 2011.

GAMERO-BURÓN, C. **Un análisis de la relación de causalidad entre desarrollo económico y educación en España**. *Previsiones Económicas de Andalucía, Notas de Economía*, v. 10, p. 81-89, 1997.

GENNAIOLI, Nicola; LA PORTA, Rafael; LOPEZ-DE-SILANES, Florencio e SHLEIFER. **Human capital and regional development**. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 128, n. 1, p. 105-164, 2013.

GOLDIN, C. **Human capital**. In: *Handbook of Cliometrics*. Heidelberg, Germany: Springer Verlag, 2016.

GUSSO, D. A. e MEYER, P. A. **Evolução da formação de engenheiros e profissionais técnico-científicos no Brasil entre 2000 e 2012**. *Texto para Discursão nº 1982*. Ipea, 2014.

Le, T., Gibson, J., e Oxley, L. **Measures of human capital: a review of the literature**. *New Zealand Treasury Working Paper 05/10*, p. 1–55, 2005.

LINS, Leonardo; SALERNO, M. S.; ARAUJO, Bruno; GOMES, Leonardo; NASCIMENTO, Paulo; TOLEDO, Demétrio. **Escassez de engenheiros no Brasil? uma proposta de sistematização do debate.** *Novos Estudos*, v. 98, p. 43-67, 2014.

LOYALKA, Prasant; CARNOY, Martin; FROUMIN, Isak; DOSSANI, Raffiq; TILAK, J. B. e YANG, Po. **Factors affecting the quality of engineering education in the four largest emerging economies.** *High Educ*, v. 98, p. 977-1004, 2014.

LUCAS, R. E. **On the mechanics of economic development.** *Journal of Monetary Economics*, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

MACIENTE, A. N. e ARAÚJO, T. C. **A demanda por engenheiros e profissionais afins no mercado de trabalho formal** . Radar nº 12, p. 43-54. Ipea, 2011.

MANKIW, N. G.; DAVID, Romer e DAVID, N. W. 1992. **A contribution to the empirics of economic growth.** *Quarterly Journal of Economics*, v. 107, n. 2, p. 407-437, 1992.

MEYER, P. A.; GUSSO, D. A.; MACIENTE, A. N.; ARAÚJO, T. C. e SILVA, A. P. T. **Escassez de engenheiros: realmente um risco?** Radar nº 6, p. 3-8. Ipea, 2010.

MURPHY, K. M.; SHLEIFER, Andrei e VISHNY, R. W. **The allocation of talent: implications for growth.** *The Quarterly Journal of Economics*, v. 106, n. 2, p. 503-530, 1991.

O GLOBO. **Brasil forma quase três vezes menos engenheiros do que países da OCDE.** Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/educacao/brasil-forma-quase-tres-vezes-menos-engenheiros-do-que-paises-da-ocde-2901462>>. Acessado em: jan. 2019.

PEREIRA, R. H. M.; MEYER, P. A. e ARAÚJO, T. C. **Projeções de mão de obra qualificada no Brasil: uma proposta inicial com cenários para a disponibilidade de engenheiros até 2020.** Texto para Discursão nº 1663. Ipea, 2011.

POMPERMAYER, F. M.; MEYER, P. A.; MACIENTE, A. N.; GUSSO, D. A. e PEREIRA, P. H. M. **Potenciais gargalos e prováveis caminhos de ajustes no mundo do trabalho no Brasil nos próximos anos.** Radar Ipea, nº 12, p. 7-13, 2011.

PORVIR. **Programa oferece oficinas de engenharia a estudantes.** 2014. Disponível em: <<http://porvir.org/programa-oferece-oficinas-de-engenharia-estudantes/>>. Acessado em: dez. 2018.

RINDERMANN, Heiner. **Intellectual classes, technological progress and economic development: The rise of cognitive capitalism.** *Personality and Individual Differences*, v. 53, p. 108-113, 2012.

ROODMAN, D. **How to Do xtabond2: An Introduction to "Difference" and "System" GMM in Stata.** *Stata Journal*, v. 9, n. 1, p. 86-136, 2009.

SARAIVA, Karla. **Aprender matemática para desenvolver o Brasil.** *Revista Reflexão e Ação*, v. 20, n. 2, p. 136-153, 2012.

SCHULTZ, Theodore W. **Investment in human capital**. American Economic Review, v. 51, n. 1, p. 1-17, 1961.

SOLOW, R.M. **Technical change and the aggregate production function**. Review of Economic and Statistics, v. 39, n. 1, p. 312-320, 1957.

TEIXEIRA, A. A. C. e QUEIRÓS, A. S. S. **Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis**. Research Policy, v. 45, p. 1636-1648, 2016.

VIEIRA, F. V.; VERISSIMO, M. P. e AVELLAR, A. P. M. **Indústria e crescimento: uma análise de painel para os Estados brasileiros**. Análise Econômica., Porto Alegre, v. 65, p. 241-267, 2016.

UNESCO. **World education report**. Paris: UNESCO, 1993.

Uzawa, Hirofumi. **Optimum technical change in an aggregative model of economic growth**. International Economic Review, v. 6, n. 1, p. 8-31, 1965.

VII – Apêndice

A tabela 7.1 mostra a relação das categorias de engenheiros com os seus respectivos códigos na CBO 2002.

Tabela 7.1 – CBO dos Engenheiros

Código	Categoria	CBO	Profissão
2	Profissionais das Ciências e das Artes		
20	Pesquisadores e Profissionais Policientíficos		
202	Profissionais da Eletromecânica		
2021	Engenheiros de Controle e Automação, Engenheiros Mecatrônicos e afins	202105	Engenheiro Mecatrônico
		202110	Engenheiro de Controle e Automação
		202115	Tecnólogo em Mecatrônica
2032	Pesquisadores de Engenharia e Tecnologia	203205	Pesquisador de Engenharia Civil
		203210	Pesquisador de Engenharia e Tecnologia (Outras Áreas da Engenharia)
		203215	Pesquisador de Engenharia Elétrica e Eletrônica
		203220	Pesquisador de Engenharia Mecânica
		203225	Pesquisador de Engenharia Metalúrgica, de Minas e de Materiais
		203230	Pesquisador de Engenharia Química
21	Profissionais das Ciências Exatas, Físicas e da Engenharia		
212	Profissionais da Informática		
2122	Engenheiros em Computação	212205	Engenheiro de Aplicativos em Computação
		212210	Engenheiro de Equipamentos em Computação

		212215	Engenheiros de Sistemas Operacionais em Computação
214	Engenheiros, Arquitetos e afins		
2140	Engenheiros Ambientais e afins	214005	Engenheiro Ambiental
		214010	Tecnólogo em Meio Ambiente
2142	Engenheiros Civis e afins	214205	Engenheiro Civil
		214210	Engenheiro Civil (Aeroportos)
		214215	Engenheiro Civil (Edificações)
		214220	Engenheiro Civil (Estruturas Metálicas)
		214225	Engenheiro Civil (Ferrovias e Metrovias)
		214230	Engenheiro Civil (Geotecnia)
		214235	Engenheiro Civil (Hidrologia)
		214240	Engenheiro Civil (Hidráulica)
		214245	Engenheiro Civil (Pontes e Viadutos)
		214250	Engenheiro Civil (Portos e Vias Navegáveis)
		214255	Engenheiro Civil (Rodovias)
		214260	Engenheiro Civil (Saneamento)
		214265	Engenheiro Civil (Túneis)
		214270	Engenheiro Civil (Transportes e Trânsito)
214275	Engenheiro Ambiental (Desativado em 03/2010)		
214280	Tecnólogo em Construção Civil		
2143	Engenheiros Eletrônicos e afins	214305	Engenheiro Eletricista
		214310	Engenheiro Eletrônico
		214315	Engenheiro Eletricista de Manutenção
		214320	Engenheiro Eletricista de Projetos

		214325	Engenheiro Eletrônico de Manutenção
		214330	Engenheiro Eletrônico de Projetos
		214335	Engenheiro de Manutenção de Telecomunicações
		214340	Engenheiro de Telecomunicações
		214345	Engenheiro Projetista de Telecomunicações
		214350	Engenheiro de Redes de Comunicação
		214355	Engenheiro de Controle e Automação
		214360	Tecnólogo em Eletricidade
		214365	Tecnólogo em Eletrônica
		214370	Tecnólogo em Telecomunicações
2144	Engenheiros Mecânicos e afins	214405	Engenheiro Mecânico
		214410	Engenheiro Mecânico Automotivo
		214415	Engenheiro Mecânico (Energia Nuclear)
		214420	Engenheiro Mecânico Industrial
		214425	Engenheiro Aeronáutico
		214430	Engenheiro Naval
		214435	Tecnólogo em Fabricação Mecânica
2145	Engenheiros Químicos e afins	214505	Engenheiro Químico
		214510	Engenheiro Químico (Indústria Química)
		214515	Engenheiro Químico (Mineração, Metalurgia, Siderurgia, Cimenteira e Cerâmica)
		214520	Engenheiro Químico (Papel e Celulose)
		214525	Engenheiro Químico (Petróleo e Borracha)

		214530	Engenheiro Químico (Utilidades e Meio Ambiente)
		214535	Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira
2146	Engenheiros Metalurgistas, de Materiais e afins	214605	Engenheiro de Materiais
		214605	Engenheiro Metalurgista
		214605	Tecnólogo em Metalurgia
2147	Engenheiros de Minas e afins	214705	Engenheiro de Minas
		214710	Engenheiro de Minas (Beneficiamento)
		214715	Engenheiro de Minas (Lavra a Céu Aberto)
		214720	Engenheiro de Minas (Lavra Subterrânea)
		214725	Engenheiro de Minas (Pesquisa Mineral)
		214730	Engenheiro de Minas (Planejamento)
		214735	Engenheiro de Minas (Processo)
		214740	Engenheiro de Minas (Projeto)
		214745	Tecnólogo em Petróleo e Gás
		214750	Tecnólogo em Rochas Ornamentais
2148	Engenheiros Agrimensores e Engenheiros Cartógrafos	214805	Engenheiro Agrimensor
		214810	Engenheiro Cartógrafo
2149	Engenheiros de Produção, Qualidade, Segurança e afins	214905	Engenheiro de Produção
		214910	Engenheiro de Controle de Qualidade
		214915	Engenheiro de Segurança do Trabalho
		214920	Engenheiro de Riscos
		214925	Engenheiro de Tempos e Movimentos
		214930	Tecnólogo em Produção Industrial
		214935	Tecnólogo em Segurança do Trabalho
22	Profissionais das Ciências Biológicas, da Saúde e afins		

222	Agrônomos e afins		
2221	Engenheiros Agrossilvipecuários	222105	Engenheiro Agrícola
		222110	Engenheiro Agrônomo
		222115	Engenheiro de Pesca
		222120	Engenheiro Florestal
2222	Engenheiros de Alimentos e afins	222205	Engenheiro de Alimentos
		222215	Tecnólogo em Alimentos
23	Profissionais do Ensino		
234	Professores do Ensino Superior		
2343	Professores de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia, Geofísica e Geologia do Ensino Superior	234310	Professor de Engenharia

A tabela 7.2 mostra como foram construídas as classes de atividades econômicas por meio das categorias da CNAE 0.1.

Tabela 7.2 – Atividades Econômicas

Classe	Código	Classe CNAE 0.1
Agropecuária, Pesca, Silvicultura e Exploração Florestal	01	Agricultura, Pecuária, Silvicultura e Exploração Florestal
	02	
	05	Pesca
Indústrias Extrativas	10	Indústrias Extrativas
	11	
	12	
	13	
	14	
Indústrias de Transformação	15	Indústrias de Transformação
	16	
	17	
	18	
	19	
	20	
	21	
	22	
	23	
	24	
	25	
	26	
	27	

	28	
	29	
	30	
	31	
	32	
	33	
	34	
	35	
	36	
	37	
Infraestrutura	40	Produção e Distribuição de Eletricidade, Gás e Água
	41	
	60	Transporte, Armazenagem e Comunicações
	61	
	62	
	63	
64		
Construção	45	Construção
Comércio	50	Comércio, Reparação de Veículos Automotores, Objetos Pessoais e Domésticos
	51	
	52	
	55	Alojamento e Alimentação
Atividades Financeiras, Imobiliárias, Seguros, Aluguéis e Serviços Prestados às Empresas	65	Intermediação Financeira, Seguros, Previdência Complementar e Serviços Relacionados
	66	
	67	
	70	Atividades Imobiliárias, Aluguéis e Serviços Prestados às Empresas
	71	
	72	
	73	
74		
Educação e Saúde	80	Educação
	85	Saúde e Serviços Sociais
Outros Setores	90	Outros Serviços Coletivos, Sociais e Pessoais
	91	
	92	
	93	
	95	Serviços Domésticos
	99	Organismos Internacionais e Outras Instituições Extraterritoriais
	75	Administração Pública, Defesa e Seguridade Social