1983
TEXTO PARA DISCUSSÃO

ipea

UMA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DO DEBATE SOBRE FALTA DE ENGENHEIROS NO BRASIL

Mario Sergio Salerno
Leonardo Melo Lins
Bruno César Araújo
Leonardo Augusto Vasconcelos Gomes
Demétrio Toledo
Paulo A. Meyer M. Nascimento

ipea

1983

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Rio de Janeiro, junho de 2014

UMA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DO DEBATE SOBRE FALTA DE ENGENHEIROS NO BRASIL

Mario Sergio Salerno*
Leonardo Melo Lins**
Bruno César Araújo***
Leonardo Augusto Vasconcelos Gomes****
Demétrio Toledo*****
Paulo A. Meyer M. Nascimento******

* Do Departamento de Engenharia de Produção (PRO) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP), do Laboratório de Gestão da Inovação e do Observatório da Inovação e Competitividade da Universidade de São Paulo (OIC/USP).

** Bolsista do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH/USP) e do OIC/USP.

*** Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea, do OIC/USP e doutorando em engenharia de produção na Poli/USP.

**** Do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Poli/USP, do OIC/USP e doutor em engenharia de produção pela Poli/USP.

***** Do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da FFLCH/USP, do OIC/USP e doutor em sociologia pela USP.

******Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diset do Ipea e doutorando em economia na Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Governo Federal

Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República
Ministro Marcelo Côrtes Neri

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
Sergei Suarez Dillon Soares

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Luiz Cezar Loureiro de Azeredo

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Daniel Ricardo de Castro Cerqueira

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
Cláudio Hamilton Matos dos Santos

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Rogério Boueri Miranda

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura
Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais, Substituto
Carlos Henrique Leite Corseuil

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
Renato Coelho Baumann das Neves

Chefe de Gabinete
Bernardo Abreu de Medeiros

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação
João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2014

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1.Brasil. 2.Aspectos Econômicos. 3.Aspectos Sociais. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: J21; J44.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 7

2 DISCUSSÃO NOS VEÍCULOS DE COMUNICAÇÃO 8

3 DISCUSSÃO CONCEITUAL 12

4 UMA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE ESCASSEZ DE MÃO DE OBRA DE ENGENHARIA NO BRASIL 17

5 AFINAL, QUAL O DEBATE? UMA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO 24

6 CONCLUSÕES 32

REFERÊNCIAS 33

APÊNDICES 36

SINOPSE

A questão sobre escassez de trabalho qualificado no Brasil tem permeado discussões no governo, nos meios empresariais e na imprensa nos anos recentes. Isto seria particularmente preocupante quando envolve carreiras técnico-científicas, dada a relação positiva que se observa entre recursos humanos em ciência e tecnologia – Human Resources in Science and Technology – (RHST) e a renda *per capita* de um país. Contradizendo o senso comum, porém, a evidência empírica não parece indicar cenários de escassez, ao menos não de maneira generalizada. Os diferenciais dos salários dos engenheiros em relação às demais ocupações passaram a diminuir a partir de 2009, e os fluxos de recém-formados têm sido mais elevados do que o crescimento da demanda marginal observada no mercado de trabalho. O que estaria, então, motivando recorrentes manifestações públicas de receio de que o crescimento econômico do Brasil seja limitado por uma insuficiente disponibilidade de trabalho qualificado, particularmente de engenheiros? Este texto propõe uma sistematização do debate e destaca, com dados dos censos populacionais de 1970 a 2010, que o problema pode advir, em boa parte, do hiato geracional que coincide com a desvalorização das engenharias nas décadas de 1980 e de 1990. Este fenômeno restringe, atualmente, a oferta de engenheiros em meio de carreira, possivelmente impondo às firmas maior dificuldade em preencher postos de gerência e de liderança que demandem as competências normalmente associadas a esses profissionais. Ao lado de três outros potenciais, problemas paralelos (relacionados à baixa qualidade da formação, a *deficit* em competências específicas e à pouca mobilidade para regiões afastadas dos grandes centros), o hiato geracional que acarreta uma reduzida oferta relativa de engenheiros entre 35 e 59 anos parece alimentar muito da percepção de escassez desses profissionais no Brasil de hoje.

Palavras-chave: escassez de trabalho qualificado; engenharias.

ABSTRACT

Is Brazil facing or likely to face a shortage of specialized workers? This question has been in the national agenda of government, industry and the press in recent years. The problem shall be larger if affecting science & technology careers, as these are usually positively correlated to income per capita. Contrary to the common sense, however,

there is hardly any supporting empirical evidence for economy-wide shortage scenarios, at least not concerning engineering professionals. If that was the case, wages should continuously increase more for engineers than to other qualified professionals, but this trend reversed in 2009. Moreover, the education sector has been producing a number of new graduates greater than the marginal demand observed in the labor market. Where does the problem lie, after all? This article aims to organize this debate and summarize key questions and data in an attempt to shed light on what may actually lie beneath the generalized perception that Brazil lacks engineers. A major finding comes from the national population census. The evolution of the age pyramid for engineering-degree holders suggests that this career was much less attractive in the 1980s and 1990s. As a result, Brazil seems to nowadays face a relatively reduced availability of mid-career engineering-professionals. This may be imposing significant barriers for the firms to adequately fulfill vacancies demanding experienced engineers for leadership positions. In addition to other constraints related to quality and mobility matters, the relatively reduced supply of 35-59 years-old engineers is likely to be behind many of the recent complains of workforce shortage in Brazil.

Keywords: workforce shortage; engineering professionals.

1 INTRODUÇÃO

Recentemente, tem-se discutido se no Brasil haverá, no futuro próximo, um cenário de falta de mão de obra qualificada ou um "apagão de mão de obra", em face do crescimento econômico recente e de uma situação de virtual pleno emprego. O debate envolve tanto uma discussão geral (todas as áreas de formação) quanto específica (áreas de saúde e engenharias, notadamente).

O artigo propõe-se a avaliar e sistematizar este debate sobre a área de engenharia. A discussão sobre uma possível escassez de engenheiros hoje e no futuro está ligada às perspectivas do desenvolvimento e, mais particularmente, do tipo de desenvolvimento possível num futuro próximo e de médio prazo. Quando se discute a sociedade do conhecimento, o poder da informação, a inovação tecnológica, está-se, direta ou indiretamente, discutindo atividades desenvolvidas por um conjunto de profissionais, entre os quais os engenheiros têm destaque.

Para sistematizar o debate, lançar-se-á mão de abordagem conceitual por Butz *et al.* (2003) para a análise da escassez ou não de engenheiros e cientistas nos Estados Unidos. A partir dessa abordagem, elaborar-se-á um conjunto de hipóteses, lastreadas na discussão recente (que se deu mais pela mídia cotidiana do que por revistas de cunho mais científico, o que se convencionou chamar de literatura), em entrevistas e discussões com conjunto de dirigentes empresariais, particularmente das áreas de pesquisa, desenvolvimento e engenharia (PD&E). Adotou-se a abordagem tradicional de testar as hipóteses; tal será feito a partir da elaboração de dados oficiais do aparelho estatístico brasileiro – Relação Anual de Informações Sociais, do Ministério do Trabalho e Emprego (Rais/MTE); Censo Escolar, do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, do Ministério da Educação (INEP/MEC); Censo Demográfico, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e de resultados de pesquisas pertinentes – Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade) e outras. O texto busca lastrear a discussão em dados e evidências empíricos.

Como resultado, aponta-se que ao longo da década foram detectados alguns sinais de aquecimento, mas que uma eventual escassez de engenheiros tende a se dissipar no futuro próximo, devido ao fato de o fluxo de recém-formados ter sido mais elevado do que o crescimento da demanda. O que se observa no mercado de trabalho é um hiato

geracional dada a lacuna na formação de engenheiros décadas atrás, o que implica falta de engenheiros experientes e com capacitação para liderar projetos hoje, e o problema de qualidade dos engenheiros formados, ainda que haja poucos dados confiáveis sobre ele.

O artigo está estruturado de forma a apresentar como o problema da escassez de mão de obra vem sendo discutido na imprensa (seção 2), trazer uma discussão conceitual, destacando a relação entre carreiras técnico-científicas e o produto interno bruto (PIB) *per capita* em nível mundial e aspectos do mercado de trabalho das engenharias (seção 3), avaliar os indicadores de escassez (seção 4), propor uma sistematização desse debate (seção 5) e buscar algumas conclusões e considerações finais (seção 6).

2 DISCUSSÃO NOS VEÍCULOS DE COMUNICAÇÃO

Notícias alertando para o risco de um eventual apagão de mão de obra proliferam-se na imprensa brasileira nos últimos anos, principalmente a partir da segunda metade da década de 2000, quando emprego e renda passaram a crescer sistematicamente no país, a ponto de, em um dado momento, economistas, políticos e articulistas dos mais diversos matizes chegarem a falar corriqueiramente na mídia que o Brasil viveria uma situação de pleno emprego.[1] As manchetes frequentemente davam destaque a um risco generalizado de escassez de mão de obra,[2] enquanto outras situavam o problema em

1. Entre o pleno emprego e a falta de qualificação (*Brasil econômico*, 25 maio 2011. Disponível em: <http://www.brasileconomico.com.br/noticias/entre-o-pleno-emprego-e-a-falta-de-qualificacao_102155.html>).
Lula: Brasil vive quase pleno emprego (*O globo*, 25 out. 2010. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/lula-brasil-vive-quase-pleno-emprego-2935099>).

Brasil está próximo de atingir o pleno emprego, segundo economistas (*Portal IG economia*, 24 jun. 2010. Disponível em: <http://economia.ig.com.br/pais-esta-proximo-de-atingir-o-pleno-emprego-segundo-economistas/n1237678405637.html>).
''Pleno emprego" aparece no radar de 2010 (*Gazeta do povo*, 22 nov. 2009. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?tl=1&id=946807&tit=Pleno-emprego-aparece-no-radar-de-2010>).

2. Há vagas. Falta mão de obra (*O globo*, 25 abr. 2013. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/ha-vagas-falta-mao-de-obra-8217386>).

Dificuldade de encontrar mão de obra qualificada afeta economia brasileira (*Jornal Nacional*, edição de 13 de agosto de 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2012/08/dificuldade-de-encontrar-mao-de-obra-qualificada-afeta-economia-brasileira.html>).

O risco do apagão da mão de obra (*Isto é*, 29 dez. 2010. Disponível em: <http://www.istoe.com.br/reportagens/117227_O+RISCO+DO+APAGAO+DA+MAO+DE+OBRA>).

alguns setores,[3] particularmente na construção civil,[4] em tecnologia da informação[5] e no setor de petróleo e gás natural.[6] Entre os profissionais mais escassos, a julgar por muitas das inserções a respeito na mídia, estariam os engenheiros.[7]

Estaria mesmo o Brasil padecendo de um problema generalizado de escassez de mão de obra qualificada? Estudos empíricos não parecem validar essa hipótese. Barbosa Filho, Pessôa e Veloso (2010) concluem que a disponibilidade de trabalho qualificado no Brasil não se colocou como um fator limitante do crescimento econômico do país nos anos recentes. Maciente e Araújo (2011) mostraram que, dadas as tendências de formação de engenheiros e as projeções de demanda por esses profissionais no mercado de trabalho, risco de apagão só haveria se o Brasil crescesse em padrões indianos ou chineses por toda a década de 2011-2020, o que não parece ser o caso. Saboia e Salm (2010) não vêm sinais de escassez entre profissionais de nível superior e consideram que, se algum problema houvesse, seria mais plausível que fosse observado em ocupações que exigem baixa escolaridade. Pompermayer *et al.* (2011) conjecturam que alguns problemas porventura localizados regionalmente, em especialidades profissionais específicas ou associados à baixa qualidade da formação ou mesmo à reduzida experiência de muitos postulantes às novas vagas de emprego, pudessem estar contaminando a percepção geral de escassez, levando muitos a tratar o problema como generalizado.

---

3. Especialistas alertam para apagão de mão de obra em alguns setores (*Jornal Nacional*, edição de 18 de fevereiro de 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2011/02/especialistas-alertam-para-apagao-de-mao-de-obra-em-algum-setores.html>).

4. FGV: há um apagão na construção civil (*O globo*, 5 maio 2011). Falta de mão de obra dificulta expansão da construção civil (*Jornal do commercio*, 26 jan. 2011).

5. Empresas enfrentam falta de mão de obra em TI (*O globo*, 13 dez. 2012. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/tecnologia/empresas-enfrentam-falta-de-mao-de-obra-em-ti-7040812>).

6. Setor de petróleo enfrenta falta de mão de obra especializada, diz economista (*Agência Brasil*, 18 ago. 2012. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-08-18/setor-de-petroleo-enfrenta-falta-de-mao-de-obra-especializada-diz-economista>).

7. Falta de engenheiros faz com que profissão esteja em alta no Brasil (*O globo*, 11 mar. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2013/03/falta-de-engenheiros-faz-com-que-profissao-esteja-em-alta-no-brasil.html>).

Apagão de talentos: a falta de engenheiros (*Época negócios*, set. 2011. Disponível em: <http://colunas.revistaepocanegocios.globo.com/prazodevalidade/2011/09/09/apagao-de-talentos-a-falta-de-engenheiros/>).

Técnicos e engenheiros são profissões com mais escassez (*Folha de S. Paulo*, 19 maio 2011. Disponível em: <http://classificados.folha.uol.com.br/empregos/918107-tecnicos-e-engenheiros-sao-profissoes-com-mais-escassez.shtml>).
Escassez de engenheiros (*Estadao.com*, 20 jul. 2010. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,escassez-de-engenheiros,583492,0.htm>).

Valendo-se de achados como esses, Claudio Moura Castro sintetizou assim o problema, em uma revista de grande circulação nacional:

> As manchetes são pródigas em repetir que o país entrou numa fase de escassez aguda de mão de obra. As denúncias abundam: faltam tantos milhares de engenheiros disso ou daquilo. Mas será? Equívocos nos diagnósticos levam a equívocos nas terapias. Os economistas, uns chatos, talvez, começam sempre insistindo para que as definições sejam sólidas. De outra forma, o que parece desacordo é puro ruído semântico. (...) Para economistas puros-sangues, escassez é quando aumenta a demanda e, como resultado de mais gente querendo contratar, os salários sobem. Portanto, apagão se mede com variações de remuneração, seja ao longo do tempo, seja na comparação entre profissões parecidas.
>
> (...)
>
> Voltemos à pergunta: há apagão? Traduzindo, os salários subiram vertiginosamente? Tudo o mais é ruído. Algumas pesquisas recentes trazem respostas. Consideremos duas situações. A primeira é a das grandes obras no meio do nada. A explosão de indústrias no Porto de Suape, as usinas em São Luís, Belo Monte, o pré-sal e outras obras monumentais criam, da noite para o dia, demanda por dezenas de milhares de profissionais de todas as tribos, em regiões onde não há rigorosamente nenhuma oferta. A prova é que os salários disparam. A segunda situação é bem mais matizada. Para o país como um todo, pesquisas mostram salários praticamente estagnados para graduados de nível superior, em geral. Ou seja, não há apagão para gente com canudo debaixo do braço.
>
> (...)
>
> Quando se cria o apagão, duas coisas acontecem. Com os preços mais altos – no caso presente, para certos tipos de mão de obra –, passa a ser mais atraente investir na área em que apareceu o gargalo. Isso vai aumentar a oferta, acabando por eliminar o pico de escassez observado, ainda que leve tempo. (...) Ou seja, é o próprio apagão que cria as reações que vão eliminá-lo. É preciso que exista aumento de preços ou escassez aguda para que apareçam as manifestações políticas ou econômicas que vão pôr em marcha os processos que fazem expandir a oferta de mão de obra disso ou daquilo. A denúncia na imprensa e o pânico criado contribuem para que desapareça. São parte da solução, se diagnosticarem o apagão no lugar certo (Moura Castro, 2011).

A crônica de Moura Castro já sinalizava que, mesmo nos meios de comunicação, o debate já começava a se encaminhar para a identificação de possíveis focos ou mesmo tipos de escassez, em vez de simplesmente alardear um problema hipoteticamente generalizado. Assim, em vez de se falar em um "apagão", tornou-se mais comum trazer à tona questões mais concernentes à qualidade, à experiência, à distribuição espacial e a habilitações específicas (especialidades) da força de trabalho, levando em conta, ainda, as peculiaridades de cada atividade profissional.

O bom desempenho da economia brasileira a partir de meados da década de 2000 – cresceu a uma média de 4,4% ao ano (a.a.) de 2004 e 2010 – recolocou em alta as engenharias, a ponto de, em 2011, o número de ingressos em cursos dessas áreas superar, pela primeira vez, o de ingressos em cursos de direito.[8] Não deixam de surgir, contudo, questionamentos quanto à necessidade de mais e melhores engenheiros no Brasil,[9] não apenas pelo fato de o país formar relativamente poucos desses profissionais em comparação internacional,[10] mas também pela associação que se costuma fazer desse profissional ao desenvolvimento tecnológico, à inovação e ao próprio crescimento econômico.

Embora as expectativas quanto ao desempenho futuro da economia brasileira venham se deteriorando nos últimos tempos,[11] ainda é recorrente a preocupação com uma eventual falta de engenheiros no Brasil, tanto que notícias veiculadas na imprensa já dão conta de que vem sendo discutido, no âmbito do governo federal, um programa específico de importação de engenheiros, análogo ao Programa Mais Médicos.[12] A justificativa principal estaria no diagnóstico de que faltariam, nas prefeituras, "especialistas dispostos a trabalhar na elaboração de projetos básico e executivo, fundamentais para que a cidade possa receber recursos da União" (conforme matéria veiculada pelo portal *Exame.com*).

Em uma reportagem publicada em agosto de 2013,[13] sobre o problema de falta de engenheiros na região Nordeste, declarações atribuídas a empresários e ao presidente do

---

8. Pela primeira vez, engenharia tem mais calouros do que direito (*Folha de S. Paulo*, 14 abr. 2013. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/educacao/1262233-pela-primeira-vez-engenharia-tem-mais-calouros-do-que-direito.shtml>).
Brasil busca engenheiros. Vestibulandos candidatam-se (*Veja*, 13 nov. 2011. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/educacao/aquecimento-da-economia-atrai-jovens-para-a-engenharia>).

9. A falta que bons engenheiros fazem (*Exame.com*, 3 nov. 2012. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/1023/noticias/a-falta-que-eles-fazem>).

Brasil sente falta de engenheiros que seja líder e fale inglês (*Folha de S. Paulo*, 9 jun. 2013. Disponível em: <http://classificados.folha.uol.com.br/empregos/2013/06/1291405-brasil-sente-falta-de-engenheiro-que-seja-lider-e-fale-ingles.shtml>).

10. Formação em engenharia no Brasil: comparação internacional (*Engenhariadata*, 5 dez. 2011. Disponível em: <http://engenhariadata.com.br/a-formacao-em-engenharia-no-brasil-comparacao-internacional/>).

11. Ver o viés de queda que vem sendo observado pelo menos desde o segundo trimestre de 2013 nas estimativas de crescimento reportadas semanalmente pelo boletim *Focus*, do Banco Central do Brasil (BCB).

12. Depois de médicos, Dilma estuda importar engenheiros (*Exame.com*, 11 ago. 2013. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/por-prefeitos-dilma-estuda-importar>).

13. Procuram-se engenheiros e arquitetos no Nordeste (Revista *Você S/A*, ago. 2013. Disponível em: <http://exame.abril.

Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva (Sinaenco) apontam para dificuldades em contratar engenheiros especializados em obras de ferrovias, portos e mobilidade urbana, como metrôs, bem como para obras públicas de grande porte no interior.

Mas o que é indicado na reportagem como maior carência é a de engenheiros capazes de projetar obras e geri-las do início ao fim. Esta percepção remete a uma das hipóteses levantadas mais adiante, a partir dos dados apresentados nas seções 4 e 5 deste artigo: a de que, no caso das engenharias, grande parte do problema esteja relacionada a uma questão geracional, qual seja, ao fato de que a baixa valorização da profissão nos anos 1980 e 1990 levou a uma fuga dos cursos de engenharia na época, resultando hoje em uma acentuada escassez relativa de engenheiros na faixa etária dos 35 aos 59 anos – justamente os profissionais que tendem a ter experiência relevante para os postos de gerência de grandes obras.

3 DISCUSSÃO CONCEITUAL

O problema da escassez de recursos é questão central de estudo na ciência econômica e é, ao mesmo tempo, um motor do próprio desenvolvimento econômico e tecnológico. Hirschman (1958) caracteriza o desenvolvimento como uma cadeia de desequilíbrios e, neste sentido, é justamente a escassez que induz novos investimentos, acarretando novos desequilíbrios e levando a um processo dinâmico de desenvolvimento. Escassez, portanto, não é necessariamente ruim e tende a levar a reações dos agentes econômicos capazes de desencadear inovações e ganhos à sociedade.

De maneira geral, Butz *et al.* (2003, p. 1) sugerem cinco sinais de que um país ou região está enfrentando uma situação de "baixa produção" de um determinado bem, mostrado a seguir.[14]

1. Produção mais baixa que no passado recente.

com.br/revista-voce-sa/edicoes/183/noticias/canteiro-permanente-de-obras>).

14. Cabe notar que Butz *et al.* (2003) lançam mão desta estrutura para analisar um problema de pesquisa semelhante ao aqui apresentado, ou seja, a existência ou não de escassez de cientistas e engenheiros nos Estados Unidos a partir de dados de "produção" destes profissionais entre os anos 1970 e 1990.

2. Concentração de mercado dos líderes tem aumentando ao longo do tempo.

3. Produção menor que o desejado pelos ofertantes.

4. Produção menor do que o desejado socialmente.

5. Produção não atende à própria demanda de mercado, o que pode ter reflexo nos preços ascendentes.

Economistas ortodoxos costumam defender a teoria de que, assim como qualquer outro mercado, o mercado de trabalho deveria ser deixado livre para se ajustar a novas condições, mesmo quando situações de escassez de trabalho emergem, e que o tempo de maturação desses ajustes dependerá da velocidade com a qual os agentes econômicos reagem aos novos sinais de mercado.[15] Esta lógica pressupõe que os agentes dominam todas as informações relevantes do mercado. No entanto, nos diversos e heterogêneos mercados de trabalho as informações tendem a ser custosas e assimétricas, levando a seleções adversas, sem mencionar as falhas que podem emergir do poder dos sindicatos, de questões regulatórias específicas e outras tantas especificidades (Autor, 2008; Junankar, 2009).

Assim sendo, o ajuste via preços nem sempre é imediato em muitos mercados de trabalho. Além disso, há outras características que podem sinalizar escassez de mão de obra, tais como aquelas, a seguir, apontadas por Nascimento (2011, p. 22).

6. Baixas taxas de desemprego.

7. Proporção crescente de empregados nas ocupações típicas.[15]

8. Alta rotatividade da mão de obra especializada, que tenderia a permanecer pouco nos empregos em busca de melhores salários – o que seria refletido na redução do diferencial entre os salários dos desligados e dos admitidos.

15. Nesta linha ver, por exemplo, Arrow e Capron (1959) e Freeman (2007). As ocupações típicas de engenharia são definidas como aquelas que estão dispostas explicitamente na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) com o vocábulo engenharia, mais os professores de ensino superior. Os cálculos são feitos a partir da Rais ou do censo. Ver no apêndice como foram delimitadas, neste trabalho, as ocupações aqui consideradas como típicas das engenharias.

9. Vagas abertas são preenchidas com dificuldade.

10. Aumento nas horas trabalhadas, com o uso frequente de horas extras.

11. Concorrência acirrada entre empresas pelos melhores profissionais.

12. Redução das exigências para a contratação.

Assim, dadas as características específicas do mercado de trabalho para profissionais de engenharia e a disponibilidade de dados, este artigo se concentra na avaliação dos itens 1 (formação de engenheiros em nível menor do que anteriormente), 4 (formação menor que o desejado), 5 (evolução dos salários), 6 (desemprego entre os engenheiros), 7 (ocupações típicas), e 8 (rotatividade e diferencial de salários entre admitidos e desligados). A análise combinada destes indicadores possibilita uma avaliação da escassez dos engenheiros no Brasil. A partir deste diagnóstico, o artigo traz uma proposta de sistematização deste debate.

3.1 Ocupações técnico-científicas e renda *per capita*

Antes de entrar especificamente na discussão sobre a escassez de engenheiros no Brasil, cabe destacar a importância das carreiras técnico-científicas para o crescimento econômico. Neste sentido, a contribuição desta subseção é mostrar a relação positiva entre recursos humanos em ciência e tecnologia – Human Resources in Science and Technology (RHST) – e renda *per capita* em diversos países.

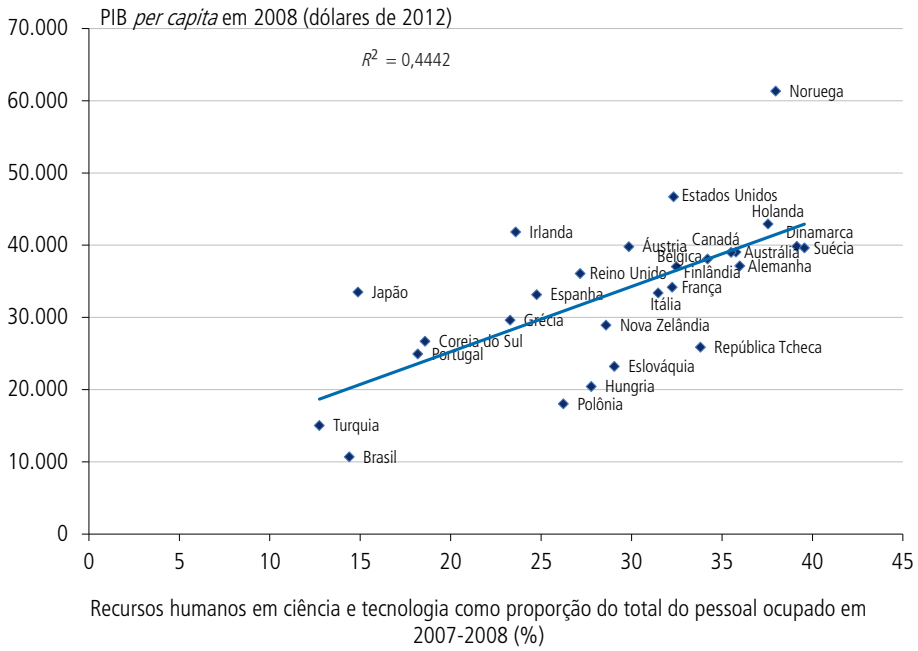
O gráfico 1 traz a dispersão para as variáveis PIB *per capita* em 2008 (em dólares de 2012) e a porcentagem de HRST no total de empregados, segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).[16] Apesar de esse indicador

16. Estes profissionais são definidos pela OCDE como RHST. São profissionais empregados em ciência e tecnologia cujas atividades geralmente demandam alta qualificação e o potencial de inovação é alto. São profissões do grupo 2 e 3 da International Standard Classification of Occupations (Isco), o que inclui: físicos, matemáticos, engenheiros, cientistas da vida e profissionais da saúde, profissionais de ensino, e outros profissionais (grupo 2); e profissionais das mesmas áreas do grupo 2, só que de nível educacional intermediário. Para mais detalhes, ver: <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/sti_scoreboard-2011-en/02/03/index.html?contentType=/ns/ Chapter,/ns/StatisticalPublication&itemId=/content/chapter/sti_scoreboard-2011-14-en&containerItemId=/content/serial/20725345&accessItemIds=&mimeType=text/html>.

Essa definição é semelhante à definição de Pessoal Ocupado Técnico-Científico (PoTec) empregada em Nascimento (2011) e em Araújo, Cavalcante e Alves (2009), ainda que neste último artigo os autores só tenham considerado profissionais de nível superior.

incluir outros profissionais além dos engenheiros, é a abertura mais desagregada possível para comparações internacionais.

GRÁFICO 1
Relação entre PIB *per capita* em 2008 e porcentagem de HRST no total de pessoal ocupado (2007-2008)
(Em US$ de 2012)



Fonte: OCDE.
Elaboração dos autores.
Obs.: a linha azul no gráfico indica a correlação linear observada entre as duas variáveis para o conjunto de países plotados no gráfico. $R^2 = 0,4442$.

Percebe-se uma clara correlação entre as duas variáveis (67%), isto é, quanto maior o PIB *per capita*, maior a participação dos profissionais envolvidos em ciência e tecnologia na força de trabalho. Esta relação positiva não chega a ser uma surpresa, visto que estes profissionais são fundamentais para o desenvolvimento tecnológico e absorção de novas tecnologias.

Em adição a esta correlação simples, a tabela 1 traz um modelo econométrico em painel, com controle para efeitos fixos. Os dados são para 2007, 2009 e 2011. A vantagem deste tipo de modelo é que a relação estatística entre as variáveis é controlada por efeitos específicos aos países que são fixos no tempo. Posto de outro modo, o foco

deste tipo de modelagem é na relação incremental entre as variáveis (o quanto a variação de uma variável guarda relação com a variação da outra), de forma que a correlação entre as variáveis não é "contaminada" por estes efeitos específicos.[17] Formalmente,

$$PIBperCapita_{it} = \alpha_i + \beta_0 + \beta_1 HRST_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde $PIBperCapita_{it}$ é a renda *per capita* do país *i* no ano *t*, α_i é o efeito fixo referente ao país,[18] β_0 é o intercepto, $HRST_{it}$ é a variável que representa a proporção dos recursos humanos como profissionais e técnicos de ciência e tecnologia, β_1 é o coeficiente linear de interesse e ε_{it} é o erro aleatório.

TABELA 1
Modelos de efeitos fixos para a relação entre PIB *per capita* e porcentagem de RHST no total de empregados (2007, 2009 e 2011)

Variáveis	(1)	(2)
	PIB *per capita*	PIB *per capita*
HRST	552.9***	
	(139.0)	
HRST (somente nível superior)		712.0***
		(191.9)
Constante	19,690***	25,915***
	(4,272)	(2,905)
Observações	70	70
R^2	0.260	0.234
Número de países	24	24

Fonte: OCDE.
Elaboração dos autores.
Nota: *** p < 0.01, ** p < 0.05, * p < 0.1.
Obs.: erros-padrão entre parênteses.

Os resultados mostram que mesmo quando se controlam os efeitos fixos dos países, a relação entre o PIB *per capita* e os HRSTs ainda se mantém positiva. Na última coluna, foi considerado apenas o HRST de nível superior, a fim de se verificar a robustez dos resultados. Novamente, a relação entre as variáveis se mostrou positiva e significante a 1%.

17. Coloquialmente, neste tipo de modelagem leva-se em conta "a Noruega ser a Noruega", "o Brasil ser o Brasil" etc. Sobre as técnicas de modelos em painel com efeitos fixos, ver Wooldridge (2002, cap. 10).

18. Como estes efeitos fixos são invariantes no tempo, omite-se o subscrito *t*.

Estes dois testes estatísticos mostram que o crescimento do PIB *per capita* guarda alguma relação com as carreiras científicas e tecnológicas em nível mundial. Isto significa que o debate sobre o crescimento de longo prazo passa pelo fortalecimento das ocupações em ciência e tecnologia, entre as quais a engenharia é parte relevante, devido à importância destes profissionais para o aumento da produtividade, desenvolvimento e aprendizado tecnológicos.

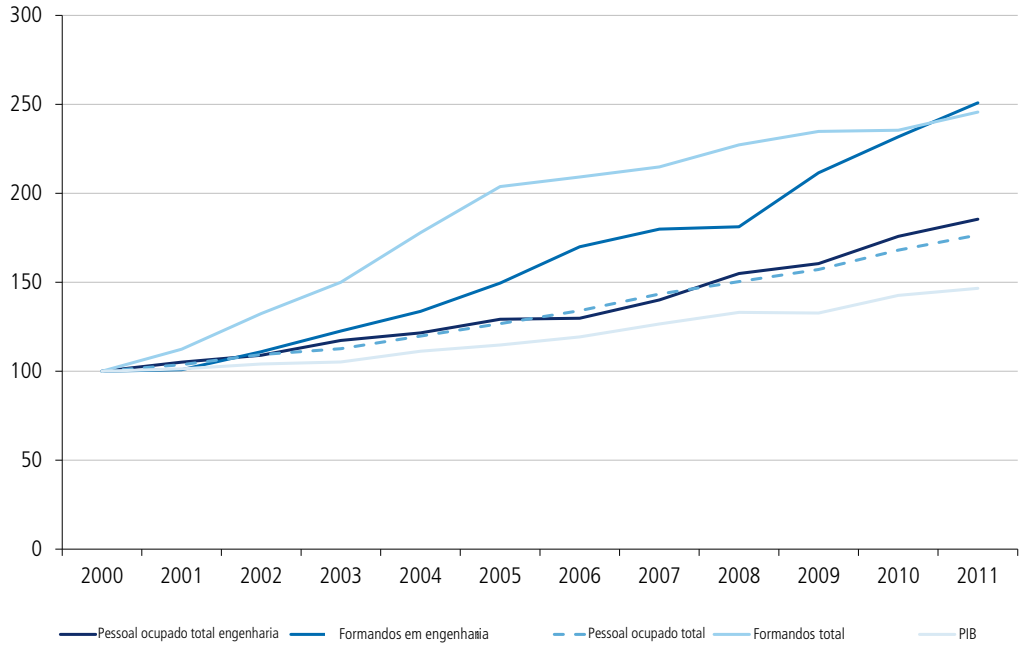
Assim, mostrada a relevância da engenharia para o desenvolvimento, serão discutidos os sinais propostos por Butz *et al.* (2003) e as características do mercado de trabalho conforme propostas por Nascimento (2011), elencando hipóteses que mostrem a escassez de engenheiros e buscando evidências para derrubá-las.

4 UMA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE ESCASSEZ DE MÃO DE OBRA DE ENGENHARIA NO BRASIL

4.1 Formação, emprego de engenheiros e PIB

Nesta subseção, discute-se se a oferta de engenheiros é decrescente ao longo do tempo (indicador 1, da introdução), ou se a formação de engenheiros é menor do que o seria desejado socialmente (indicador 4). Naturalmente, reconhece-se que na prática é difícil operacionalizar o conceito de oferta socialmente desejável de engenheiros. Entretanto, pode-se comparar a evolução da oferta de novos engenheiros (aproximada pelo número de formados em cursos superiores de engenharia) à evolução do próprio PIB real (a preços de 2012), tendo por pressuposto uma razão teórica engenheiros/PIB ideal. Esta comparação, assim como as curvas do total de concluintes do ensino superior, o pessoal ocupado em engenharia e o total de empregados formais estão no gráfico 2.

GRÁFICO 2
Evolução do pessoal ocupado em engenharia e total, dos concluintes de cursos de engenharia e total, e do PIB (a preços de 2012)
(Base: 2000 = 100)



Fonte: Ipeadata (PIB a preços reais), disponível em: <www.ipeadata.gov.br>, e EngenhariaData (demais séries), disponível em: <engenhariadata.com.br>.
Elaboração dos autores.

Em primeiro lugar, cabe notar que a oferta de engenheiros certamente não é decrescente ao longo do tempo, seja pelo critério de oferta de novos engenheiros, seja pelo de equilíbrio de mercado observado (oferta e demanda) nas ocupações de engenharia. Ambas as séries cresceram durante a década.

Em segundo lugar, não apenas a oferta de novos engenheiros cresce ao longo do tempo, ela cresce a taxas bem acima daquelas do próprio PIB real. Com efeito, o PIB real cresceu a uma taxa anualizada média de 3,4% a.a., enquanto o total de formados em cursos de engenharia cresceu a uma taxa de 8,7% a.a.

Suponha-se uma razão teórica engenheiros/PIB ideal. Neste caso, mesmo que o Brasil esteja abaixo dela, a tendência é que este *deficit* diminua ao longo do tempo. Some-se a isso a possibilidade de engenheiros formados que exerçam outras ocupações

virem a ser atraídos novamente para as chamadas ocupações típicas de engenharia. Sobre este ponto, Maciente e Araújo (2011) notam que o percentual de engenheiros exercendo ocupações típicas era de 29% em 2000 e foi crescendo ano a ano até alcançar 38% em 2009. Por sua vez, usando dados dos Censos de 2000 e 2010, Menezes-Filho (2012) afirma que os percentuais de engenheiros exercendo ocupações típicas cresceram entre 2000 e 2010 em todas as engenharias. Entretanto, mesmo aquela com maior proporção de engenheiros exercendo ocupações típicas (engenharia civil) não chega a ultrapassar os 50%, ao contrário do observado em outras carreiras, como, por exemplo, a carreira médica, na qual esse percentual é de 80%.

Mesmo que se suponha que essa razão teórica engenheiros/PIB cresça ao longo do tempo à medida que o país se desenvolve e adensa tecnologicamente sua estrutura produtiva, ainda assim a taxa de crescimento do PIB tem sido muito menor que o número de concluintes em engenharia na última década. Por estas razões, entende-se que o indicador 4 – produção menor do que o desejado socialmente – se ora existente, tende a se esgotar no longo prazo.

Por fim, cabe comentar que as tendências tanto na formação quanto no próprio emprego de engenheiros seguiram a observada no Brasil durante a década de 2000. O processo de crescimento do PIB na década de 2000 incorporou mão de obra no setor formal, de modo que o emprego formal cresceu mais que o próprio PIB. O emprego em ocupações de engenharia seguiu tendência praticamente idêntica, crescendo 85% em uma década e totalizando aproximadamente 230 mil profissionais. Em 2011, este emprego em ocupações de engenharia apresentou crescimento, representando 0,49% do total de empregados formais da economia brasileira (em 2000, este percentual era de 0,47%).

Também no que tange à conclusão de curso superior, apesar do forte crescimento em engenharia, comentado anteriormente, este não foi relativamente diferente daquele observado no total de formandos no ensino superior brasileiro. Cabe lembrar que durante a década de 2000 houve forte expansão do ensino superior privado e iniciativas públicas como a Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (ReUni), o Programa Universidade para Todos (ProUni), o Sistema de Seleção Unificada (Sisu) e a reforma do Fundo de Financiamento Estudantil (Fies). Essas iniciativas, somadas à própria expansão do ensino privado, ampliaram muito o número de vagas. Além disso, o ProUni estimulou

tanto a ampliação quanto a ocupação de vagas existentes e, com o Fies,[19] favoreceu a permanência dos alunos nos cursos superiores.

Estes resultados se alinham com os encontrados em Pereira, Nascimento e Araújo (2013), que projetaram a disponibilidade de engenheiros no Brasil em 2020 utilizando três técnicas de projeção demográfica de tendência: linear (cenário pessimista), ajuste polinomial (cenário intermediário) e exponencial (cenário otimista). Segundo suas projeções, as quais partiram da taxa média de crescimento dos concluintes em cursos de engenharia observada entre 2000 e 2008 (8,7% a.a.), as tendências de taxa de crescimento dos concluintes em engenharia entre 2000 e 2020 são de 6,53%, 8,46% e 9,49% nos três cenários. Caso se confirme o cenário intermediário proposto por Pereira, Nascimento e Araújo (2013), em 2020 o Brasil formaria, a cada ano, cinco vezes mais engenheiros que em 2000.[20]

4.2 Aspectos do mercado de trabalho em engenharia

Nesta subseção, a atenção se volta para alguns aspectos do mercado de trabalho. Genericamente falando, a escassez de profissionais levaria a um aumento de salário. No caso, o eventual aumento do salário dos engenheiros seria um poderoso indicador de procura acima da demanda por tais profissionais. Com relação ao total de trabalhadores, o diferencial de salário de um engenheiro – quantas vezes o salário do engenheiro é superior à média – permaneceu relativamente estável entre 2003 e 2011, flutuando em torno de 4,5. Porém, deve-se lembrar de que durante a década houve ganhos salariais por parte dos trabalhadores menos qualificados, devido aos aumentos de salário mínimo (SM) acima da inflação. Por isso, quando se comparam os salários dos engenheiros em relação ao total de trabalhadores com nível superior, tem-se que este diferencial cresce até

19. O ReUni é o programa de apoio a planos de reestruturação das universidades federais, que visa à expansão destas. Já por meio do ProUni, as instituições privadas podem conceder bolsas de estudos a alunos carentes em troca de renúncia fiscal de impostos federais. O Fies é o programa de financiamento estudantil, que passou por uma reformulação em 2010 e atualmente os juros do empréstimo são de 3,4% a.a., portanto, abaixo da inflação. Esta mudança levou a um rápido crescimento a partir de 2011, e entre 2011 e 2012 o número de novos inscritos passou de 153 mil para 368 mil. Ao todo, são financiados mais de 890 mil estudantes. O Sisu é o sistema de seleção unificada, com base na nota do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Isto permite que um aluno pleiteie vagas em universidades por todo o país, reduzindo assim a ociosidade.

20. Entretanto, há de se considerar que a oferta de engenheiros não é afetada apenas pelo número de formados, mas também pelas tendências demográficas na pirâmide etária e fatores como migração (entre países e entre ocupações, como a atração dos engenheiros de volta para ocupações típicas) e aposentadoria.

2009, passando de 1,75 em 2003 para 1,95 em 2009. Ou seja, naquele ano de 2009 um engenheiro tendia a ganhar o dobro que a média das outras carreiras de nível superior. A partir desse ano, este diferencial passa a cair, provavelmente refletindo a ampliação da oferta de novos engenheiros recém-formados. Cabe destacar que esta série de dados é relativamente curta, mas a mudança na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) em 2002 prejudica a avaliação dos diferenciais de salário para anos anteriores.

TABELA 2
Evolução dos diferenciais de salários do pessoal ocupado em engenharia e total (remuneração de dezembro em cada ano)(2003-2011)

Ano	Engenheiros-total da Rais	Engenheiros-pessoal de nível superior na Rais
2003	4,382	1,749
2004	4,536	1,804
2005	4,539	1,831
2006	4,431	1,780
2007	4,462	1,872
2008	4,504	1,869
2009	4,596	1,947
2010	4,479	1,896
2011	4,471	1,913

Fonte: Rais.
Elaboração dos autores.

No que tange às taxas de desemprego (indicador 6), Menezes-Filho (2012) reporta, a partir de análise dos Censos de 2000 e 2010, que a taxa de desemprego entre os engenheiros formados caiu de 4% em 2000 para 2% em 2010. Essa variação de 2 pontos percentuais (p.p.) é baixa em termos absolutos, mas deve-se considerar que a taxa de desemprego dos engenheiros é historicamente baixa, pois sua formação exige habilidades matemáticas e abstração que podem ser exercidas em outras áreas (Pompermayer *et al.*, 2011). Para comparação, a taxa de desemprego da população em geral caiu de 7,1% em 2000, passou por um pico de 12,4% para 6,7% em 2010.[21]

Quando se leva em consideração o exercício das chamadas ocupações típicas (indicador 7), Menezes-Filho (2012) calcula que a taxa de profissionais em ocupações típicas subiu entre 2000 e 2010, se situando em torno de 38% no último ano, conforme comentado anteriormente. Mais importante, ainda de acordo com Menezes-Filho (2012), o diferencial

21. De acordo com a Pesquisa Mensal de Emprego (PME), do IBGE.

de salário[22] entre os formados em engenharia que exercem ocupações típicas em relação aos demais formados em engenharia, que costumava ser negativo em 2000, passou a ser positivo em 2010. Em outras palavras, em 2000 os engenheiros trabalhando em ocupações fora das típicas da engenharia tendiam a ganhar mais, situação que se inverteu em 2010. Por exemplo, atualmente um engenheiro civil envolvido em obras tende a ganhar 10% a mais do que ganharia se fosse exercer uma ocupação fora daquelas consideradas típicas de engenharia.

Nascimento (2011) analisa a questão da rotatividade da mão de obra dos profissionais em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática – Science, Technology, Engineering, and Mathematics – (os chamados trabalhadores STEM, – conceito muito semelhante ao HRST analisado anteriormente), conjugada ao comportamento da diferença de salários entre admitidos e desligados na indústria e na construção civil a partir dos microdados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED)/MTE (indicador 8). Espera-se que o salário dos admitidos seja menor do que o dos desligados, pois geralmente se substituem profissionais mais experientes por mais jovens. Quanto à rotatividade, embora reconheça que há diversas formas de cálculo, o autor supracitado utiliza a mais simples, qual seja, a soma de admitidos e desligados em um determinado período dividida pelo estoque de trabalhadores – neste caso, fornecido pela Rais no dia 31 de dezembro do ano anterior sobre análise.

Nascimento (2011) realiza sua análise de janeiro de 2003 a maio de 2011, e em aparentemente metade dos meses da série a situação é de estabilidade tanto da taxa de rotatividade (por volta de 4%) quanto da diferença salarial entre admitidos e desligados (por volta de 15%). O autor identifica três períodos de aquecimento: entre o primeiro trimestre de 2004 e o segundo trimestre de 2005; de meados de 2007 até o fim de 2008; e do início de 2010 até o final da série. No primeiro período, a diferença de salário entre trabalhadores STEM desligados e admitidos caiu, mas a taxa de rotatividade não se alterou. Nos outros períodos, houve elevação na rotatividade acompanhada de queda na diferença entre demitidos e admitidos, mas não houve nenhum período em que ambas as taxas estivessem acima de um desvio-padrão de suas médias históricas durante três meses consecutivos – parâmetro empregado pelo autor para a definição de "escassez". Em outras palavras, o aquecimento não se transformou em escassez de acordo com esses indicadores.

22. Neste caso, os diferenciais de salário foram calculados a partir de uma modelagem econométrica para uma equação de salário (que também contém como variáveis explicativas idade e gênero, por exemplo), com uma variável *dummy* indicando se o indivíduo exerce uma ocupação típica ou não.

Nas próprias palavras do autor,

> Não fosse a crise desencadeada no último trimestre de 2008, é possível que a tendência verificada a partir de meados de 2007 tivesse prosseguido até a atualidade, chegando eventualmente a um cenário de escassez generalizada. Embora seja difícil conjecturar acerca do que não ocorreu, a expressiva expansão da formação em nível superior nos últimos anos, particularmente de engenheiros e tecnólogos (...) faz supor que tal tendência poderia vir a se reverter e que essa perspectiva não se concretizaria, mesmo sem crise (Nascimento, 2011, p. 26).

4.3 Balanço dos indicadores de escassez

Com base no exposto anteriormente, temos o seguinte balanço dos indicadores de escassez, mostrado no quadro 1.

QUADRO 1
Balanço dos indicadores de escassez

	Pergunta	Resposta	A resposta sinaliza escassez?
Indicador 1	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
Indicador 4	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
Indicador 5	Houve crescimento no diferencial do salário dos engenheiros em relação às outras ocupações?	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 de tendência deste diferencial a partir de 2009.	Sim
Indicador 6	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
Indicador 7	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
Indicador 8	Há rotatividade dos engenheiros conjugada com queda na diferença dos salários entre desligados e admitidos?	Não	Não

Elaboração dos autores.

A análise conjunta de todos estes indicadores quantitativos de mercado de trabalho leva a concluir que houve alguns momentos de pressão de demanda sobre os engenheiros

no Brasil ao longo da década de 2000, mas estas pressões se dissiparam nos últimos anos com a entrada de novos profissionais no mercado, e esta é uma tendência para os próximos anos. Com efeito, o rápido crescimento do número de vagas e alunos em cursos de engenharia, bem como do número de recém-formados, sinaliza que um eventual *deficit* de mão de obra em engenharia seja resolvido pela absorção dos novos engenheiros pelo mercado de trabalho.

5 AFINAL, QUAL O DEBATE? UMA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO

Excluída a possibilidade de um "apagão" generalizado de engenheiros, qual seria o fundo do debate?

A discussão geral quantitativa para o Brasil esconde algumas dimensões importantes.

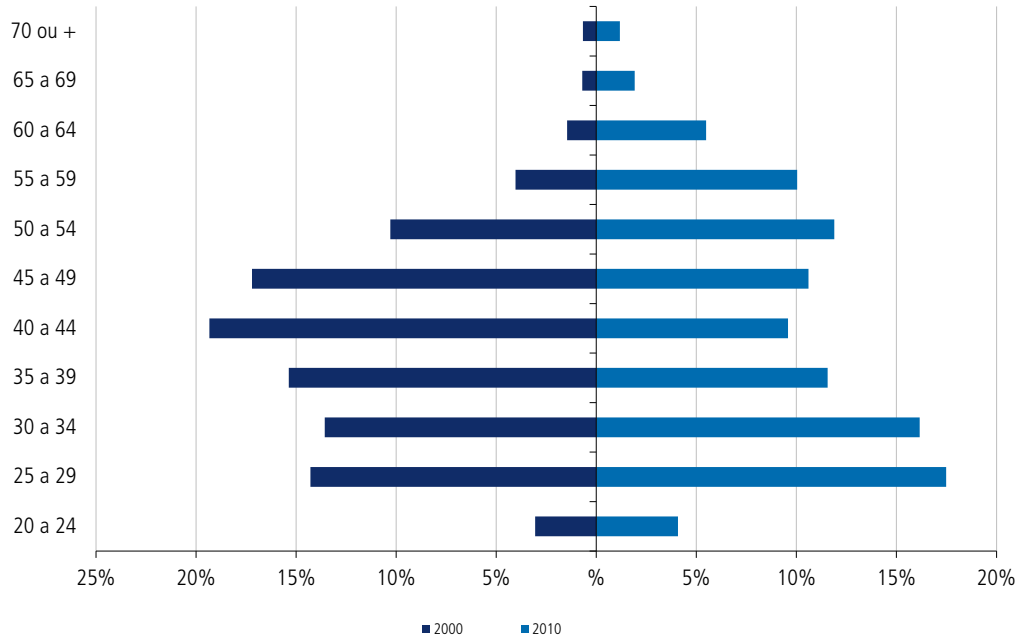
A primeira dimensão é a qualidade da formação dos novos engenheiros. Segundo Gusso e Nascimento (2014), mais de 40% dos engenheiros formados são oriundos de cursos de engenharia conceitos 1 e 2 (baixo desempenho) do Enade. Em contraste, segundo os mesmos autores, não mais que 30% dos alunos se formam em cursos tidos como melhores, sejam estes os que obtêm conceitos 4 ou 5 no Enade sejam os cursos ministrados em instituições mais reputadas sejam nas que exibem indicadores que as caracterizem, na taxonomia usada por eles, como universidades de pesquisa e doutorado. Porém, há de se colocar esta questão em perspectiva mais ampla. Para formar engenheiros de qualidade, é preciso que os ingressantes tenham uma base mais sólida, sobretudo em matemática e ciências. E o desempenho do Brasil em exames como o Programa Internacional de Avaliação de Alunos – Programa for International Student Assessment (Pisa) –, apesar de alguma evolução entre 2000 e 2009, ainda é ruim.[23]

A segunda dimensão é geracional, hipótese surgida após entrevistas realizadas com gestores de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e de engenharia de algumas empresas, que afirmaram sentir falta de engenheiros experientes. Adicionalmente, Maciente e Araújo (2011) mostram, com dados da Rais, que em 2009 a participação no mercado

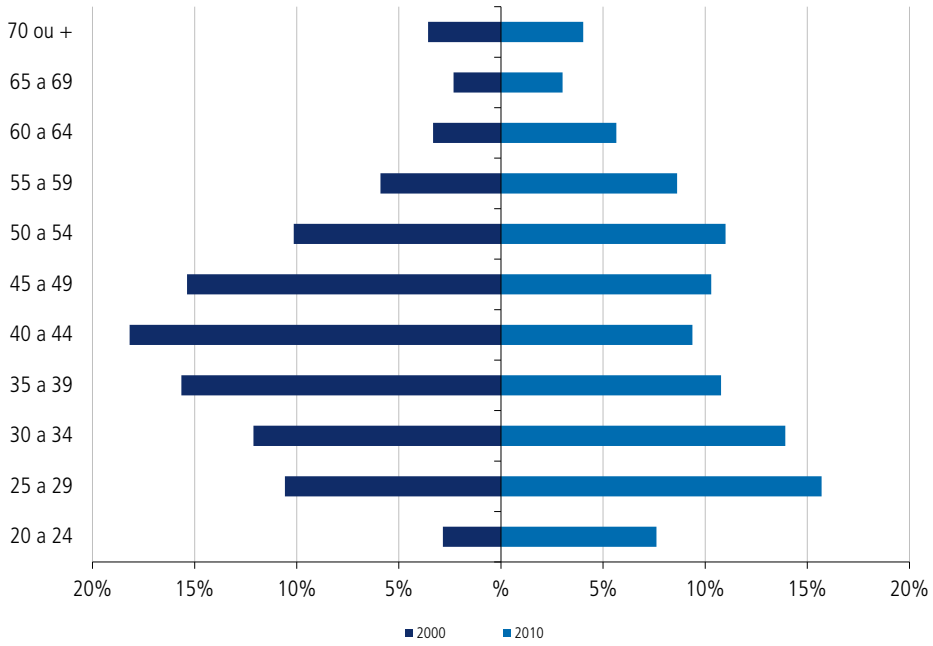
23. A respeito do desempenho brasileiro no Pisa entre 2000 e 2009, ver Soares e Nascimento (2012).

de trabalho de profissionais técnico-científicos com idade entre 35 e 50 anos caíra de forma expressiva em relação a 2000. Uma análise dos dados dos censos demográficos do IBGE deixa isto mais evidente, além de dar uma dimensão mais precisa do problema. Se em termos agregados pode não faltar engenheiros, um certo desequilíbrio na pirâmide etária desta categoria profissional parece acarretar uma escassez relativa de pessoal em meio de carreira, capaz de assumir posições de gerência e liderança (gráficos 3A e B, 4A e B, 5A e B e 6A e B).

GRÁFICO 3
Pirâmide etária dos engenheiros (2000 *versus* 2010)
A – Trabalhando em ocupações típicas das engenharias



B – Trabalhando em outras ocupações que não as típicas



Fonte: Censos demográficos/IBGE.

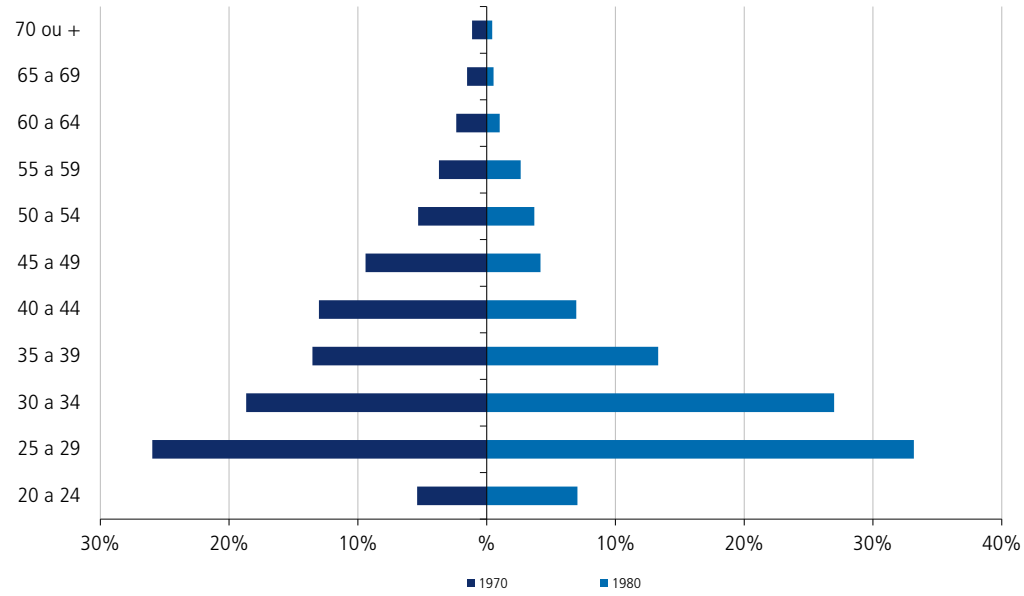
Elaboração dos autores.

Obs.: a quantidade de pessoas que declarava possuir diploma de nível superior em algum curso de engenharia e que tinha uma ocupação era de 566 mil no Censo Demográfico de 2000 e de 930 mil no Censo Demográfico de 2010. Em 2000, 133 mil trabalhavam em ocupações típicas das engenharias (aproximadamente 23% do total com diploma na área), enquanto em 2010 eram cerca de 240 mil (26%). Estes percentuais são distintos dos apresentados por Maciente e Araujo (2011) e por Maciente e Nascimento (2014) porque há diferenças entre os cursos e entre as ocupações consideradas neste e naqueles trabalhos. Aqui se buscou um recorte mais restritivo; os autores citados expandem sua análise para, além de engenheiros, incluírem "profissionais afins", buscando identificar ocupações que sejam típicas de todos os cursos da grande área de engenharia, produção e construção. Ver no apêndice A deste texto a estratégia utilizada para a delimitação, nos Censos Demográficos de 1970 a 2010, dos cursos e das ocupações típicos das engenharias.

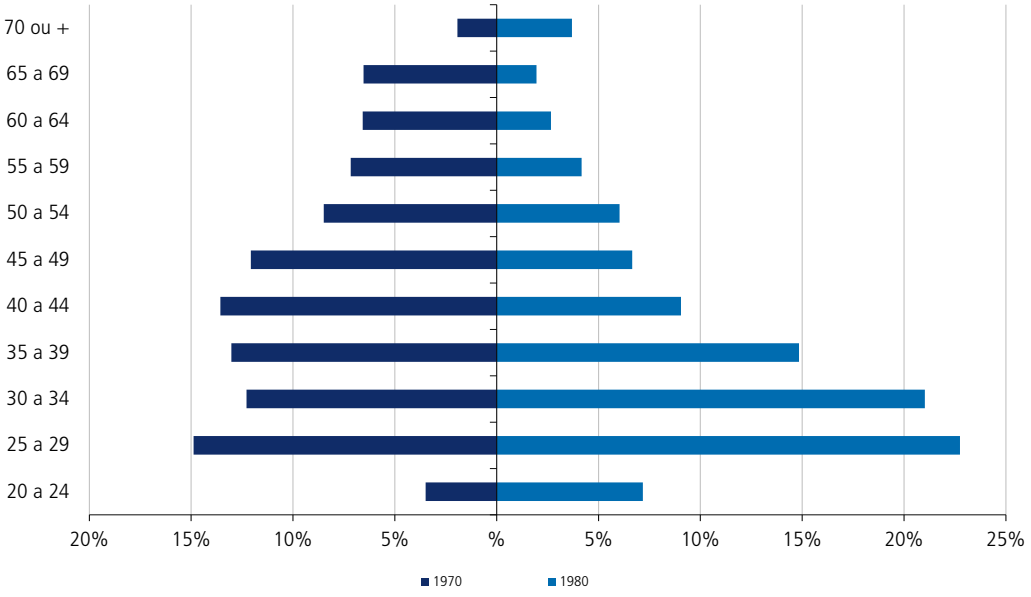
Ao longo da década de 2000, a faixa etária de 35 a 59 anos perdeu participação relativa na pirâmide etária, enquanto o topo e principalmente a base da pirâmide se alargaram. Como possíveis razões para isso, destaca-se a explicação do hiato geracional: como os anos 1980 e 1990 foram de crescimento econômico modesto, além da paralisação dos grandes projetos de infraestrutura, os cursos de engenharia perderam atratividade e, ainda, muitos formados provavelmente tenham se engajado em atividades não típicas. Quando a economia voltou a crescer nos anos 2000 e a demanda por engenheiros voltou a crescer, não havia no mercado oferta relativa suficiente de engenheiros mais experientes. Assim, o *deficit* de engenheiros percebido pelas empresas pode não ser exatamente um *deficit* de quantidade de engenheiros, e sim uma dificuldade em se encontrar engenheiros mais experientes (entre 35 e 59 anos) para liderar obras e projetos.

GRÁFICO 4
Pirâmide etária dos engenheiros (1970 *versus* 1980)

A – Trabalhando em ocupações típicas das engenharias



B – Trabalhando em outras ocupações que não as típicas



Fonte: Censos demográficos/IBGE.

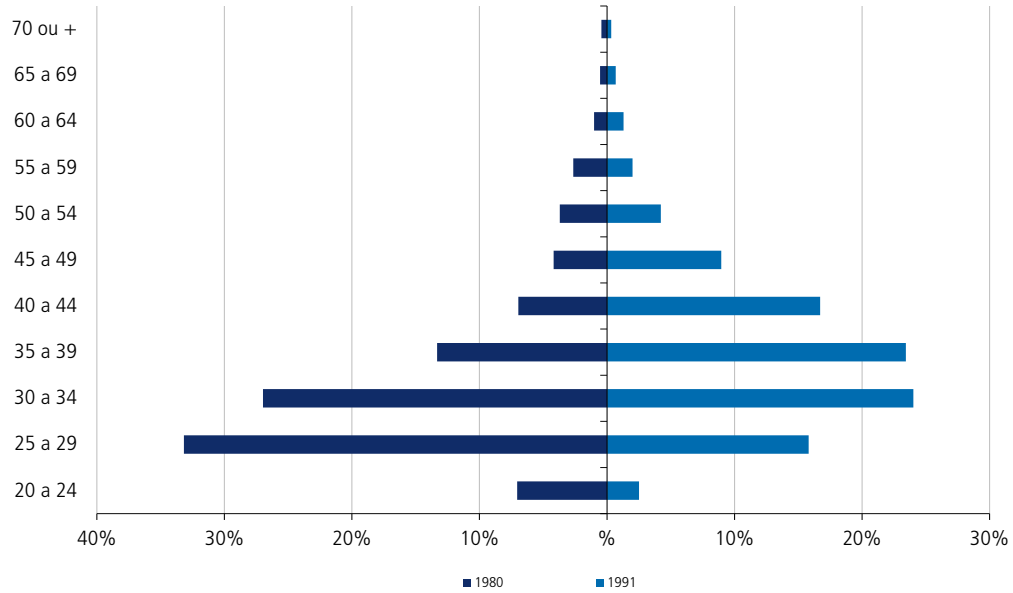
Elaboração dos autores.

Obs.: em 1970, cerca de 72 mil das pessoas que se declararam ao censo demográfico daquele ano como ocupadas afirmavam possuir diploma de nível superior em alguma engenharia. Destas, 46 mil (64%) trabalhavam em ocupações típicas e 26 mil (36%) em outras ocupações que não as típicas. Em 1980, o censo demográfico apontava um universo de aproximadamente 131 mil pessoas com diploma em engenharia e que declaravam estar ocupadas. Trabalhavam em ocupações típicas 77 mil delas (59%), enquanto 54 mil (41%) tinham outras ocupações.

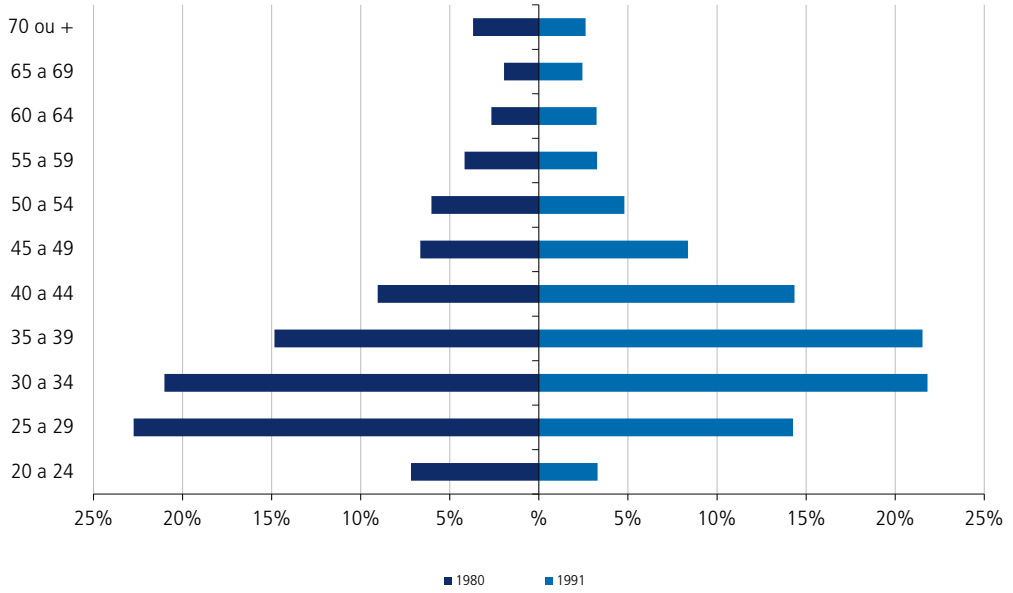
GRÁFICO 5

Pirâmide etária dos engenheiros (1980 *versus* 1991)

A – Trabalhando em ocupações típicas das engenharias



B – Trabalhando em outras ocupações que não as típicas



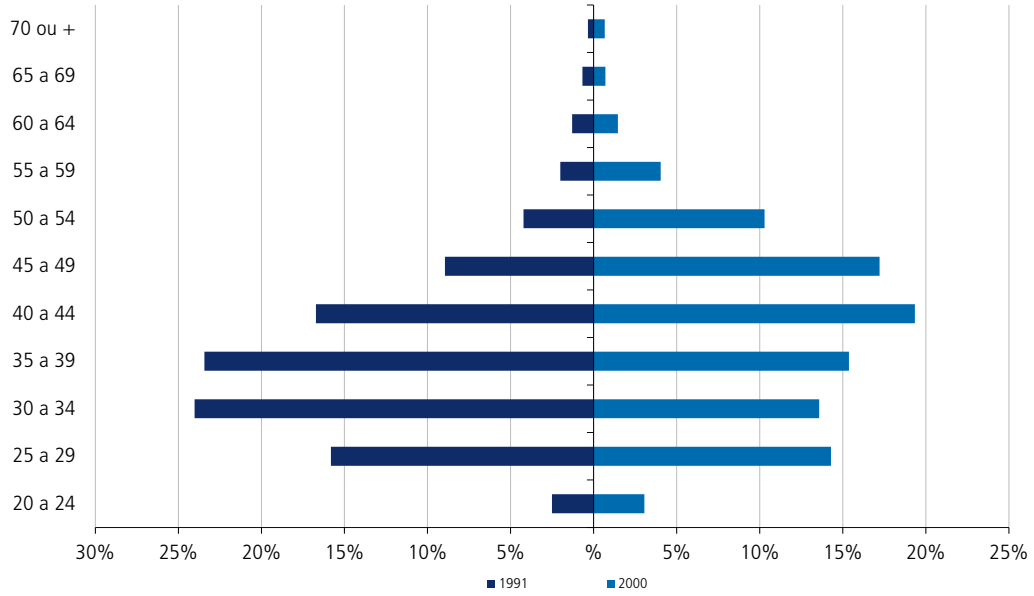
Fonte: Censos demográficos (IBGE).

Elaboração dos autores.

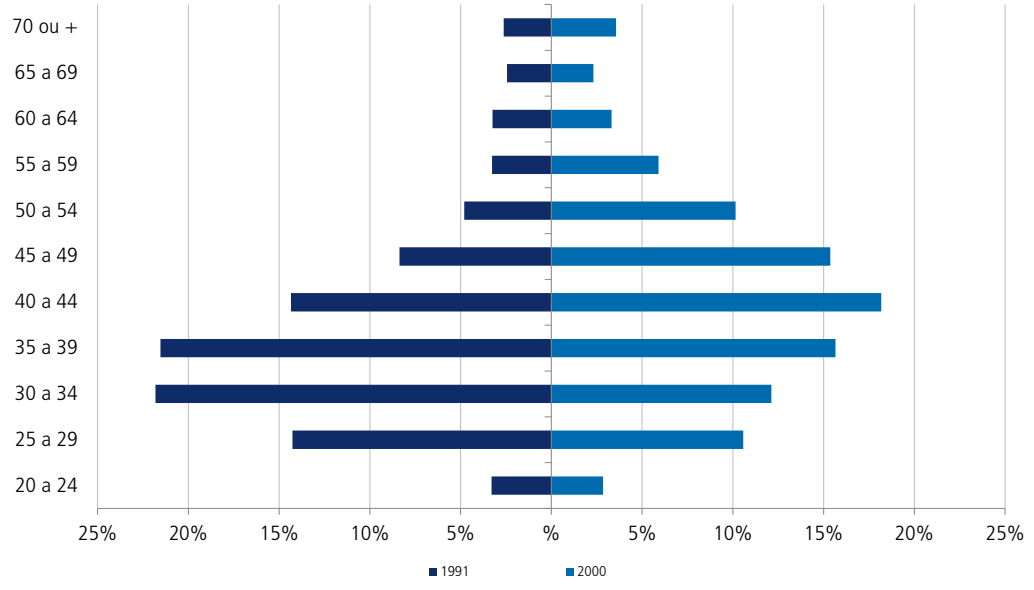
Obs.: em 1980, cerca de 131 mil das pessoas que se declararam ao censo demográfico daquele ano como ocupadas afirmavam possuir diploma de nível superior em alguma engenharia. Destas, 77 mil (59%) trabalhavam em ocupações típicas e 54 mil (41%) em outras ocupações que não as típicas. Em 1991, o censo demográfico apontava um universo de aproximadamente 380 mil pessoas com diploma em engenharia e que declaravam estar ocupadas. Trabalhavam em ocupações típicas 150 mil delas (39%), enquanto 230 mil (61%) tinham outras ocupações.

GRÁFICO 6
Pirâmide etária dos engenheiros (1991 *versus* 2000)

A – Trabalhando em ocupações típicas das engenharias



B – Trabalhando em outras ocupações que não as típicas



Fonte: Censos demográficos/IBGE.

Elaboração dos autores.

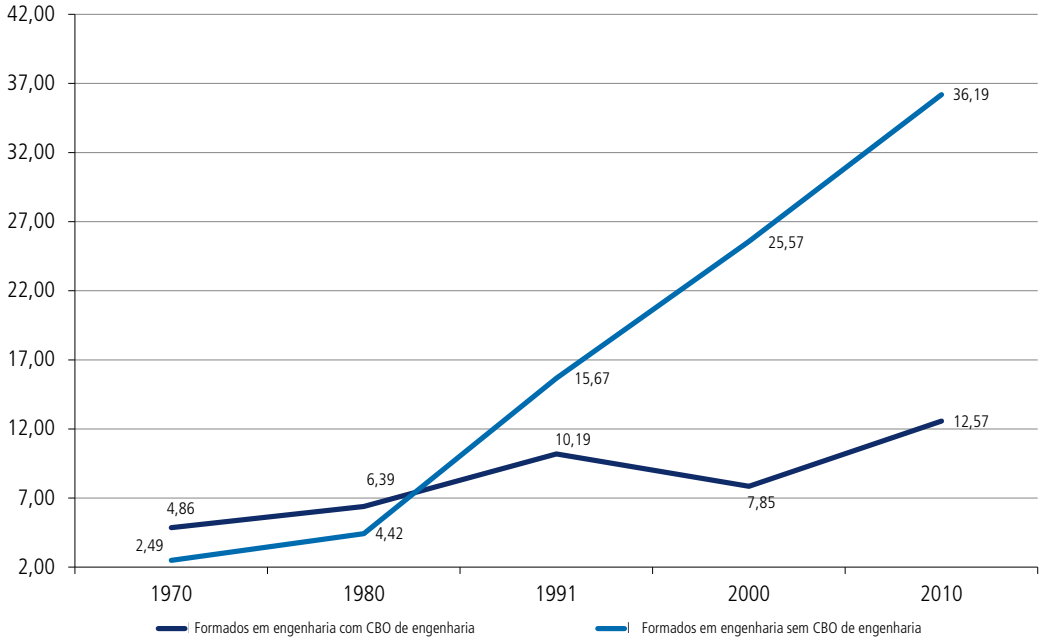
Obs.: em 1991, cerca de 380 mil das pessoas que se declararam ao censo demográfico daquele ano como ocupadas afirmavam possuir diploma de nível superior em alguma engenharia. Destas, 150 mil (39%) trabalhavam em ocupações típicas e 230 mil (61%) em outras ocupações que não as típicas. Em 2000, 133 mil trabalhavam em ocupações típicas das engenharias (aproximadamente 23% do total com diploma na área), enquanto em 2010 eram cerca de 240 mil (26%).

Este fenômeno pode ser evidenciado na comparação das pirâmides etárias entre os Censos de 1970 a 2010. A vantagem de trabalhar com o censo é que se pode observar não apenas a pirâmide etária dos engenheiros em suas ocupações típicas, mas também a pirâmide dos profissionais formados em engenharia – afinal, pelo menos em teoria, uma possível solução para este hiato geracional poderia ser atrair os engenheiros em ocupações não típicas. O problema é que ambas as pirâmides sofreram a mesma dinâmica: aumento relativo na base e no topo, e perda relativa nas faixas intermediárias (gráficos 3 a 6). Ou seja, como mencionado, o crescimento modesto dos anos 1980 e 1990 não apenas afastou os engenheiros das ocupações típicas, como também afetou a atratividade dos cursos de engenharia como opção. No entanto, com a retomada do crescimento econômico e a expansão do ensino, a base da pirâmide etária se expandiu devido aos engenheiros mais jovens.

Sem embargo, as pirâmides etárias anteriormente evidenciam um gradual envelhecimento tanto dos formados em engenharia quanto daqueles que exercem as ocupações declaradas como típicas de engenharia. Continuando uma tendência dos anos 1970, em 1980 houve o pico de formação dos engenheiros mais jovens: mais de 30% dos engenheiros na CBO de engenharia tinham entre 25 e 29 anos. A partir daí, esta geração foi envelhecendo, e nos dois censos seguintes – 1991 e 2000 – é ela que vai continuar a ser a parcela etária mais importante da distribuição, pois não houve reposição na base. Já na década de 2000, o crescimento econômico aumentou a atratividade dos cursos de engenharia e a base voltou a crescer. Porém, as faixas intermediárias entre 35 e 49, que deveriam ter se formado nas décadas de 1980 e 1990, formam atualmente um "vale" entre os maiores de 50 anos e menores de 35. Em um cenário de expansão da atividade produtiva, e da construção civil inclusive, a necessidade de profissionais já habituados ao ritmo e conhecimento do trabalho se faz essencial; assim como a capacidade de liderar e gerenciar projetos, a julgar pelos nossos entrevistados.

Outra forma de retratar a questão geracional é acompanhar a evolução dos engenheiros em ocupações típicas e não típicas ao longo do tempo, exposta no gráfico 7.

GRÁFICO 7
Estoque de formados em engenharia por 10 mil habitantes, em ocupações típicas e não típicas



Fonte: Censos demográficos/IBGE.
Elaboração dos autores.

Como se pode observar, até a década de 1980 os formados em engenharia com CBO de engenharia era maioria. Entretanto, nos anos seguintes a proporção de formados em engenharia que possuem outras ocupações cresce vertiginosamente. Uma vez que, como observado nas pirâmides etárias, tanto aqueles com CBO típicos de engenharia, quanto os que estão em outras ocupações, possuem um mesmo comportamento, sinalizando certa "fuga" das ocupações mais tradicionais de engenharia. Tal fato pode refletir fatores diversos, difíceis de inferir sem uma aprofundada pesquisa de campo: *i)* ampliação do escopo de atividades que um engenheiro pode desempenhar; *ii)* decadência das atividades mais tradicionais, devido ao baixo crescimento econômico; e *iii)* crescimento da importância de serviços, grandes demandadores de engenheiros (para projeto de produtos, projeto de sistemas, planejamento etc.), que tendem a registrar engenheiros com outras denominações de CBO (analista de sistema, por exemplo).

A terceira dimensão diz respeito ao recorte das especialidades. Todas as evidências até agora se referiram ao total de engenheiros, sem levar em conta as habilidades específicas.

Pompermayer *et al.* (2011) indicam que há carências em especialidades como engenharia naval e de petróleo e minas, por exemplo. Entretanto, em setores como o aeronáutico não parece haver problemas generalizados, uma vez que a Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer) mantém curso de especialização que atrai bons engenheiros recém-formados de todo o Brasil, além de atender à demanda de engenheiros da empresa, conforme entrevista com responsáveis por recursos humanos (RH), manufatura e desenvolvimento tecnológico da empresa.

A quarta dimensão é regional. A concentração regional de formandos em engenharia é tradicional, e reflete a distribuição dos bons cursos ao redor do país. Historicamente, muitos estudantes se mudam temporariamente para estudar nas universidades, centros universitários e faculdades consideradas melhores por algum critério. Também é natural a concentração regional do emprego em engenharia nas áreas mais densamente industrializadas e, mais recentemente, nas áreas de exploração de petróleo e gás. Em teoria, a migração poderia resolver o problema, mas é de se esperar que o ajuste do mercado de trabalho via migração demore um pouco para ocorrer. E, enquanto este ajuste não ocorre, alguns desequilíbrios podem acontecer.

Sobre este ponto, Nascimento (2012) repetiu a análise de taxas de rotatividade e diferença de salário entre desligados e admitidos para oito regiões metropolitanas (RMs), desta vez utilizando ocupações relacionadas aos fatores engenharia e *design*.[24] Por exemplo, este autor reporta que na RM de Recife a partir do primeiro trimestre de 2010 os salários dos admitidos chegaram a superar, em alguns dos meses, os dos desligados, com elevação da taxa de rotatividade. Este resultado pode indicar alguma escassez de profissionais naquela região, ainda que o mesmo autor, em outro artigo (Nascimento, 2011), não tenha reportado tal escassez para o país como um todo.

6 CONCLUSÕES

Em suma, este artigo demonstrou que não há um risco de "apagão" generalizado de mão de obra de engenharia no Brasil, ainda que se reconheçam alguns sinais de pressões de curto prazo no mercado de trabalho. Em termos quantitativos, estas pressões tendem a

24. O conceito de ocupações relacionadas a competências é uma correspondência entre a CBO e as competências cognitivas específicas, desenvolvida em Maciente (2012, 2013).

ser resolvidas com a ampliação da oferta dos novos engenheiros, uma vez que os cursos de engenharia voltaram a atrair os alunos. Porém, o artigo também apontou quatro dimensões que podem explicar a percepção de alguns agentes econômicos sobre escassez de mão de obra em engenharia: *i)* qualidade dos engenheiros formados, uma vez que a evolução na quantidade não foi acompanhada pela mesma evolução na qualidade; *ii)* hiato geracional, o que dificulta a contratação de profissionais experientes para liderar projetos e obras; *iii) deficit* em competências específicas; e *iv) deficit* em regiões localizadas.

Deixa-se claro aqui que a não existência de gargalos não significa absolutamente que não haja necessidade de aumentar os investimentos na ampliação e na melhoria de qualidade do ensino de engenharia. Como mostrado no início do texto, a engenharia está intimamente ligada ao desenvolvimento econômico e à inovação e o Brasil apresenta baixo índice de engenheiros por habitante ou por formados no ensino superior. Ademais, a formação em engenharia capacita a pessoa a inúmeras atividades, dentro ou fora daquelas chamadas típicas. Ao contrário do que alguns dizem, não se considera como problema ter engenheiros trabalhando em bancos, em empresas de serviço, em empresas de consultoria, na produção de pesquisas e textos sobre engenheiros etc.: o problema maior é não ter engenheiros e ter uma economia que pouco necessite deles.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis *proxy* para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, n. 5, p. 16-21, dez. 2009.

ARROW, K. J.; CAPRON, W. M. Dynamic shortages and price rises: the engineer-scientist case. **The quarterly journal of economics**, v. 73, n. 2, p. 292-308, 1959.

AUTOR, D. H. **The economics of labor market intermediation**: an analytic framework. NBER, 2008. (Working Paper Series, n. 14.348).

BARBOSA FILHO, F. H.; PESSÔA, S. A.; VELOSO, F. A. Evolução da produtividade total dos fatores na economia brasileira com ênfase no capital humano – 1992-2007. **Revista brasileira de economia**, v. 64, n. 2, jun. 2010.

BUTZ, W. *et al.* **Is there a shortage of scientists and engineers?** How would we know? Rand – science & technology, Santa Monica-CA: Rand Corporation, 2003. (Issue Paper).

FREEMAN, R. B. Is a great labor shortage coming? Replacemente demand in the global economy. *In*: HOLZER, H. J.; NIGHTINGALE, D. S. (Ed.). **Reshaping the American workforce in a changing economy**. Washington, D. C.: The Urban Institute Press, 2007.

GUSSO, D. A.; NASCIMENTO, P. A. M. M. Evolução da formação de engenheiros e de profissionais técnico-científicos no Brasil entre 2000 e 2012. *In*: OLIVEIRA, M. *et al.* (Ed.). **Coletânea da rede de pesquisa Formação e mercado de trabalho**. Brasília: Ipea. ABDI, 2014. v. 4.

HIRSCHMAN, A. O. **The strategy of economic development**. [s.l.] Yale University Press, 1958.

JUNANKAR, P. N. **Was there a skills shortage in Australia?** Bonn: IZA, Dec. 2009 (Texto para Discussão, n. 4.651).

MACIENTE, A. N. A mensuração das competências cognitivas e técnicas das ocupações brasileiras. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, n. 23, p. 37-56, dez. 2012.

_____. **The determinants of agglomeration in Brazil**: input-output, labor and knowledge externalities. Thesis (Ph.D.) – University of Illinois, Urbana-Champaign, 2013.

MACIENTE, A. N.; ARAÚJO, T. C. A demanda por engenheiros e profissionais afins no mercado de trabalho formal. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, v. 12, p. 43-54, fev. 2011.

MACIENTE, A. N.; NASCIMENTO, P. A. M. M. A demanda por engenheiros e profissionais afins no mercado de trabalho formal. *In*: OLIVEIRA, M. *et al.* (Ed.). **Coletânea da rede de pesquisa Formação e mercado de trabalho**. Brasília: Ipea, ABDI, 2014. v. 4.

MENEZES-FILHO, N. **Apagão de mão-de-obra qualificada?** As profissões e o mercado de trabalho brasileiro entre 2000 e 2010. São Paulo: BRAiN Investimento e Negócios, 2012.

MOURA CASTRO, C. Apagão de mão de obra. **Veja**, 17 nov. 2011.

NASCIMENTO, P. A. M. M. Há escassez generalizada de profissionais de carreiras técnico-científicas no Brasil? Uma análise a partir de dados do CAGED. **Mercado de trabalho**: conjuntura e análise, v. 49, p. 19-28, nov. 2011.

_____. Demanda por trabalho qualificado em *design* e engenharia nas oito maiores regiões metropolitanas do Brasil. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, v. 23, p. 37-56, dez. 2012.

PEREIRA, R. H. M.; NASCIMENTO, P. A. M. M.; ARAÚJO, T. C. Projeções de mão de obra qualificada no Brasil: cenários para a disponibilidade de engenheiros até 2020. **Revista brasileira de estudo de população**, v. 30, n. 2, p. 519-548, jul. 2013.

POMPERMAYER, F. M. *et al.* Potenciais gargalos e prováveis caminhos de ajustes no mundo do trabalho no Brasil nos próximos anos. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, v. 12, p. 7-14, fev. 2011.

SABOIA, J.; SALM, C. Tendências da qualificação da força de trabalho. *In*: KUPFER, D.; LAPLANE, M.; HIRATUKA, C. (Ed.). **Perspectivas do investimento no Brasil**: temas transversais. Rio de Janeiro: Synergia, 2010. v. 4. p. 343-400.

SOARES, S. S. D.; NASCIMENTO, P. A. M. M. Evolução do desempenho cognitivo dos jovens brasileiros no Pisa. **Cadernos de pesquisa**, v. 42, n. 145, p. 68-87, jan./abr. 2012.

WOOLDRIDGE, J. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge: MIT Press, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Classificações usadas para compor as ocupações típicas e os cursos considerados de engenharia

Este trabalho usa dados dos Censos Demográficos de 1970 a 2010 para as principais análises que faz sobre cursos e ocupações das engenharias. Este apêndice visa esclarecer as variáveis dos censos demográficos efetivamente utilizadas.

No Censo de 1970 usa-se a variável Espécie de curso concluído, havendo ali a categoria Engenharia. No caso das ocupações típicas, há a variável Ocupação principal, contando com a categoria Engenheiros.

No Censo de 1980, para a ocupação, há uma variável com o mesmo nome e categoria do censo anterior. No caso dos cursos de engenharia, há duas categorias: Engenharia e Eletricidade.

No Censo de 1991 a ocupação era definida somente com a categoria Engenheiros. Para os cursos, foram prospectados todos que traziam em suas denominações o termo Engenharia, mesma estratégia usada para o ano de 2000. Para o ano de 2010, foram filtrados, dentro dos cursos da área de engenharia, produção e construção, os que seriam mais atinentes às engenharias.

As ocupações consideradas como típicas em 2000 e em 2010 estão enumeradas no quadro A.2. Já o quadro A.1 traz os cursos de engenharia prospectados nos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010. Para cursos e ocupações dos anos não enumerados nas tabelas 4 e 5, ver as observações dos parágrafos anteriores deste apêndice.

QUADRO A.1
Cursos considerados como de engenharia nos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010

1991	2000	2010
Engenharia civil	Engenharia civil	Engenharia e profissões de engenharia
Engenharia elétrica e eletrônica	Engenharia elétrica e eletrônica	Engenharia mecânica e metalúrgica
Engenharia mecânica	Engenharia mecânica	Eletricidade e energia
Engenharia química e química industrial	Engenharia química e industrial	Eletrônica e automação
Engenharia não classificada ou mal definida	Outros cursos de engenharia	Química e engenharia de processos
Mestrado ou doutorado - engenharia		Veículos motor, construção naval e aeronáutica
		Fabricação e processamento
		Mineração e extração
		Engenharia civil e de construção
		Engenharia florestal - silvicultura
		Materiais

Elaboração dos autores.

QUADRO A.2
Ocupações usadas dos Censos Demográficos de 2000 e de 2010

2000	2010
Profissionais da bioengenharia, biotecnologia e engenharia genética	Engenheiros industriais e de produção
Engenheiros mecatrônicos	Engenheiros civis
Engenheiros em computação	Engenheiros de meio ambiente
Engenheiros de materiais	Engenheiros mecânicos
Engenheiros civis e afins	Engenheiros químicos
Engenheiros eletroeletrônicos e afins	Engenheiros de minas, metalúrgicos e afins
Engenheiros mecânicos	Engenheiros não classificados anteriormente
Engenheiros químicos	Engenheiros eletricistas
Engenheiros de minas	Engenheiros eletrônicos
Engenheiros agrimensores e de cartografia	Engenheiros em telecomunicações
Outros engenheiros, arquitetos e afins	

Elaboração dos autores.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação
Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão
Andrea Bossle de Abreu

Revisão
Carlos Eduardo Gonçalves de Melo
Cristina Celia Alcantara Possidente
Elaine Oliveira Couto
Elisabete de Carvalho Soares
Lucia Duarte Moreira
Luciana Bastos Dias
Luciana Nogueira Duarte
Míriam Nunes da Fonseca

Editoração eletrônica
Roberto das Chagas Campos
Aeromilson Mesquita
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Carlos Henrique Santos Vianna
Nathália de Andrade Dias Gonçalves (estagiária)

Capa
Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico
Renato Rodrigues Bueno

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Livraria do Ipea

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo.
70076-900 – Brasília – DF
Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em Adobe Garamond Pro 12/16 (texto)
Frutiger 67 Bold Condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Impresso em offset 90g/m²
Cartão supremo 250g/m² (capa)
Rio de Janeiro-RJ

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ISSN 1415-4765

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Secretaria de
Assuntos Estratégicos