

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RELACIONANDO EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA
E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista - UNIP, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

VITOR MENDES CALDANA

São Paulo
2016
UNIVERSIDADE PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RELACIONANDO EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista - UNIP, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a Dra. Márcia Terra da Silva

Área de concentração: Gestão de Sistemas de Operação

Linha de pesquisa: Redes de empresas e planejamento de produção

VITOR MENDES CALDANA

São Paulo

2016

Caldana, Vitor Mendes.

Relacionando educação de engenharia e desenvolvimento regional no Brasil /
Vitor Mendes Caldana. - 2016.

75 f. : il. color. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado Apresentado ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2016.

Área de concentração: Gestão de operações de serviços: formas
organizacionais, métodos e ferramentas para a gestão.

Orientadora: Prof.^a Dra. Márcia Terra da Silva.

1. Desenvolvimento regional. 2. Educação de engenharia.
3. Microrregiões. I. Silva, Márcia Terra da (orientadora). II. Título.

VITOR MENDES CALDANA

**RELACIONANDO EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA
E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista - UNIP, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Marcia Terra da Silva (orientadora)
Universidade Paulista – UNIP

Prof. Dr. Rodrigo Franco Gonçalves
Universidade Paulista – UNIP

Prof^a. Dr^a. Roberta de Castro Souza
Universidade de São Paulo - USP

RESUMO

O Brasil apresenta uma situação de desigualdade de desenvolvimento regional. Os estudos de escassez de engenheiros não levam em conta o fator regional para as suas conclusões. Através de uma revisão bibliográfica e estudos de caso direcionados tanto para a quantidade quanto para a qualidade (como, por exemplo, a localização dos engenheiros e escolas de engenharia), este trabalho busca relacionar a disparidade de desenvolvimento com a disparidade de formação dos engenheiros. Os resultados mostram uma disparidade de formação e ocupação condizentes com o cenário do PIB e esta pesquisa contribui para o aumento do conhecimento regional brasileiro, bem como para indicar o fator regional como significativo para análises futuras sobre desenvolvimento.

Palavras-chaves: Desenvolvimento Regional. Educação de Engenharia. Microrregiões.

ABSTRACT

Brazil has an uneven distribution of regional development. The studies of shortage of engineers do not take into account the regional factor for their conclusions. Through a bibliographical review and cases studies directed to the quality, quantity and geographical location of the Engineering schools this work aims to relate the disparity in development with the disparity in engineering graduation. The results show that the disparity in graduation and occupation is equivalent to the GDP scenario and this research contributes in increasing the knowledge about Brazil's regional scenario as well as to indicate the regional factor is meaningful for future analysis about development.

Keywords: Engineering Education. Regional Development. Microregions.

LISTA DE SIGLAS

APMS	<i>Advances in Production Management Systems</i>
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CPC	Conceito Preliminar de Curso
DTB	Divisão Territorial Brasileira
ENADE	Exame Nacional de Desempenho de Estudantes
GDP	<i>Gross Domestic Product</i> – em português PIB
HDI	<i>Human Development Index</i> – em português IDH
HEI	<i>Higher Education Institutions</i> – em português IES
HPWP	<i>High-Performance Work Practices</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICEILT	<i>International Congress on Education, Innovation and Learning Technologies</i>
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDH_E	Dimensão Educação do Índice de Desenvolvimento Humano
IDH_R	Dimensão Renda do Índice de Desenvolvimento Humano
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IES	Instituição de Ensino Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> - em português OCDE
PIB	Produto Interno Bruto
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
POMS	<i>Production and Operations Management Society</i>
HRST	Recursos Humanos em Ciência e Tecnologia <i>Human Resources in Science and Technology</i>
RPC	Renda Per Capita
STEM	Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática <i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Participação Regional na composição do PIB	9
Tabela 2 – IDH Estadual	10
Tabela 3 – Artigos produzidos.....	15
Tabela 4 – Conceitos, Definições e Indicadores.....	18
Tabela 5 – Indicadores Utilizados	37
Tabela 6 – Conceitos Geográficos.....	39
Tabela 7 – Impacto de boas IES no âmbito municipal	70
Tabela 8 – Relação entre Engenheiros e PIB	71

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	9
1.1	Introdução.....	9
1.1.1	Problema de PESQUISA	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
2.1	Organização da Dissertação	15
2.2	Organização da Pesquisa.....	16
2.2.1	Validação do problema geral de pesquisa	16
2.2.2	Estudo de Escassez de Engenharia	16
2.2.3	Análise da correlação entre Educação de Engenharia e PIB	16
2.2.4	Análise do impacto Macrorregional das escolas de Engenharia	17
2.2.5	Análise do impacto Microrregional das escolas de Engenharia	17
2.3	Conceitos utilizados e construção dos indicadores	17
2.3.1	Conceitos Utilizados e Respectivos Indicadores	18
2.3.2	Fontes de Dados.....	18
2.4	Limitações deste estudo	20
3	REVISAO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3.1	Escassez de mão de obra ou problemas de contratação	21
3.2	A Importância Regional	31
3.3	Outros fatores de desenvolvimento que não serão desenvolvidos nesta pesquisa	33
3.3.1	O papel das Universidades no Desenvolvimento	33
3.3.2	O Capital Social para o Desenvolvimento.....	34
3.3.3	Iniciativas de desenho de currículos adaptados para Desenvolvimento, Necessidades Locais e Educação em Engenharias.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Indicadores Utilizados.....	37
4.2	Divisão Geográfica.....	38
4.3	Desenvolvimento Econômico Sustentável e Educação em Engenharia: Fatores correlacionados nas macrorregiões brasileiras.....	39

4.4	Educação de engenharia como Fator de Desenvolvimento.....	46
4.5	Análise Microrregional do impacto das escolas de engenharia	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
5.1	Recomendação para Trabalhos Futuros	71
	REFERÊNCIAS	73

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

O Brasil é, atualmente, a sétima economia mundial. Porém, devido às suas dimensões continentais (8.515.767 km²), o desenvolvimento de todas as regiões do país representa um grande desafio. Como pode ser visto na Tabela 1 (IBGE, 2014) abaixo, o Brasil possui uma grande disparidade de participação regional na composição final do Produto Interno Bruto (PIB), sendo que a macrorregião Sudeste é responsável por aproximadamente 60% do PIB nacional, enquanto a macrorregião Norte por apenas 5% (12 vezes menos).

Tabela 1 – Participação Regional na composição do PIB

Região do País	% Participação PIB
Centro-Oeste	8,74%
Nordeste	12,20%
Norte	4,92%
Sudeste	59,38%
Sul	14,75%

Fonte: IBGE (2014) - Organização do Autor.

Tanto em relação ao fator crescimento do PIB como em relação aos demais indicadores (como, por exemplo, o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH), as macrorregiões brasileiras apresentam diferenças substanciais, mostrando uma disparidade não somente econômica, mas de condições de vida, educação e renda. A Tabela 2 (PNUD et al., 2013) mostra as diferenças de índice IDH dos estados brasileiros, agrupados por macrorregião. A partir dos dados nela contidos, é possível ver que as macrorregiões Norte e Nordeste possuem índices inferiores aos do Sudeste.

O desenvolvimento igualitário depende de uma série de fatores, como pode ser observado nas tabelas anteriores. O desenvolvimento das regiões não pode ser considerado somente em relação ao aspecto econômico, mas também em relação a fatores como saúde e educação, partes integrantes do cálculo do IDH.

Tabela 2 – IDH Estadual

Região	Estado	IDH
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	0,729
	Mato Grosso	0,725
	Goiás	0,735
	Distrito Federal	0,824
Nordeste	Maranhão	0,639
	Piauí	0,646
	Ceará	0,682
	Rio Grande do Norte	0,684
	Paraíba	0,658
	Pernambuco	0,673
	Alagoas	0,631
	Sergipe	0,665
	Bahia	0,660
Norte	Rondônia	0,690
	Acre	0,663
	Amazonas	0,674
	Roraima	0,707
	Pará	0,646
	Amapá	0,708
	Tocantins	0,699
Sudeste	Minas Gerais	0,731
	Espírito Santo	0,740
	Rio de Janeiro	0,761
	São Paulo	0,783
Sul	Paraná	0,749
	Santa Catarina	0,774
	Rio Grande do Sul	0,746

Fonte: PNUD et al. (2013) - Organização do Autor.

Para se desenvolver regiões, segundo Quandt (1997), é fundamental que elas possuam forte embasamento tecnológico, o que engloba tanto profissionais capacitados como oportunidades de inovação. Diversos artigos (LINS et al., 2014; MACIENTE e ARAÚJO,

2011; SOUZA e DOMINGUES, 2014) citam a importância de profissionais nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática - STEM (do inglês *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) e, portanto, para atingir os objetivos de desenvolvimento regional, a educação em engenharia exerce um papel importante (DRUCKER, 2016), pois é responsável não somente pela formação do material humano como também pelos conhecimentos desenvolvidos, além de tornar possível a execução de pesquisa aplicada.

O desenvolvimento regional é discutido por diversos autores, tais como Oliveira (2011) e Quandt (1998), que defendem que o desenvolvimento pode ser ferramenta para permitir a relativa independência regional e uma melhor distribuição populacional e de renda no território brasileiro. Oliveira (2011) propõe a criação de regiões inteligentes e centros de excelência (*clusters*), dotadas de profissionais e destinação específica – como, por exemplo, uma região voltada para a produção de calçados e que possui os profissionais necessários para tal tipo de indústria – para aumentar a produtividade local e a melhor distribuição de recursos, permitindo assim um desenvolvimento regional. Por outro lado, Quandt (1998) defende uma distribuição geográfica equitativa da infraestrutura de apoio a inovação, criando em todo o território nacional a possibilidade de regiões se adaptarem às necessidades locais e se desenvolverem sem a necessidade de importação de mão de obra especializada ou da adoção do modelo de *clusters*, permitindo assim que o desenvolvimento igualitário seja obtido uniformemente.

Tanto Oliveira (2011) quanto Quandt (1998) são enfáticos em dizer que o desenvolvimento do conhecimento regional é importante para tal objetivo. Nesta linha, Litzinger et al. (2011) desenvolveu sua pesquisa de desenvolvimento de conhecimento e competências, condição necessária e cada vez mais importante nas sociedades em rede, e modelo que tem se destacado nos últimos anos, conforme discutido por Lansu et al. (2013). As sociedades inovadoras em rede dependem cada vez mais de profissionais STEM em função da dependência tecnológica. Na mesma linha, são colocados outros fatores como o capital social (normas que promovem confiança e reciprocidade na economia) para a sobrevivência de novas iniciativas (DEVINE-WRIGHT et al., 2001) e a importância do rendimento para o desenvolvimento econômico (SEVEN e YETKINER, 2016).

Para fomentar o desenvolvimento regional é necessário que as regiões tenham uma grande base técnica. A capacitação de recursos humanos deve focar as áreas de conhecimento tecnológico específico e novas áreas de conhecimento, tendo como objeto principal as necessidades regionais (QUANDT, 1998). Segundo a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), existe correlação entre PIB e quantidade de engenheiros. Essa

pesquisa partiu da informação da OCDE, o que levou à hipótese que os resultados de disparidade de participação do PIB e IDH poderiam ser explicados por uma escassez regional de engenheiros.

Com base no pressuposto levantado acima, diversos estudos recentes sobre o problema de escassez de engenheiros no Brasil foram realizados (LINS et al., 2014; MAZZONI et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; TOZZI e TOZZI, 2011). É consenso na bibliografia que a escassez de engenheiros não é um problema estrutural. Salerno et al. (2014) realizaram uma análise sistemática do assunto para uniformizar os estudos e observaram alta porcentagem de engenheiros formados que não atuam na profissão, gerando um estoque de engenheiros formados disponíveis no mercado de trabalho. A partir do estudo realizado por Maciente e Araújo (2011), estima-se que apenas 38% dos graduados em engenharia permaneçam com ocupações em suas áreas de formação em 2011.

Souza e Domingues (2014) focam seus estudos no aspecto regional, fazendo um mapeamento e projeção de demanda microrregional (conforme definida pelo IBGE) de engenheiros, incluindo as diversas carreiras em seu levantamento. Com conclusões sobre as necessidades de formação distintas para as regiões, o estudo reforça a ideia de Oliveira (2011) e Quandt (1997) de que diferentes regiões possuem diferentes necessidades e reforça a hipótese que a formação de engenheiros não está atendendo à demanda regional.

1.1.1 Problema de PESQUISA

Diversos fatores podem influenciar a disparidade regional na participação no PIB, como a presença de zonas industriais e comerciais na área (*clusters*), a falta de mão de obra qualificada, o capital social, a presença de infraestrutura para inovação, etc. Este trabalho irá concentrar-se no aspecto de mão de obra, especificamente na de engenheiros e na sua formação.

Diversos trabalhos afirmam que não foi encontrada escassez de engenheiros no Brasil (LINS et al., 2014; MAZZONI et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; TOZZI e TOZZI, 2011). Segundo Lins et al. (2014), o país está com o PIB abaixo do esperado para a quantidade de Recursos Humanos em Ciência e Tecnologia (HRST, do inglês *Human Resources in Science and Technology*) que possui. Portanto, faz-se necessária uma análise bibliográfica sobre o conceito de escassez e também sobre o impacto microrregional dos engenheiros e, principalmente, das escolas de engenharia.

Foi verificado que os estudos de escassez realizados até o momento não levam em conta a disparidade regional, segundo a qual diferentes regiões e diferentes aglomerados de produção (*clusters*) podem ter uma necessidade específica de conhecimento técnico e de profissionais capacitados (QUANDT, 1998). Os estudos também não levam em consideração a qualidade dos diplomas de engenharia, embora ela seja mencionada (LINS et al., 2014). Tampouco consideram o desenho dos currículos que permitiriam uma adequação às necessidades locais (LANSU et al., 2013) e a criação de centros de excelência de *expertise* (LITZINGER et al., 2011). Os estudos também não levam em conta os produtos que uma escola pode oferecer, tais como pesquisa aplicada e transbordamento de tecnologia (DRUCKER, 2016).

As lacunas encontradas acima podem apontar para problemas pontuais de escassez de engenheiros, que acarretariam em descompasso e problemas de desenvolvimento regional. É com base nesta suposição de descompasso de distribuição e qualidade de recursos de capacitação que foi desenvolvida esta pesquisa.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é comparar a disparidade na participação do PIB e a distribuição e performance das escolas de Engenharia, verificando se existe relação entre desenvolvimento regional e qualidade/quantidade de formação de engenheiros localmente.

Para isso, foi realizado um estudo de comparação entre os fatores Econômico (PIB), Social (Índice de Desenvolvimento Humano - IDH) e Geográfico (localização), com indicadores de quantidade de engenheiros concluintes que realizaram o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE). Além do estudo quantitativo considerando o total de engenheiros habilitados na região, foi realizada uma análise da qualidade do egresso, por meio de um levantamento de engenheiros de instituições com Conceito Preliminar de Curso (CPC) contínuo superior a 4 (notas 4 e 5), assim consideradas Instituições de Ensino Superior (IES) de alta qualidade.

Para efeitos geográficos, foram consideradas as cinco macrorregiões brasileiras (Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul), os vinte e sete estados (incluindo-se aqui o Distrito Federal), as 558 microrregiões e os 5565 municípios da federação (IBGE, 2016). As macrorregiões e os estados serviram de base para os indicadores consolidados, enquanto as microrregiões e municípios foram utilizados para verificar a distribuição das IES de Engenharia.

1.2.1 Objetivo Geral

Estabelecer um panorama da distribuição das IES de Engenharia nas microrregiões brasileiras para possibilitar uma comparação com os resultados de PIB macrorregional, com a quantidade e qualidade de engenheiros formados e com os indicadores de renda e educação.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para conseguir entender o problema geral e atender ao objetivo supracitado, o trabalho foi dividido em algumas etapas. Essas etapas incluem artigos específicos e revisão de bibliografia para facilitar o entendimento geral e permitir uma ampla discussão dos temas individuais. A seguir, estão apresentados os principais pontos discutidos:

1. Análise dos dados de qualidade dos engenheiros formados através da nota ENADE;
2. Identificação do impacto de qualidade de formação nas cidades que possuem engenheiros formados;
3. Avaliação do impacto microrregional das escolas de engenharia com relação aos índices de Escolaridade e Renda do IDH;
4. Identificação do estoque de engenheiros e taxa de formação.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Organização da Dissertação

Esta pesquisa foi organizada a partir da elaboração de artigos, o que permitiu a validação e discussão entre pares em cada etapa do processo, fortalecendo o resultado final. Foram desenvolvidos e submetidos 4 artigos, sendo 3 para congresso e um para revista. A tabela 3 resume todos os artigos submetidos/publicados.

Tabela 3 – Artigos produzidos

Congresso / Periódico	Método	Título do Trabalho	Objetivo para Dissertação
ICEILT	Pesquisa Exploratória	<i>Relacionando Desenvolvimento Econômico e Educação em Engenharia – Os desafios regionais brasileiros</i>	Aprofundar os conhecimentos sobre o tema e validar o problema de pesquisa por meio da discussão entre pares
APMS	Revisão Bibliográfica e de Dados Secundários	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável e Educação em Engenharia: Fatores correlacionados nas macrorregiões brasileiras</i>	Análise dos dados de qualidade dos engenheiros formados através da nota ENADE
POMS	Análise de dados das cidades com boas IES	<i>Educação de Engenharia como Fator de Desenvolvimento</i>	Identificar o impacto de qualidade de formação de engenheiros nas cidades
Production	Análise de dados das microrregiões que possuem IES (independente da nota CPC)	<i>Análise Microrregional do impacto das escolas de engenharia</i>	Avaliar o impacto microrregional das escolas de engenharia com relação aos índices de Escolaridade e Renda do IDH Identificar o estoque de engenheiros e taxa de formação

Fonte: Organização do Autor.

2.2 Organização da Pesquisa

2.2.1 Validação do problema geral de pesquisa

A pesquisa teve início com a fundamentação das questões relacionadas ao objetivo geral. Inicialmente, foi apresentando um *abstract* estendido para o congresso internacional de 2015 da ICEILT (*International Congress on Education, Innovation and Learning Technologies*). Posteriormente, a apresentação teve por objetivo discutir a versão preliminar do problema de pesquisa, debater os pontos da pesquisa e fundamentar a busca de objetivos específicos com dados preliminares que justificassem as lacunas encontradas e fundamentassem a pesquisa por meio da discussão entre pares.

A partir da discussão, do interesse gerado pelo problema de pesquisa e dos resultados do congresso, foram realizadas as demais etapas da pesquisa, que foram divididas entre pesquisa bibliográfica e demais contribuições de artigos para atender aos objetivos específicos.

2.2.2 Estudo de Escassez de Engenharia

Inicialmente, a pesquisa examinou a condição de escassez de engenheiros por meio de uma revisão bibliográfica. Nesta etapa, foram buscados artigos que pudessem fornecer informações sobre a falta de engenheiros e profissionais da área, sobre possíveis impactos e sobre fatores determinantes para o sucesso de implementação de soluções de desenvolvimento através das escolas de engenharia.

2.2.3 Análise da relação entre Educação de Engenharia e PIB

O tema foi discutido no congresso internacional de 2016 da APMS (do inglês *Advances in Production Management Systems*), com o título *Desenvolvimento Econômico Sustentável e Educação em Engenharia: Fatores correlacionados nas macrorregiões brasileiras*. O objetivo principal desta discussão foi atender ao objetivo específico 1 - Análise dos dados de qualidade dos engenheiros formados através da nota ENADE.

Este artigo de congresso foi desenvolvido para fundamentar teoricamente a pesquisa, levantando dados bibliográficos e estatísticos sobre a desenvolvimento regional e a qualidade da formação de engenheiros. O artigo trabalha os indicadores de PIB e resultados do ENADE

macrorregional para verificar a existência de correlação entre a presença e a qualidade de engenheiros formados e a composição do PIB macrorregional.

2.2.4 Análise do impacto Macrorregional das escolas de Engenharia

O artigo foi desenvolvido para o congresso internacional de 2016 do POMS (do inglês *Production Operations Management Society*). Neste congresso foi apresentado artigo com o título *Educação de Engenharia como Fator de Desenvolvimento*. O objetivo principal desta discussão foi atender ao objetivo específico 2 - Identificação do impacto de qualidade de formação nas cidades que possuem engenheiros formados

O artigo de congresso foi desenvolvido para aprofundar os conhecimentos teóricos já discutidos anteriormente, bem como apresentar novos resultados de impacto, utilizando resultados macrorregionais de qualidade de vida (IDH), distribuição de renda (GINI) e Renda Per Capita.

2.2.5 Análise do impacto Microrregional das escolas de Engenharia

A terceira etapa da dissertação foi desenvolvida por meio do artigo de periódico submetido para a revista *Production* que segue aguardando aprovação final. O artigo tem o título *Análise Microrregional do impacto das escolas de engenharia*. O objetivo principal desta discussão foi atender ao objetivo específico 3 - Avaliação do impacto microrregional das escolas de engenharia com relação aos índices de Escolaridade e Renda do IDH, e também ao objetivo específico 4 - Identificação do estoque de engenheiros e taxa de formação.

O artigo de periódico foi desenvolvido para aprofundar a análise macrorregional em análise microrregional. Os conhecimentos teóricos e resultados obtidos anteriormente juntaram-se a uma completa análise dos aspectos do IDH em seus aspectos Renda (IDH_R) e Educação (IDH_E). O artigo trouxe contribuições sobre os índices microrregionais e também traçou um paralelo com a quantidade de engenheiros formados e estoque de profissionais em cada macrorregião.

2.3 Conceitos utilizados e construção dos indicadores

Apresenta-se a seguir a estrutura da pesquisa, incluídas a definição dos conceitos envolvidos na busca dos objetivos, as dimensões correspondentes, a construção dos indicadores que representam a situação de cada dimensão e as fontes de dados utilizadas.

2.3.1 *Conceitos Utilizados e Respectivos Indicadores*

Para a realização deste estudo, foi necessário determinar alguns conceitos básicos para unificar a busca por indicadores e permitir que os mesmos representassem corretamente as dimensões desejadas. O resumo dos conceitos e dos indicadores está resumido na tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Conceitos, Definições e Indicadores

Conceito	Definição	Indicador
Crescimento Econômico	Aumento da produção do país, representado por aumento de renda	PIB
Desenvolvimento Econômico	Envolve outros aspectos relacionados ao bem-estar de uma nação, como os níveis de Educação, Saúde, entre outros indicadores de bem-estar	IDH
Distribuição de Renda	Valor total de renda das cidades dividido pela população	GINI
Qualidade de Formação	Qualidade do Engenheiro formado pelas Escolas de Engenharia	ENADE
Qualidade de Ensino	Qualidade das Escolas de Engenharia, conforme conceito de curso	CPC
Transbordamento	Impacto (positivo ou negativo) que uma Escola possui nas cidades adjacentes	IDH_E e IDH_R
Microrregião	Conjunto de cidades	Definido pelo IBGE
Macrorregião	Conjunto de estados	Definido pelo IBGE

Fonte: Organização do Autor.

2.3.2 *Fontes de Dados*

Para a realização deste estudo foram utilizadas bases de dados oficiais do governo para determinar não somente o PIB, mas também as informações de educação em engenharia. As principais fontes de dados são descritas a seguir:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (www.ibge.gov.br)

O IBGE é um dos órgãos mais antigos do Brasil, com sua fundação datada em 1871 (então como Diretoria Geral de Estatística). Esta instituição “identifica e analisa o território,

conta a população, mostra como a economia evolui através do trabalho e da produção das pessoas, revelando ainda como elas vivem”. Foram utilizados fundamentalmente dois conjuntos de dados do IBGE para esta pesquisa: a composição macrorregional do PIB e o desempenho do PIB nos últimos anos (IBGE, 2012, 2014).

A divisão microrregional também foi realizada por meio de relatório e informações do IBGE sobre a Divisão Territorial Brasileira (DTB) (IBGE, 2016).

- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP (portal.inep.gov.br)

O instituto promove estudos, pesquisas e avaliações sobre o Sistema Educacional Brasileiro, e vem se destacando principalmente pela divulgação dos índices do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE) e do Conceito Preliminar de Cursos (CPC). Para a análise do cenário de educação em engenharia foram utilizadas três informações providas pelo instituto (INEP, 2011, 2015, 2016):

1. A divisão e as caracterizações das escolas de engenharia em seus subgrupos;
 2. A nota dos formandos (ENADE) e o conceito das faculdades de Engenharia (CPC);
 3. As notas técnicas do instituto que fornecem as metodologias de cálculo dos índices.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD (www.undp.org/content/brazil/pt/home.html)
 - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (ipea.gov.br)
 - Fundação João Pinheiro (www.fjp.mg.gov.br)

Os dados das três organizações acima foram consolidados no site Atlas Brasil (atlasbrasil.org.br) e foram usados como fonte secundária para o cálculo dos indicadores necessários de Educação e Renda do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) conforme descrito na sessão seguinte. Devido ao detalhamento e conteúdo dos dados, foi possível fazer o cálculo dos indicadores microrregionais que, até o momento, não haviam sido calculados para a comparação com o desempenho estadual e macrorregional. Também foram extraídas informações de índice de GINI e Renda per Capita para a execução das comparações das

idades do artigo apresentado no congresso internacional POMS (PNUD; IPEA; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2013).

- Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA (www.confea.org.br)

O CONFEA é responsável por regulamentar e fiscalizar o exercício profissional (de engenheiros, agrônomos, geógrafos, geólogos, meteorologistas, tecnólogos dessas modalidades, técnicos industriais e agrícolas e suas especializações) dos que atuam nas áreas que representa. Dados do CONFEA foram utilizados para verificar a quantidade de profissionais ativos regulares em cada macrorregião (CONFEA, 2016).

2.4 Limitações deste estudo

Este estudo está limitado aos dados oficiais coletados e, portanto, às críticas e limitações dos mesmos.

3 REVISAO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica complementa as revisões apresentadas nos artigos que seguem no capítulo 4 e tem como principal discussão a Escassez de Engenheiros, ponto inicial da pesquisa. Ela se dará em algumas partes, seguindo a lógica dos objetivos listados acima. Primeiramente, discute-se a bibliografia sobre a escassez de engenheiros e sobre a importância da tratativa regional para o tema.

Após essa etapa, são realizadas breves discussões sobre outros fatores impactantes no desenvolvimento, como o papel das universidades para o desenvolvimento, o capital social, iniciativas de desenho de currículos adaptados para desenvolvimento, necessidades locais e Educação em Engenharias.

3.1 Escassez de mão de obra ou problemas de contratação

Para compreender a escassez de competências e profissionais e poder estudá-la de forma objetiva, Butz et al. (2003) aplicam 5 parâmetros para determinação de escassez de bens ou serviços que foram adaptados ao estudo do problema referente à escassez de engenheiros. Os 5 parâmetros são:

- 1) Produção menor que no passado;
- 2) Se os competidores estão com um maior mercado (global);
- 3) A produção é menor que os produtores gostariam;
- 4) Se menos é produzido do que a nação julga necessário;
- 5) Se a produção não está atendendo a demanda de mercado, indicada por um aumento de preços.

Butz et al. (2003) sugerem 5 estratégias para melhorar o quadro de escassez (caso exista), duas delas voltadas a ações governamentais:

- Aumento constante e previsto no fomento federal à pesquisa em campos estratégicos de ciência e engenharia;
- Aumento de incentivos para investimentos privados em Pesquisa e Desenvolvimento que constem com profissionais em ciências e engenharia.

Duas estratégias estão associadas à diminuição do custo de formação de novos cientistas e engenheiros:

- Adoção do “Modelo de Escola Profissional” para os estudantes e pós-graduandos de Ciências e Engenharia;

- Introdução de dois novos programas de Doutorado Profissional para Ciência e Engenharia baseado no modelo de Medicina existente.

Uma estratégia diz respeito à coleta de dados:

- Aumento da amostragem, por meio da expansão do período de coleta de dados disponíveis para Ciências e Engenharia

Cappelli (2015) realiza seu estudo de escassez por meio da categorização de três tipos de problemas; o autor entende que é necessário realizar esta estratégia para análise, pois estão envolvidas características totalmente distintas, com análises de dados diferentes e também com possíveis soluções variadas. São eles a) falta de competência geral; b) escassez populacional, e c) a real necessidade de diplomas superiores para alguns cargos e tempo de preenchimento de vagas. Em seguida, é apresentada uma análise detalhada com diversos autores sobre os três pontos levantados pelo autor:

1. Sobre a falta de competência geral (*skill gap*):

Green et al. (1998) iniciam a discussão investigando a forma com que empregadores percebem deficiências de competências, pois esta é uma questão fundamental já que eles são, basicamente, a única fonte de informação no mercado sobre este fator. Porém, há muita ambiguidade sobre o significado de competências. Tanto a noção de escassez como de competências precisam ser muito bem esclarecidos para que políticas não sejam tomadas com base em fatos errôneos. É largamente assumido que competências são saberes essencialmente técnicos, porém o que empregadores entendem também inclui uma grande variedade de atributos comportamentais (tais como confiabilidade, habilidade de trabalhar sem supervisão e estabilidade de emprego). Da mesma forma, escassez é um conceito ambíguo, pois o termo diz respeito a escassez de “algo”. Quando os empregadores adicionam ao conceito de competência o conjunto de atributos comportamentais citado acima, o que passamos a ter é a definição de um conjunto de características ideais, que aponta para deficiência de formação e não exatamente para escassez de profissionais.

Em geral, a falta de competência é associada à qualidade e falta de preparo que os estudantes obtêm nas escolas (seja no ensino médio ou no superior). Esse fator é importante devido ao fato de o crescimento de produtividade depender das competências dos trabalhadores. Porém, quando o quadro de reclamações é observado mais atentamente, percebe-se um conjunto

mais completo de competências que incluem conhecimentos básicos (leitura, escrita, matemática, etc.), raciocínio lógico e atributos pessoais, como responsabilidade e maturidade para resolução de problemas. É claro que a influência da escola ocorre somente sobre os conhecimentos básicos. A escassez também é tratada como a falta de “soft skills” – como ética e motivação – e também a afirmação (negada pelo artigo com dados) de que os estudantes buscam cursos menos exigentes do que as carreiras de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (do inglês *Science, Technology, Engineering and Math – STEM*) (CAPPELLI, 2015).

Para resolver este problema, uma possível solução seria reduzir o abismo entre escola e empresa, criando programas de aprendizagem, estágio ou afins e desenvolvendo formas de introduzir os alunos em ambientes reais de trabalho nos quais desafios e situações problemas já estão presentes (não sendo necessário, portanto, que eles sejam criados). É citada, embora com menos foco, a alternativa de imigração pedida em extenso pelas empresas, na qual a resolução dos problemas seria resolvida com a importação de mão de obra qualificada.

Relatórios fornecidos por diversas consultorias e empresas, porém, contradizem a falta de escassez. Tais afirmações contradizem o consenso dos pesquisadores até a data e, portanto, uma análise extensa é necessária para verificar a sua veracidade. Os relatórios são descartados por problemas metodológicos (representatividade, tamanho de amostra, taxa de resposta, falta de informações sobre a estruturação do questionário, dados dos respondentes, etc.) e em função do claro interesse em mudanças de política pública que interessariam os autores (consultorias e empresas) das pesquisas. Dá-se o encaminhamento de um problema de gestão de RH e de contratação como uma possível alternativa, ao invés de a situação ser encaminhada como resultante de um problema de mercado ou de formação das escolas. Uma pesquisa que entrevistou recrutadores mostra o maior problema como sendo conscientização das necessidades específicas. O artigo faz comparação dos EUA com outros países da OCDE e também com relatórios internacionais, chegando às mesmas evidências negativas de escassez e falta generalizada de competências (CAPPELLI, 2015).

O estudo de Abraham (2015) inicia com a afirmação de que o desemprego parece ser um fator estrutural de falta de competências; o estudo cita que 82% dos empresários reportam uma dificuldade moderada ou grande para trabalhadores com alto grau de especialização e 75% comentam que essa falta impede seu crescimento. Porém, o autor informa que demais dados não mostram esse problema e sugere discutir a diferença entre a perspectiva dos empregadores e as informações providas pelos dados.

Quando questionados sobre as contratações, Green et al. (1998) descobriram que as qualidades mais procuradas foram: boas referências, tolerância a trabalhos repetitivos, boa apresentação pessoal e histórico de emprego estável. Mesmo com a expansão de trabalhos não-manuais e o declínio do trabalho manual puro, a pesquisa não mostrou evidências que as novas demandas estejam refletindo negativamente nas competências e, portanto, não podem ser consideradas como fatores. Para todos os grupos analisados, a falta de competências interpessoais e de comunicação são o maior problema. Para empregos com baixa exigência de conhecimento, as deficiências relatadas foram comportamentais, motivacionais e confiabilidade. Em todos os casos, a proeminência das deficiências percebidas está muito mais ligada a atributos de comunicação e interpessoais. Nota-se que isso pode ser um problema não do indivíduo, mas do ambiente de trabalho.

No Brasil, Souza e Domingues (2014) relatam estudos que apontam que a escassez de mão de obra não foi fator determinante e limitante para o crescimento econômico nos anos 2000. Os autores colocam dados estimativos de estoque de engenheiros formados (750 mil) em 2008 e contrastam as vagas a serem preenchidas (211 mil ou 28,13%). Com base no estoque atual e novos egressos, o estudo conclui que eles serão suficientes para atender à demanda e sustentar o crescimento, contanto que se atente à relevância das análises setoriais em engenharia, evitando assim a criação de nichos de escassez de profissionais específicos. Esse estudo vai de encontro aos parâmetros de Butz et al. (2003). Porém, os autores ressaltam que, dadas a complexidade e a inter-relação de dados para o cálculo da demanda, as projeções são sempre incompletas.

Sobre escassez, o texto fala sobre escassez temporária, corrigida por fatores de mercado, e também como fator limitante para aumentar e alavancar o seu desenvolvimento. Segundo os autores, há 4 tipos de incompatibilidades. 1) a qualitativa, devido à área ou má formação, 2) a regional, quando não existe vontade de migração; 3) de preferência, quando não existe adequação às características exigidas; e 4) de falta de informação, quando candidato e vaga não se “encontram”. Todas elas ocorrem por falhas de mercado e, neste sentido, políticas públicas podem atuar para “acelerar” o processo de reajuste.

2. Sobre o quesito de escassez populacional

Esse argumento não se sustenta tanto em relação ao quesito populacional quanto no que respeita à quantidade de formandos. Existe claramente uma quantidade suficiente de recém-

formados para suprir a demanda criada por aposentadorias acrescida das novas vagas criadas pelo desenvolvimento econômico. Novamente, é trazida à luz o fato que os estudos não levam em conta o aumento de longevidade e retardo de aposentarias. É citado estudo que previa uma escassez para 2010, fato que não ocorreu.

Cappelli (2003) também iniciou sua análise do problema de escassez nos Estados Unidos com uma análise demográfica, com a comparação entre a geração “Baby Boom” e a chamada “Baby Bust” (23 a 37 anos em 2003). Como a geração “Baby Bust” é 16% menor à anterior, poderia existir um problema significativo na capacidade de preenchimento das vagas da geração anterior. O autor também comenta que os EUA são um dos raros casos onde a população segue crescendo, e verifica o aumento da idade média da população e a redução de aposentadorias (inclusive com legislação de aumento de 2 anos em 2027), mostrando que o fator de redução de aposentadoria é ignorado na maioria dos artigos que acreditam que haverá escassez.

Mesmo com a redução populacional, os níveis de educação e as quantidades de formandos seguem inalteradas, o que justificaria um maior nível de escolaridade e de treinamento dos recém-formados e poderia indicar uma dificuldade para preencher os trabalhos que não precisam de mão de obra qualificada. O argumento de crescimento da economia pelo crescimento da população também é visto, porém o argumento não se sustenta sozinho, pois o fator produtividade é mais significativo, como mostram os dados: seriam necessários 4 vezes mais empregados se não houvesse aumento de produtividade entre 1948 e 1998 (Cappelli, 2003).

Abraham (2015) comenta sobre o aumento da dispersão de taxas de emprego (utilizada desde os anos 1990). Novamente, os dados não excluem as mudanças setoriais na explicação da variação do desemprego no tempo, mas são consistentes com a tese de que fatores cíclicos são a causa primaria das recentes flutuações de desemprego. O autor também avalia os choques setoriais e, neste caso, existe, embora de forma temporária, a possibilidade de problemas de competências.

Uma possível solução para a redução populacional seria a concorrência internacional, que seria representada pela necessidade de se importar mão de obra qualificada. Cappelli (2015) descreve dados de relatório OCDE que não colocam os EUA no topo da comparação entre os países participantes, porém com pouca diferença real dos primeiros colocados e também em seu lugar “histórico”. O autor comenta sobre os programas de tutor e ensino prolongado dos países líderes como fatores determinantes, visto que seus alunos têm maior contato com o

ensino. Continuando a análise do relatório da OCDE, 50% dos trabalhadores acreditam que seus empregos poderiam ser realizados com menor qualificação. O autor também comenta o fato de a nova geração (25 a 34 anos) ser menos “educada” que as gerações anteriores. Esse fator também ocorre no Brasil, Israel, Finlândia e Alemanha.

Com relação ao recrutamento, Green et al. (1998) questionam se as dificuldades estão associadas à baixa qualidade ou baixa quantidade de candidatos – o que pode ser causado por um problema populacional. Em nenhum momento durante a pesquisa, o fator relacionado a problemas no recrutamento foi levantado. Sobre a qualidade dos candidatos, quase 50% dos entrevistados citaram problemas de atitude, motivação e personalidade. Pouca experiência de trabalho também foi citada em 50% das vezes e pareceu ser mais relevante que qualificação. Poucos candidatos citaram como problemas a competição com empregos com melhores salários e a imagem do empregador e da indústria. O quesito populacional não foi levantado.

3. Sobre a real necessidade de diplomas superiores para alguns cargos e tempo de preenchimento de vagas

O aumento de exigência desproporcional, que poderia ser suprido pela exigência de nível médio educacional acrescido de treinamento, está sendo substituído por exigências maiores de diploma. Essa exigência vem transferindo, segundo Cappelli (2015), paulatinamente, a responsabilidade de treinamento e carreira das empresas para o setor educacional. Várias implicações são citadas, como o aumento do endividamento das famílias para obtenção de títulos, especialmente quando há incerteza de se conseguir uma ocupação que dê suficiente retorno. O autor fornece dados do ISEE que mostram que quase 50% dos recém-formados em engenharia não foram empregados em aplicações típicas. Dos que não conseguiram, 30% relatam que não existiam oportunidades e 30% afirmam que as condições e termos de emprego estavam abaixo da média de mercado.

Os trabalhos empíricos realizados explicam escassez de mão de obra qualificada como a dificuldade de preenchimento de vagas de trabalho. Assumir essa ligação direta pode ser um grande risco devido a outros fatores. Os resultados da pesquisa mostram que escassez de competências aparece como algo muito mais amplo (e até diferente) do que simplesmente vagas não preenchidas. Os maiores problemas reportados foram de competências motivacionais e de atitude, e não técnicas. Concluiu-se que as características sociais e interpessoais são parte

importante da escassez mencionada, já que os fatores citados possuem maior associação com fatores alheios à formação e capacitação pura (GREEN et al., 1998).

Ainda segundo Green et al. (1998), as empresas que reportaram escassez de competências estiveram muito mais propensas a assumir problemas com preenchimento de vagas do que aquelas que não reportaram esta dificuldade; este resultado não gera surpresa, já que mostra a preocupação das empresas com profissionais que não possuem a classificação correta, o que torna mais difícil preencher os postos de trabalho. A maioria reclama de problemas de qualidade dos trabalhadores, o que não significa exatamente falta de competências técnicas, como visto no item de problemas de competências acima. As respostas incluíram itens como destreza manual e aritmética (competências) e também as variáveis moradia próxima ao local de trabalho e a possibilidade de trabalho em horários não usuais que, embora desejáveis, claramente não podem ser consideradas competências. Existe também uma região intermediária com fatores como “habilidade para cobrir faltas de outros”, que pode ser compreendida com versatilidade (competência não técnica). Competências como “trabalhar com computadores, conhecimento técnico, habilidade de resolução de problemas” não apareceram significativamente nas respostas.

Portanto, Green et al. (1998) concluem que a contratação de mão de obra não qualificada se dá por dois motivos, segundo as teorias econômicas: 1) são contratados profissionais sabidamente com menos competências, pois o processo é mais simples e os salários menores, o que implicaria em uma estratégia de maximização de lucros. Obviamente, essa política aplicada durante longo tempo provocará escassez de competências internas; ou 2) a hipótese que empregadores constantemente mudam sua demanda, e o treinamento interno ou externo não é capaz de acompanhar a demanda. A segunda afirmação baseada na hipótese de mudança é a que é largamente aceita em um mundo de constantes inovações tecnológicas.

Passa-se então a verificar um desencontro entre a distribuição de desemprego e a distribuição de vagas – fator regional – utilizando estatísticas desagregadas de desemprego e vagas. Abraham (2015) passa então a criticar o relatório do FED sobre como as indústrias e o desencontro de ocupação podem ter influenciado o aumento do desemprego. Suas críticas são principalmente sobre: quais tipos de empregos para os quais uma pessoa desempregada pode estar qualificada para, citando na sua crítica principalmente o discurso de Diamond (prêmio Nobel) a respeito de ser a qualificação exigida uma questão subjetiva e que depende do mercado em que está inserida apontados dados recentes dos Estados Unidos – 2010 – que mostram que 51% dos formados em STEM não trabalham nas suas áreas e que 42% dos formandos estão

trabalhando em áreas claramente não ligadas à sua formação. Essa evidência sugeriria uma grande reserva de mercado. Esses dados são condizentes com o que foi encontrado por Maciente e Araújo (2011) no cenário brasileiro.

Cappelli (2015) também comenta sobre a tendência de maior treinamento devido ao aumento da tecnologia, porém esse argumento é descartado quando se tem uma qualificação excessiva de mão de obra e a escassez não é devida a pouco conhecimento. O autor também comenta a necessidade de candidatos muitas vezes “reduzirem” seus currículos para vagas com menos competências para serem considerados. Assim, o acúmulo de conhecimento e competências é visto como algo negativo, pois a “qualidade” de um aluno de ensino superior é maior do que a do trabalhador que só possui ensino médio, sendo que o salário oferecido não justifica o investimento realizado para a obtenção do diploma.

O período para suprir as vagas também é colocado em pauta, e a esse respeito são discutidos o esforço e as técnicas de recrutamento. A necessidade de recrutamento com a mobilidade atual é significativamente maior, e as necessidades para cargos de gerência e sênior também. O cenário de contratação de contratações em cargos com mais exigências (gerência e sênior) é reflexo do cenário onde não existe um plano de carreira nas empresas mais amplo e as promoções internas não suprem as vacâncias de cargos. Para essas empresas, as contratações resumiam-se a cargos de entrada com pouca (ou nenhuma) exigência. Conclui-se que os resultados podem estar sendo causados pelas próprias políticas de manutenção e seleção de candidatos e pela falta de planos de carreiras atrativos (Cappelli, 2015). Abraham (2015) também verificou o tempo de recolocação que, em janeiro de 2013, era de 0,85 meses (três semanas e meia) o que não pode ser considerado suficiente para que se caracterize escassez.

Como resumo das três características, Cappelli (2015) conclui que somente o desencontro entre vagas ofertadas e candidatos realmente pode ser verificado, e que as demais hipóteses são (com os dados disponíveis) descartadas. É colocada uma parcela significativa do problema sobre o perfil de recrutamento e as condições de mercado que permitem uma maior mobilidade, o que força as empresas a contratarem cargos com maior exigência, pois não possuem (ou não querem) promover funcionários internos. A contratação de recém-formados é ainda mais grave, pois está se exigindo deles competências e características como maturidade e experiência, o que raramente se verá em um aluno de ensino médio (18 anos); porém, esse tipo de contratação representa somente 5,5% das contratações. Ainda, a pesquisa revelou que somente 15% dos cargos vagos seriam possíveis de serem preenchidos com recém-formados devido à exigência colocada.

Sobre pesquisas científicas, Cappelli (2015) conclui que elas são escassas, principalmente devido ao fato que as fontes de dados não são extensas ou não possuem informações específicas o suficiente para que conclusões e análises possam ser feitas em grande escala. A conclusão mais recorrente é que o maior problema é o excesso de conhecimento, e não a falta dele. A grande maioria dos empregados tem qualificação superior à academicamente necessária, sendo que os maiores fatores levantados são “Soft skills” e experiência de trabalho. Aliado ao que foi dito por Butz et al. (2003), não existe pressão de maiores salários para os empregos em que, supostamente, existe escassez.

Sobre o crescimento de salários, fator relacionado por Butz et al. (2003) como uma possível forma de se verificar a escassez, Abraham (2015) concorda com a análise e afirma que seria a maneira de os economistas, através de dados confiáveis sobre o aumento de salários, definirem o problema de falta de competência. Porém, segundo Abraham (2015), não há evidências suficientes para que possa ser identificado um problema estrutural ou um perfil de recrutamento que deveria ser, segundo o autor, mais intenso e com propensão a contratação de trabalhadores com menos competências que seriam posteriormente treinados na própria empresa. Porém, identificou-se justamente o contrário, com a utilização de *softwares* de contratação que exigem experiência e processos de contratação mais longos e mais detalhados (passou de 13 a 23 dias, em média).

Portanto, para Abraham (2015), o desemprego não está significativamente afetado pela diferença ou falta de competências, embora seja válida a hipótese de *clusters* ou áreas específicas onde isso pode ocorrer (porém, somente no âmbito global; o âmbito regional não é citado). Os autores citam a possibilidade de as qualificações exigidas nas contratações serem irreais, o que seria um resquício de períodos de recessão nos quais “sobra” talento. Esse reflexo seria lentamente corrigido com a não ocupação dos postos e consequente adequação de salários e “pacotes de benefícios” para a demanda qualificada.

Cappelli (2003) também comenta que, mesmo com a redução da entrada de mão de obra, como existe uma taxa de desemprego alta, esta redução deveria impactar somente no índice de desemprego. A afirmativa de escassez ocorreria somente se houvesse condição de pleno emprego, o que está longe da realidade. O autor também comenta que as contratações não são mais somente dos recém-formados, mas também de pessoas com mais experiência. O autor conclui, então, que o argumento de escassez de empregados é impossível de ser mantido.

Finalmente, e a respeito da diferença entre a visão dos empresários vastamente divulgada e os dados, Abraham (2015) conclui que ou ela está enviesada ou os dados fornecidos

não conseguem refletir a visão micro dos contratantes. Assim, o autor sugere que os órgãos responsáveis pela coleta e divulgação façam uma análise diferenciada. Butz et al. (2003) também comentam sobre os dados e ações governamentais; para os autores, as ações governamentais devem ser executadas por vários anos seguidos devido à histerese entre a sua execução, a percepção da atratividade da área e a efetiva diplomação do aluno, com duração maior que o primeiro grupo de formandos. Ações com menos de dez anos de duração têm o potencial de serem mais desagregadoras, pois trarão alguns jovens formandos a um mercado que não mais necessitam deles.

Segundo Cappelli (2003), deve-se realizar uma crítica às empresas e aos processos de contratação, que deveriam ser mais eficientes, e as políticas empresariais para reter talentos. Comenta-se que diversas vagas abertas são de recolocação, pois as empresas não são capazes de se adaptar a uma nova realidade e manter os funcionários, sendo que essa deveria ser a maior preocupação.

A falta de programas de aprendizagem e treinamento específico dentro das empresas também é colocada como fator importante para o esvaziamento das vagas superiores e o aumento na dificuldade de contratação. Como possível contribuição para solução do problema, Cappelli (2015) cita o programa de estreitamento entre escola e empresas, com estágios e programas de aprendizagem industrial, que permitam uma educação mais ampla e completa, ao mesmo tempo que possibilitam às empresas verificar competências ao longo do tempo, competências essas que dificilmente são notadas no processo de entrevista e contratação. A questão do treinamento interno também é levantada, embora este esteja limitado por políticas internas das empresas e recursos que podem não estar disponíveis devido a decisões estratégicas (e, portanto, fora do âmbito acadêmico de pesquisa). Outro fator apontado por Cappelli (2015) é o “medo” existente na qualificação de Recursos Humanos feita internamente, investimento que pode ficar sem retorno caso o profissional qualificado seja posteriormente retirado da empresa por meio de contratações de concorrentes.

Green et al. (1998) concluem que as diferenças citadas nas respostas da pesquisa tornam claro que escassez de competências e vagas difíceis de preencher significam coisas diferentes para diferentes indústrias e empresas. Obviamente, não se pode descartar a relação entre ambos, porém trata-los como dependentes não é correto. Também ficou claro que a escassez apontada pelos empregadores está diretamente ligada à dificuldade de recrutamento de curto prazo, sendo essa associação mais intensa do que aquela relacionada a problemas estruturais na força de trabalho.

Já Kahn (2015) faz um grande resumo sobre o tema, iniciando com um breve resumo dos cargos STEM, analisando a diferença de competências da formação e aquilo que é desejado pelas empresas que contrariam tais profissionais, bem como suas implicações macroeconômicas no longo termo caso exista essa diferença. O autor comenta que, se o desemprego desde 2008 realmente for estrutural, existirão limites de efetividade das políticas fiscais e monetárias para superá-lo. Neste caso, seria necessária uma mobilização para treinamento ou deslocamento geográfico das pessoas capacitadas. Também comenta que, se este for o caso, investimentos devem ser feitos na área de capacitação para “acertar” as competências dos recém-formados.

As evidências são trazidas por meio de dados diretos de desemprego de empregados altamente treinados e também de relatos de empregadores com dificuldades de preencher vagas. O artigo de Kahn (2015) concorda com Cappelli (2015), no que tange à hipótese de qualificação excessiva no mercado, e também com Abraham (2015) no que diz respeito à possibilidade de maior mobilidade de empregados entre empresas. Novamente, o conceito de mercado competitivo de emprego é trazido para justificar uma possível equalização.

O artigo traz a informação que o retorno de investimento de um diploma de Bacharel é de 15% ao ano, sendo esse retorno considerado maior que um investimento em Bolsa, imóveis ou afins (tipicamente 7% a.a.). Embora as empresas invistam no treinamento de seus funcionários, isso é feito normalmente de forma muito específica, visto que há o risco de treiná-lo para o competidor. Eichhorst et al. (2015) e seu trabalho citam o problema de como integrar novas pessoas no mercado de trabalho, mostrando programas que têm conseguido um retorno social positivo, embora sejam de difícil replicação.

Uma exceção à compensação da escassez com melhores salários é possível caso o mercado seja monopolizador, o que permite o tratamento dessa situação de forma unilateral, forçando uma sociedade de “baixo rendimento”. Esse argumento é válido para justificar que as empresas queiram contratar profissionais qualificados aos preços que ela deseja, e não necessariamente os que o mercado pratica. Neste caso, existirá uma incompatibilidade entre oferta e demanda.

3.2 A Importância Regional

O fator regional, já citado anteriormente, vem sendo amplamente discutido e enfatizado por diversos autores para o entendimento do papel macro e microrregional no desenvolvimento.

Para o melhor entendimento de sua importância e para fundamentar os estudos de impacto, foi realizado o estudo bibliográfico a seguir. (OLIVEIRA, 2011)

Independentemente do tipo de inovação, ela traz perspectiva de maior retorno sobre o volume de investimentos e de maior taxa de lucro e círculo virtuoso de crescimento do nível de emprego e renda na região percursora. Porém, o mais importante é que a região possua mão de obra (recursos humanos) com capacitação e espírito empreendedor. (*Ibid.*)

Para o processo de crescimento das regiões é necessário considerar os investimentos em P&D e em formação de capital humano, bem como investir na difusão, promoção e criação de novas técnicas e produtos. Cabe lembrar que isso só ocorrerá se houver na região atores dispostos a investir e que estejam comprometidos com essa solução. Esses atores precisam ser tanto da sociedade civil organizada quanto do poder público local. (*Ibid.*)

As regiões inteligentes têm implícita a ideia de que a capacidade da sociedade de absorver novos conhecimentos e se adaptar às novas exigências do mercado, por meio de processos inovativos, são os pontos centrais do desenvolvimento regional. (*Ibid.*)

Os sistemas produtivos locais passam por um processo de fortalecimento de sua base econômica e institucional. A base institucional deve favorecer a aprendizagem e, por sua vez, a acumulação do conhecimento, que são os principais vetores do processo de desenvolvimento regional (OLIVEIRA, 2011).

A demanda regional de engenheiros foi levantada por Souza e Domingues (2014) em estudo que analisa a demanda microrregional estimada para 2023. Os autores listam os fatores limitantes de sua análise do cenário atual, como a utilização da RAIS e suas considerações (dados fornecidos por empregadores, não incluídas microempresas com menos de 5 funcionários). A partir da RAIS, foram identificados 212.934 engenheiros (ou 0,5% do total de trabalhadores). O estudo também excluiu, por motivos de dispersão, as microrregiões com número de engenheiros menor que 4.

Em termos microrregionais, a distribuição de vagas e, portanto, a atração de trabalhadores, é maior nos grandes centros urbanos devido à concentração das atividades produtivas nesses centros. A concentração regional está diretamente ligada à estrutura local produtiva especializada das microrregiões. Em termos de especializações, as categorias mais demandadas foram Civil e Elétrica (SOUZA; DOMINGUES, 2014).

Para as projeções, o estudo se baseia na base encontrada da RAIS e nas propostas de crescimento dos setores da economia, considerando a influência de cada setor específico da economia nas necessidades específicas de engenharia. As variações apresentadas ocorrem no

fator trabalho ou no emprego, e não na demanda. Porém, o estudo não considera horas-extras para atender ao crescimento, tampouco isonomia de produtividade entre profissionais sênior e júnior. A projeção para 2023 será o acréscimo de 112.498 postos. A projeção para 2023 poderá ser atendida com o estoque atual para que não haja escassez (não seria necessário formar egressos) (SOUZA; DOMINGUES, 2014).

Ainda segundo Souza e Domingues (2014), em termos regionais, 59,35% dos aumentos estão no Sudeste, porém dados microrregionais mostram São Paulo perdendo 0,41% da participação (uma leve queda que pode sinalizar uma melhor distribuição dos egressos). Em termos gerais, a distribuição espacial regional do emprego em engenharias se mantém atrelada à distribuição da produção. A dispersão dos empregos criados entre 2012 e 2023 é maior e se estende por todo o território, embora mantenha ainda grande parcela no estado de São Paulo. Para atividades muito específicas, é possível notar mais desconcentração na geração, pois essas atividades estão se espalhando pelo país. Em termos setoriais, os que mais agregam e multiplicam as vagas de engenharia são Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos e Construção Civil.

Pode-se concluir que o fator regional no Brasil tem levado à grande disparidade de desenvolvimento. Assim, espera-se que, com o cruzamento dos dados de PIB e da formação de engenheiros proposta nesta pesquisa, consiga-se um melhor entendimento da relação entre ambos e dos desafios para se conseguir implementar programas para equiparar o desenvolvimento regional.

3.3 Outros fatores de desenvolvimento que não serão desenvolvidos nesta pesquisa

3.3.1 *O papel das Universidades no Desenvolvimento*

Já existe compilada uma revisão de literatura referente à contribuição das universidades no desenvolvimento. Elas precisam desempenhar o papel de: a) Iniciadoras ou líderes dentro da rede, permitindo guiar ações, criar estratégias e táticas e alocar recursos; b) Guardiãs da rede, facilitando o acesso a ela; c) Porta-Vozes da rede; d) Conectoras ou Intermediadoras, ligando todos os pontos da rede com outras redes ou sub-redes; e e) Monitoras Independentes, medindo desempenho e mapeando o avanço (ARBO et al., 2007 apud ZILAHY E HUISINGH, 2009).

Segundo Stephens et al. (2008), existem quatro ações como Agentes de transformação que as universidades podem adotar: a) prover a modelagem de práticas sustentáveis para a

sociedade; b) ensinar conhecimentos tais como integração, síntese e pensamento sistemático para que se possa lidar com problemas complexos e desafios sustentáveis; c) realizar pesquisas e d) promover e desenvolver engajamento entre indivíduos e instituições dentro e fora da educação superior para reposicionar as universidades como agentes interdisciplinares, altamente integrados com as outras instituições sociais.

Para o envolvimento de sucesso das universidades são listados seis fatores: a) a existência de membros com conhecimento e experiência disponíveis e dispostos a trabalhar no projeto; b) que exista um par na comunidade que persista na conexão com a universidade; c) dinheiro suficiente; d) tempo suficiente alocado, levando a demorada construção de redes e parcerias em conta; e) que o envolvimento seja condizente com a filosofia e cultura da universidade; e, f) que envolva estudantes experientes e envolvidos e com claros objetivos de pesquisa em mente (ZILAHY e HUISINGH, 2009).

3.3.2 O Capital Social para o Desenvolvimento

Como visto, a importância regional é fator determinante para a equiparação e nivelamento do desenvolvimento em todo o país. Principalmente no Brasil, devido à diversidade populacional e cultural existente no território, a análise do capital social é fundamental pois dele dependem não somente os recursos humanos em HRST, como também os diversos atores responsáveis por políticas que poderão fortalecer o cenário regional. Esta hipótese é trabalhada por Devine-Wright et al. (2001), que propõem o capital social regional como ferramenta para o sucesso de implementação de práticas sustentáveis de desenvolvimento.

O conceito de “Estoque de Capital Social” é explicado por Devine-Wright et al. (2001), como sendo as normas que promovem confiança e reciprocidade na economia. É constituído por redes, organizações civis e pela confiança compartilhada entre as pessoas, fruto de sua própria interação social. O “Estoque de Capital Social” é representado por meio de um mapeamento em que são consideradas as redes de atores e suas posições dentro das redes. O mapeamento do capital social e a utilização das Tecnologias de Informação revelarão o contexto político para o desenvolvimento regional, tornando visível aqueles indivíduos, comunidades e organizações que poderiam estar excluídas das redes tradicionais.

3.3.3 *Iniciativas de desenho de currículos adaptados para Desenvolvimento, Necessidades Locais e Educação em Engenharias*

O aproveitamento dos profissionais pelo mercado de trabalho nas suas ocupações típicas, permitindo um melhor aproveitamento das competências desenvolvidas durante o período escolar, depende não somente do desempenho do aluno e da qualidade da escola como também do alinhamento do currículo desenvolvido. Um currículo mal desenhado pode causar a impressão de escassez de mão de obra ou ainda justificar a fraca contratação de profissionais em ocupações típicas, o que pode explicar o baixo desempenho proporcional obtido pelo país.

Diversos estudos já foram realizados sobre a importância de adaptação do currículo para diversos fatores. Avarð e Zenios (2012) têm como contexto do seu estudo a adaptação de uma universidade (Politécnica da Namíbia) segundo orientação do Governo Federal no sentido de criar uma nação próspera e industrializada, desenvolvida por seus recursos humanos e com uma visão de um país de economia baseada em conhecimento e movida pela tecnologia. Esse contexto é compartilhado também pelo Banco Mundial, que propõe uma população que possa “criar, compartilhar e usar conhecimento” e o estabelecimento de uma “cultura de aprendizado continuado é imperativa devido às rápidas mudanças da economia do conhecimento”.

Os autores mostram as vantagens e desvantagens do modelo de ensino por rede. Ainda, colocam o engajamento dos alunos e a estrutura pedagógica como grandes obstáculos. Como pontos positivos, mostram a teórica flexibilidade para adaptação de novos conteúdos devido às discussões entre alunos e a adaptação a conteúdos e ambientes sociais.

Os autores comentam o fator de o curso, embora inovador e feito para atender a uma necessidade específica, segue sendo avaliado e visto como o curso comum e que os especialistas pedem uma forma de avaliação condizente com a metodologia de ensino, porém reconhecem que devido a mudanças necessárias em legislação esse ponto ainda está longe de ser alcançado.

Sua conclusão principal acaba sendo que, como o curso ainda é voltado para exames, os estudantes são compelidos à aprovação nas provas e desencorajados de uma participação e colaboração mais completa nos ambientes virtuais de aprendizagem, perdendo um pouco o objetivo de criar a cultura do aprendizado contínuo.

Já Kakiuthi et al. (2014) descrevem a aplicação de um *workshop* baseado em um programa do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) para desenvolvimento de ciências práticas aplicadas para alunos do ensino médio, com o intuito de aumentar a proximidade com cursos de STEM e criar um sistema mais capaz de difusão de tecnologia. Os

autores comentam que a educação de ciências exatas no Brasil é vista como associada a áreas consideradas difíceis. Esse conceito tem raiz nas dificuldades existentes no ensino fundamental em relação às disciplinas de ciências e matemática, fato que então se reflete no ensino médio e superior.

O projeto foi desenhado para aplicar conceitos de engenharia na vida dos estudantes. A importância de um programa com atividades práticas foi fundamental para melhorar o desenvolvimento do entendimento dos alunos. Duzentos e quarenta alunos foram entrevistados antes e depois do programa, e a intenção de ingresso em cursos STEM subiu de 25% para 40%.

Conclui-se que as adaptações dos currículos às necessidades locais, bem como o desenvolvimento de iniciativas para fomento de recursos humanos mais predispostos a educação tecnológica, aumentaram significativamente a capacidade técnica das regiões e este fator deverá ser estudado em oportunidades futuras como possível solução mais rápida para fortalecer as regiões com pouca infraestrutura, criando um melhor aproveitamento da estrutura existente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por se tratar de uma dissertação realizada por meio da publicação de artigos, os resultados e discussões desta pesquisa foram organizados em três principais contribuições que já foram submetidas/aprovadas nos congressos e periódicos citados anteriormente. A elaboração de cada artigo contribuiu como etapa importante para o alcance dos objetivos específicos que, por conseguinte, consolidaram-se na concretização do objetivo geral da dissertação.

4.1 Indicadores Utilizados

Para este estudo, foram utilizados indicadores geográficos, de educação e desenvolvimento para análise do seu impacto. Os indicadores são explicados com detalhes nos artigos, incluindo a sua metodologia de cálculo. Abaixo, apresenta-se uma tabela comparativa dos artigos, os indicadores utilizados em cada um deles e as principais contribuições para a dissertação.

Tabela 5 – Indicadores Utilizados

Congresso Periódico	Dimensão	Indicador	Objetivo para a Dissertação
<i>ICEILT</i>	Desenvolvimento Econômico	PIB	Composição do PIB nas macrorregiões, bem como o desempenho do crescimento durante os anos.
	Quantidade de escolas e Qualidade dos formandos	ENADE	Distribuição macrorregional das escolas de engenharia e a quantidade de “boas escolas”
<i>APMS</i>	Desenvolvimento Econômico	PIB	Composição do PIB nas macrorregiões, bem como o desempenho do crescimento durante os anos.
	Quantidade de escolas e Qualidade dos formandos	ENADE	Distribuição macrorregional das escolas de engenharia e a quantidade de “boas escolas”

<i>POMS</i>	Localização de escolas que formam bons engenheiros	ENADE	Separar os municípios que possuem boas escolas de engenharia para o estudo de caso
	Desenvolvimento Humano	IDH	Utilizado para verificar os três componentes que compõem o cálculo (Renda, Educação e Longevidade)
	Desenvolvimento Econômico	Renda Per Capita	Verificar qual a renda existente em municípios que possuem boas escolas.
	Distribuição de Renda	GINI	Verificar se a distribuição de renda fica concentrada nos engenheiros ou se a presença de boas escolas melhora a cidade como um todo
<i>Production</i>	Qualidade e Localização das Escolas de Engenharia.	CPC	Separar as escolas e classifica-las para o estudo de caso nas microrregiões
	Desenvolvimento Humano	IDH_E	Verificar a educação global (básica e média)
	Desenvolvimento Econômico	IDH_R	Verificar a renda
	Geográfico	DTB	Separar as microrregiões brasileiras
	Engenheiros Habilitados	CONFEA	Número de engenheiros que estão habilitado para exercer função típica.

Fonte: Organização do Autor.

4.2 Divisão Geográfica

Para o efeito deste estudo, conforme a Distribuição Territorial Brasileira (DTB), foram utilizados os conceitos geográficos descritos na tabela 6 abaixo. A utilização microrregional foi importante, principalmente, devido às distâncias de transbordamento citadas por Drucker

(2016) e em função da análise referente à necessidade de formação executada por Souza e Domingues (2014).

Tabela 6 – Conceitos Geográficos

Conceito	Espaço Geográfico	Congresso / Periódico Utilizado	Finalidade para a Dissertação
Município	Limites do município	POMS	Analisar o impacto nas cidades com boas escolas
Microrregião	Conjunto de municípios	Production	Verificar o impacto do transbordamento das IES
Estados	Limites do estado	APMS, POMS e Production	Servir como referência regional para os índices comparativos
Macrorregião	Conjunto de estados	APMS, POMS e Production	Servir como referência regional para os índices comparativos

Fonte: IBGE (2016) - Organização do Autor.

4.3 Desenvolvimento Econômico Sustentável e Educação em Engenharia: Fatores correlacionados nas macrorregiões brasileiras

Artigo submetido e aprovado para a APMS (Advances in Production Management Systems), que ocorreu de 3 a 7 de setembro de 2016.

Este artigo de congresso foi desenvolvido para fundamentar teoricamente a pesquisa, levantando dados bibliográficos e estatísticos sobre o desenvolvimento regional sustentável e a qualidade da formação de engenheiros.

Sustainable Economic Development and High Quality Engineering Education Correlating factors in Brazil's Macro Regions

Vitor Mendes Caldana¹, Márcia Terra da Silva²

¹Av. Marcos P. U. Rodrigues, 5100 Ap 62B - 06543-001 – Santana de Parnaíba - SP - Brasil.

vitor.caldana@ifsp.edu.br

²R. Dr. Bacelar, 1212 - 04026-002 - São Paulo - SP - Brasil

marcia.terra@uol.com.br

Abstract. GDP development over time is one method of measuring the economic evolution of a country. According to the OECD, there are several factors that can influence GDP, one of which is Engineering Education. A possible way to determine the potential for economic development would be assessing the performance of high-level education, especially if the GDP-Engineering correlation is taken into account. Studies were overtaken to study the lack of engineering in Brazil as a structural problem. However, there is no analysis about the regional factor and the engineering education performance. The objective of this paper is to assess if there is a correlation between the regional GDP and good performance Engineering Education in Brazil. The study is based on official data provided by governmental organizations. A conclusion is reached were the regional disparity in GDP is similar to the disparity on High Quality Engineering Education.

Keywords: Economic Development, Regional Development, Engineering Education.

1 Introduction

Brazil is the seventh biggest economy in the world; however due to the continental dimensions of the country (8,515,767 km²) there is a great challenge to equally develop all the regions. Global Brazil's Gross Domestic Product (GDP) has had an increase of a 5.27% on average in the last 20 years. In this period, the annual increase has not been consistent. This shows that Brazil's GDP growth results are inconsistent facing big fluctuations when compared to the average growth. [1]

The GDP results also showed that the regional disparity is still significant, as shown in Table 1.

Macro Region	GDP Percentage
Central-West	9,60%
Northeast	13,40%
North	5,40%
Southeast	65,20%
South	16,20%

Table 1. Macro-Regions GDP Participation [2]

The GDP percentage participation of the regions, aligned with the GDP and GDP per capita retraction scenario shows the challenge to equally develop regions.

For that, according to Lins [3], there is a direct correlation observed by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) in terms of Human Resources in Science and Technology (HRST) and GDP. The discussion of sustainable regional development is a pressing issue [4] [5], and is met with similar concern on the development of expertise [5] [6].

This study correlates the regional factor on the GDP percentage participation and the performance of regional engineering education. The objective of this work is to compare the recent results in GDP with the current engineering education performance and try to verify if there is a correlation between both.

2 Methodology

This work is an analysis of bibliographical references and governmental data. It is a research to better understand the impact of Higher Education Institutions (HEIs) in engineering on regional GDP.

Recent studies conducted to analyze the lack of engineers were influenced by parameters suggested by Butz [7]. Butz proposed five parameters to measure the shortage of production. This can be adapted to be understood as “production of high performance engineers” if necessary considerations are made. The parameters suggested by Butz are:

- Production is lower than in recent past.
- Leaders market share has been increasing over time.
- Production is lower than what expected by the suppliers.
- Production is lower than what expected by society.
- Production does not meet market needs, which can be demonstrated by ascending prices.

Another study made by Nascimento [8] included specific parameters for understanding the lack of engineers. He understood that the parameters suggested by Butz were not specific to deal with the issue of skill shortage and proposed the following adaptations:

- Low unemployment rates.
- Rising proportion of graduates taking typical occupations on the area.
- High job rotation between engineers, what suggests they receive job offers from the competition or different business with better employment conditions.
- New job positions are difficult to be filled.
- Increase in working hours.
- High competition between companies for the top professional.
- Reduction in hiring demands.

Based on both the parameters from Butz [7] and Nascimento [8], Lins *et al.* [3] conducted a study of lack of engineers. The parameters selected by Lins *et al* [3] for the study, properly adapted to the case study, were:

1. The number of engineering graduates is lower than in the past.
2. The number of engineering graduates is lower than expected.
3. The number of engineering graduates is lower than what would be needed by the market, which would reflect on an escalation of salary.
4. Low unemployment percentages among engineers than in the past.
5. Increase in number of engineers working among the typical professions from the past.
6. High job rotation between engineers, what suggests they receive job offers from the competition or different business with better employment conditions.

Using those parameters, the conclusion was that Brazil doesn't have a structural lack of engineers. Even though the consensus is that the lack of engineers is not a structural issue, there are variables on the analysis of the study that showed a positive indication towards it (parameters 3, 4 and 5). The studies also do not investigate the regional factor, in which different regions and different clusters may have a very specific need for technical background, as well as do not take into consideration the quality factor of the degrees – although mentioned - and the curriculum design. The studies also do not reach a conclusion as to why, according to Maciente e Araújo[9], only 38% of graduates remain with their main occupation as engineers.

This paper will focus on the discussion of better understanding if the results of regional GDP and HEI's point to a regional lack of engineers, if the regional GDP and HEI's results are similar and if Engineering Education can affect a sustainable development scenario.

To continue the discussion of this paper, we will take a closer look on the factors of high-level education engineering schools performance, curriculum design, the roles of academia in regional development and the development of expertise.

3 Data Analysis and Bibliographical Review

3.1 High Level Education Engineering Performance

Brazil has a performance exam of high education named ENADE (Nacional Exam of Student Performance). The result from ENADE evaluates graduation students on a grade from 1 to 5, with 5 being the highest score. There is also a SC concept that is given to HEIs that do not have at least two graduates taking the exam in that term, which is common on new approved universities. The exam is annual however, due to the number of different careers and HEIs, each one is evaluated every three years.

ENADE takes into consideration both specific and general performance. The general graduation curriculum represents 25% of the total grade and the specific represents 75%. After calculating the average grade and standard deviation for each particular HEIs, the method then calculates the average and standard deviation of all HEIs in that specific area that took the test to standardize the grade in all Brazil. [10]

According to ENADE the number of engineer graduates who took the test rose from 25,657 in 2008 to 46,675 in 2011. Only 20% of the graduates received grades 4 and 5 in 2011, with a significant decrease from 2008 when the result was 29%. The increase of number of participants does not indicate necessarily an increase of number of graduates, as the exam has been gaining importance as the years pass.

Region	Engineering Schools						Total
	1	2	3	4	5	SC	
Central-West	6	13	17	12	3	8	59
Northeast	11	41	50	34	4	21	161
North	5	19	19	4	0	25	72
Southeast	36	197	176	84	43	82	618
South	7	44	96	59	15	38	259

Table 1. - Number of Engineering HEIs per region and ENADE results in 2011

Good performance evaluation is considered on grades 4 and 5. With that parameter, we can see that southeast has the biggest amount of schools (127 or 49%). The values shows a decrease in HEIs with grade 1, that can be explained by both evolution of grade and also closure of some institutions, as consecutive 1 results will cause the HEI to close, according to ENADE policy. The evolution of quantity of HEIs with grade 2 (2.28%), 3 (25.61%) and 4 (33.10%) shows not only new institutions; a deeper look at the database shows an increase in institutions quality, with HEIs being able to increase their test scores over the three evaluations. The biggest warning comes from the significant reduction of 5 grade: 25.29%. This value can only be explained by the decrease in education performance. [11]

The low percentage of high performance HEIs (22.07%) can be a determinant factor as to why engineer graduates can't keep jobs in their typical applications as they lack the necessary specific knowledge to perform properly.

3.2 Curriculum Design

The standard curriculum design is still not what the market expects according to Lansu. He proposes a method of developing the design based on an interactive workshop, divided in two rounds in which the key actors of each region would unite to formally discuss and reach a consensus on the necessary design for that region. The study is consistent with the idea that graduates must have the qualifications desired by their region. Bringing the industry as a consultant to properly design the curriculum of

the career, especially on cases such as engineering, will bring a better understanding of the needs for development. [12]

Another positive factor is the possibility of keeping the graduate in the region through local employment. This supports the regional scenario without the need of migration to seek job opportunities, allowing continuous and sustainable development. Through the continuous “upgrade” of the curriculum design and the necessary adaptation of the industries demands each region will get the necessary professionals to properly develop such region. That being said, it is important to notice that the needs from regions can be significantly different from each other, as described by the Central-west example of high participation of agroindustry or the Northeast tourism industry. There are also other examples of adaptive curriculum, in cases as analyzed by Avard and Zenios in the case study of the Polytechnic of Namibia where core competences such as Networked Learning, Innovation and Problem solved based learning were introduced in the curriculum. Even though not utilizing the process proposed by Lansu, it generates a result from an established analysis of the market and the needs for specific graduation curriculum. [13]

Curriculum Design is also a factor that would remove engineers from the typical applications jobs, as even though the student might even have a good performance on the course, the curriculum itself is not what is expected by the market and thus the candidate still is unable to develop properly in the profession due to an unmatched skill set.

3.3 Roles of Academia in Regional Development

Following the creation by OECD of the “Supporting the Contribution of High-Level Educational Institutions in Regional Development” program, studies were implemented to establish what roles and what contributions academia could give to regional development.

There are several roles that the academia can play according to the study made by Devine-Wright to support regional development [14]. According to Stephens et al, the main contribution is educational and training activities. Universities can also contribute in various forms to help the regional development. [15]

According to the study made by Zilahy and Huisingh, some significant obstacles are present. The major obstacles are lack of understanding of concepts of Sustainable Development, lack of clear vision and objectives; lack of commitment; conflicting interests; lack of information about the regional activities; lack of leadership; high organizational costs and lack of sufficient funding. Those obstacles justify as to why the majority perception of academics, 70%, still believe that the participation of academia in regional sustainable initiatives is still not sufficient. [16]

De Oliveira also contributes to this idea, specially taking into consideration what he proposes as “learning region”. It would be the role of academia to implement, with help from local and political actors, an environment that would allow research and development to evolve regions from an exploratory context to a development context. With an innovation scenario present, with help from academia to produce the necessary expertise, the region would enter in a potent development self-sufficient circle [4]

3.4 Development of Expertise

The development of expertise is fundamental as a method of training and continuous upgrading work-force capacity to deal with new and unseen difficulties. It is a corner stone for regional development as it allows regions to innovate to achieve goals. [5]

Sgobbi and Cainarca demonstrated on their research, conducted by 1,800 interviews, that the high-performance work practices – HPWPs – are conducted by high-performance professional [17]. However, the growth in core wage is inconclusive unless other aspects are accounted for. Not only high performance but a series of other skills that are growing in importance in Engineering Education to supplement this finding, such as the factor described by Avard and Zenios [13].

Litzinger reached a conclusion that is fundamental to align the curriculum and the teaching skill/methods [6]. This can be done in several ways; however, the expected outcome will be the development of the necessary expertise to properly prepare the graduate to be able to produce in the region, raising his wage and thus the GDP per capita.

Ultimately, the generation of expertise will be responsible for several enhancements not only in better HEIs, but also in a networking standpoint between academia and industry. Through this enhanced expertise it is possible to introduce the “learning regions” proposed by de Oliveira [4] and achieve a solid and virtuous cycle of development.

4 Results

It is possible to notice in Figure 1 that the difference in regional GDP is significant. It also shows a disparity that is consistent with the relation between economic development and quantity of graduates from HEIs with good performance, thus showing a challenging scenario to achieve a sustainable and constant growth of Brazil’s regions. The conclusion by Litzinger also point to generation of expertise as a mutual process between HEIs and the industry that can profit both. [6].

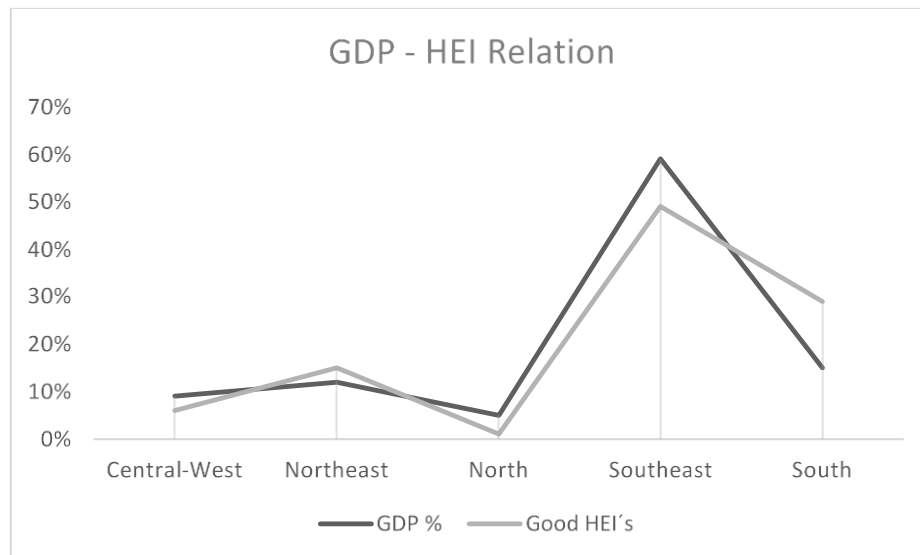


Fig. 1. - GDP – HEI Performance

5 Conclusions

Analyzing the difference in regional contribution of the national GDP, as shown in Table 1, it is clear that there is a significant disparity and the challenge is even bigger considering the difference between the industrialization level and the quantity and quality of the universities from the different regions as shown in Table 2.

Concerning the quantity of engineering degrees, there’s been an increase in number of universities, which will lead to an increase in total number of graduates. The quality factor however has declined as shown especially at the 25.29% decrease of grade 5 (“State of the Art”) Engineering Education Universities.

It is important to bring forth mechanisms to further include the academia in regional development. Several policies and actions can be taken by both sides (academia and regional actors) to enhance their participation and further increase the bond between them.

It is clear that the lack of engineers on the regions and the low occupation rate have a direct impact on the regions as shown by the proximity of the GDP percentage and the quantity of quality of degrees. It is also possible to assess from Figure 1 that the High Quality Engineering HEI's and the GDP have very similar behavior between the macro regions.

To finalize, the sources quoted enforce the need for innovation and technical background as fundamental to regional development, especially if the cluster mode and academia fomented research is to be installed as an alternative for sustainable development.

6 References

1. Banco Central do Brasil: Time Series Management System, <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>.
2. IBGE: Contas Nacionais Trimestrais - 2014.IV, ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201404caderno.pdf.
3. Lins, L.M., Salerno, M.S., Araújo, B.C., Gomes, L.A.V., Nascimento, P.A.M.M., Toledo, D.: Escassez de Engenheiros no Brasil? (2014).
4. De Oliveira, G.B.: Regiões Inteligentes como Estratégia de Desenvolvimento Local. Cons. Editor. (2011).
5. Quandt, C.O.: Inovação e Território: Elementos para a Formulação de Políticas de Capacitação Tecnológica e Desenvolvimento Regional. (1998).
6. Litzinger, T.A., Lattuca, L., Hadgraft, R., Newstetter, W.: Engineering Education and the Development of Expertise. *J. Eng. Educ.* 100, 123–150 (2011).
7. Butz, W., Bloom, G., Gross, M., Kelly, K., Kofner, A., Rippen, H.: Is There a Shortage of Scientists and Engineers? How Would We Know?, http://www.rand.org/pubs/issue_papers/IP241.html.
8. Nascimento, P.A.M.M.: Há escassez generalizada de profissionais de carreiras técnico-científicas no Brasil? Uma análise a partir de dados do CAGED. *Merc. Trab.* 49, 20 (2011).
9. Maciente, A.N., Araújo, T.C.: A Demanda por Engenheiros e Profissionais Afins no Mercado de Trabalho Atual. *Radar Brasília Ipea.* 43–54 (2011).
10. INEP: Relatório Síntese 2011 - Inep, <http://portal.inep.gov.br/web/guest/enade/relatorio-sintese-2011>.
11. INEP: Enade - Inep, <http://portal.inep.gov.br/enade>.
12. Lansu, A., Boon, J., Sloep, P.B., Dam-Mieras, R. van: Changing professional demands in sustainable regional development: a curriculum design process to meet transboundary competence. *J. Clean. Prod.* 49, 123–133 (2013).
13. Avar, G., Zenios, M.: Curriculum Framework Considerations for Introducing Networked Learning within a Career-Focused Higher Education Institution. *Proceedings of the 8th International Conference on Networked Learning.* (2012).
14. Devine-Wright, P., Fleming, P.D., Chadwick, H.: Role of social capital in advancing regional sustainable development. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 19, 161–167 (2001).
15. Stephens, J.C., Hernandez, M.E., Román, M., Graham, A.C., Scholz, R.W.: Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *Int. J. Sustain. High. Educ.* 9, 317–338 (2008).
16. Zilahy, G., Huisingh, D.: The roles of academia in Regional Sustainability Initiatives. *J. Clean. Prod.* 17, 1057–1066 (2009).
17. Sgobbi, F., Cainarca, G.C.: High-Performance Work Practices and Core Employee Wages Evidence from Italian Manufacturing Plants. *ILR Rev.* 68, 426–456 (2015).

4.4 Educação de engenharia como Fator de Desenvolvimento

Artigo submetido e aprovado para a 27ª POMS (Production Operations Management Society), que ocorreu de 6 a 9 de maio de 2016.

Este artigo de congresso foi desenvolvido para aprofundar os conhecimentos teóricos do artigo anterior, apresentando resultados macrorregionais de IDH, GINI e Renda Per Capita.

Engineering Education as a development factor in Brazil

Caldana, Vitor Mendes
Universidade Paulista – UNIP
prof.vitorcaldana@gmail.com

Terra da Silva, Márcia
Universidade Paulista – UNIP
marcia.terra@uol.com.br

Gonçalves, Rodrigo
Universidade Paulista – UNIP
rofranco@osite.com

Abstract

Engineering Education correlates to GDP according to the OCDE. The objective of this paper is to correlate also social (e.g.: HDI), economical (e.g.: Revenue per Capita) and educational indicators. The cities with high quality engineering institutions present an average improvement of all indexes when compared to state references.

Keywords: Engineering Education; Economic Development.

INTRODUCTION

According to Lins *et al.* (2014), there is a direct correlation observed by the OCDE in terms of Human Resources in Science and Technology (HRST) and GDP. However, GDP does not reveal social growth, or even social development. It does not show, necessarily, a better environment for the people and what positive effects can take place. GDP does not reflect in equality of income, or even better life standards. For this, it would be necessary to analyze other indexes such as Human Development Index (HDI), Revenue per Capita, and GINI.

There is a constant worry about Sustainable Development (SD) and the consequences if we do not take action. Many authors such as Stephen *et al.*, (2008), Quandt (1998), de Oliveira (2011), and da Costa (2010) show the importance of sustainable regional

development. Zilahy and Huisingh (2009) mention the important role that academia can take, with practical implementations suggested by Lansu *et al.* (2013) and the development of expertise as discussed by Litzinger *et al.* (2011). The results of focusing in HEIs as a strategy for development can generate significant increases in wages and regional dependency (Sgobbi and Cainarca, 2015; de Oliveira, 2011).

Taking into consideration the quantity and quality of HEIs and their global effect it could be possible to establish policies to drive sustainable development. This is an important factor especially in the case of a continental country with big disparities between its macro-regions as Brazil. However, we first must understand if the presence of high performance HEIs does benefit the regions, not only in a pure economical factor, such as GDP, but also helps to increase social factors.

The objective of this paper is to establish other correlations between the presence of active HRST - that come from good quality High Education Institutions (HEIs) - and the above indexes of HDI, GDP per Capita and GINI, to have a better understating of the effect it can have in regional communities, such as cities and macro-regions. We will take into consideration only the Engineering Education for a first analysis as Engineers represent both Science and Technology in the HRST described by the OCDE.

Engineering Education Performance

Brazil has a performance exam of high education named ENADE (National Exam of Student Performance). The result from ENADE evaluates graduation students on a grade from 1 to 5, with 5 being the highest score. There is also a SC concept that is given to HEIs that do not have at least two graduates taking the exam in that term, which is common on new approved universities. Good performance evaluation is considered on grades 4 and 5. The exam is annual however, due to the number of different careers and HEIs each one is evaluated every three years.

ENADE takes into consideration both specific and general performance. The general graduation curriculum represents 25% of the total grade and the specific represents 75%. After calculating the average grade and standard deviation for each particular HEIs, the method then calculates the average and standard deviation of all HEIs in that specific area that took the test to standardize the grade in all Brazil. (INEP, 2011)

Table 1: Number of HEIs per region by ENADE score in 2011

Region	1	2	3	4	5	SC	Total
Central-West	6	13	17	12	3	8	59
Northeast	11	41	50	34	4	21	161
North	5	19	19	4	0	25	72
Southeast	36	197	176	84	43	82	618
South	7	44	96	59	15	38	259

Source: (INEP, 2011).

If we take into consideration the distribution of HEIs of engineering and their evaluation, as shown in Table 1, we can conclude that the disparity between regions is significant.

The ENADE results can be questionable, as some universities still do not take the test and the spread of testing for every three years can present variations. ENADE also do not take into consideration curriculum design and, as shown by the calculation criteria, it

takes into consideration the average standardized score for the highest grade rather than an absolute one.

GDP and HEIs Scenario

Brazil is the seventh biggest economy in the world; however due to the continental dimensions of the country (8,515,767 km²) there is a great challenge to equally develop all the regions. Global Brazil's GDP has had an increase of a 5.27% on average in the last 20 years. In this period the annual increase has not been consistent, presenting a rate that varies a great deal, as can be seen in Figure 1. This shows that Brazil's GDP growth results are inconsistent with big fluctuations when compared to the average growth. (Banco Central do Brasil, 2015).

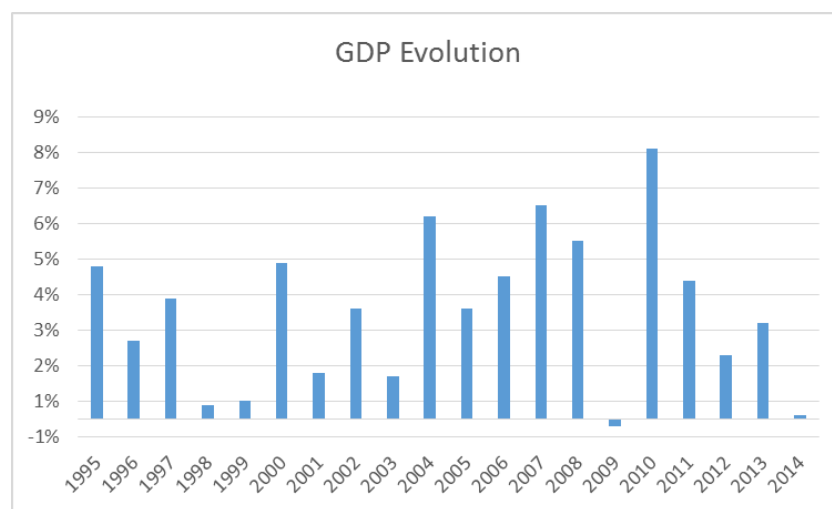


Figure 1 - Brazil's GDP Percentage Growth from 1995-2014 (IBGE, 2014)

There is a direct correlation between regional GDP percentage participation of the regions and number of high performance HEIs. This relationship can be found in figure 2 below:

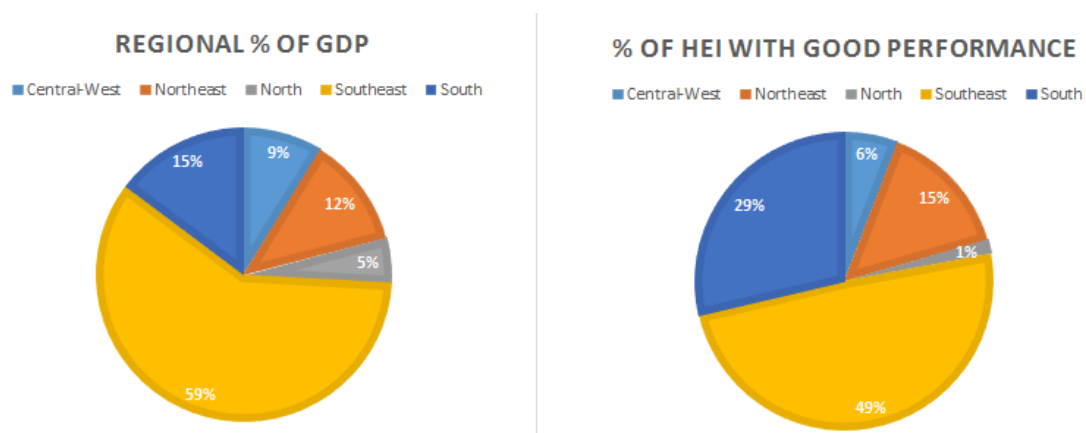


Figure 2 – Regional GDP and Regional High Performance HEIs

METHODOLOGY

To understand the impact of high performance HRST, this study will consider only cities in which there is presence of high performance of Engineering HEIs from the 2011

ENADE results. The method choose all cities that have Engineering HEIs with continuous ENADE grades 4 and 5 in any of the eight different Engineering degrees that ENADE evaluates. Any HEI without a CPC concept was excluded from this study.

The CPC index is calculate on the following year of each ENADE results. It is an index that takes into consideration not only ENADE scores – that evaluate students – but also scores from the University itself such as facilities and infrastructure, pedagogical and teaching techniques applied, faculty (titles and publications), etc.

After selecting the cities, we will take into consideration all Engineering HEIs in that area. With the criteria described above 236 HEIs fitted the criteria. These HEIs are established in 95 distinct cities across the territory, divided as show in table 2 below:

Table 2: Number of cities and HEIs after selection

Region	Number of Cities	HEIs with 4 and 5	Total HEIs
Central-West	7	15	39
Northeast	18	36	124
North	3	4	36
Southeast	38	116	371
South	29	65	171
Total	95	236	741

Source: (INEP, 2011; PNUD, 2013) .

After the selection of the cities, the study made two comparisons. The first comparison was between the city's data and the country's index value. After that, the study will also make a comparison between the city's index value and the value of state it is located in to verify the regional factor. We used a simple percentage formula to assess what is the proportional gain or loss of that particular city as described in the example formula (1) below about Brazil's HDI:

$$\%HDI_{City} = \frac{HDI_{City} - HDI_{Brazil}}{HDI_{Brazil}} \quad (1)$$

To achieve the regional percentage the same comparison displayed on formula (1) was recalculated but, instead of utilizing the Brazil's index, each comparison was made with the respective state index. After all the individual percentage of variation for the cities with well-evaluated schools were obtained, the simple average of the results were calculated for the Brazil index, as displayed in formula (2).

$$HDI_{BrazilAverage} = \frac{\sum_{n=1}^{95} \%HDI_{City}}{95} \quad (2)$$

For the state values, each state had its own average calculated as described by formula (3). These values take into consideration that each different region can present variations and a regional comparison can show a better understanding of the impact of HEIs. To achieve the Marco-Regional values the values were again averaged as described in formulas (4)

$$HDI_{StateAverage} = \frac{\sum_{n=1}^N \%HDI_{City}}{N} \quad (3)$$

$$HDI_{MacroRegionAverage} = \frac{\sum_{n=1}^N HDI_{StateAverage}}{N} \quad (4)$$

RESULTS

The selection of 95 cities represent 1.7% of all of Brazil's 5.565 cities in 2011. In addition, out of the 26 different states plus the Federal District, four states did not have any Engineering HEI with the necessary criteria. The states are Acre (AC), Pará, (PA), Rondônia (RO) and Tocantins (TO). All of the mentioned states are part of the North macro region of the country. In all other states at least one city had a HEI that fitted the necessary criteria.

The Federal District is composed of the city of Brasilia only. The city fitted the necessary criteria. The Federal District is part of the Central-West region and the absolute country comparison and state numbers (even if 0.0%) were taken into consideration.

Human Development Index (HDI) Results

The information about global HDI values is presented in table 3. It shows the number of cities in which a percentage gain took place and the number in which a percentage loss took place. The average absolute gain of HDI was 0,039. The average final value of all cities achieved a gain percentage of +5.37%.

Table 3: Brazil HDI Results

Region	Number of Cities with HDI gain	Number of Cities with HDI loss	% of Cities with HDI Gain
Central-West	7	0	100.00
Northeast	8	10	44.44
North	3	0	100.00
Southeast	32	6	84.21
South	29	0	100.00

Source: (INEP, 2011; PNUD, 2013) .

When looking at the macro regional information, HDI values is presented in table 4. It shows the number of cities in which a percentage gain took place and the number in which a percentage loss took place. The percentage of cities with a higher HDI index displays a positive factor. The analysis did not take into account the percentage value, but simply if the result showed a positive or negative gain.

The macro regional gain of HDI is presented in Figure 3. It shows that in every region of the macro-region of the country the presence of well-evaluated HEIs had a positive effect. In the North region, where there are only three HEIs the result is the biggest, that can be explained by both sample size and the positive development associated with the HEIs.

Table 4: Macro Regional HDI Results

Region	Number of Cities with HDI gain	Number of Cities with HDI loss	% of Cities with HDI Gain
Central-West	7	0	100.00
Northeast	16	2	88.89
North	3	0	100.00
Southeast	27	11	71.05
South	25	4	86.20

Source: (INEP, 2011; PNUD, 2013) .

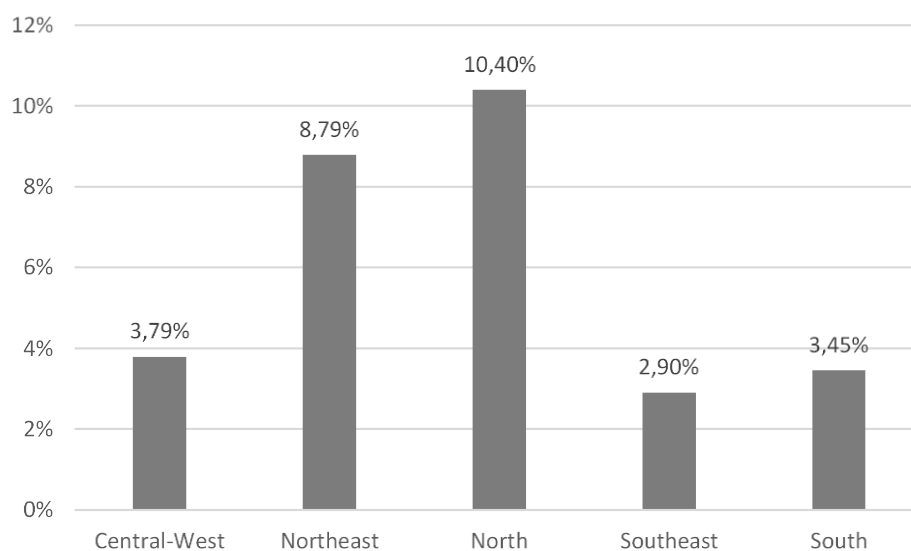


Figure 1 – Macro Region HDI Results

Revenue per Capita Results

The information about global Revenue per Capita results are presented in table 5. It shows the number of cities in which a percentage gain took place and the number in which a percentage loss took place. The average absolute gain of Revenue per Capita was R\$ 203.18. The average final value of all cities achieved a gain percentage of +25.59%.

Table 5: Brazil Revenue per Capita Results

Region	Number of Cities with Revenue gain	Number of Cities with Revenue loss	% of Cities with Revenue Gain
Central-West	5	2	71.43
Northeast	7	11	38.88
North	1	2	33.33
Southeast	29	9	76.31
South	28	1	96.55

Source: (INEP, 2011; PNUD, 2013) .

When looking at the macro regional information, Revenue per Capita results are presented in table 6. It shows the number of cities in which a percentage gain took place and the number in which a percentage loss took place. This analysis did not take into account the percentage value, but simply if the result showed a positive or negative gain.

Table 6: Macro Regional Revenue per Capita Results

Region	Number of Cities with Revenue gain	Number of Cities with Revenue loss	% of Cities with Revenue Gain
Central-West	5	2	71.43
Northeast	13	5	72.22
North	3	0	100.00
Southeast	25	13	65.79
South	19	10	65.52

Source: (INEP, 2011; PNUD, 2013) .

The macro regional gain of Revenue per Capita is presented in Figure 4 above. It also shows that the cities with well-evaluated HEIs had a significant increase in Revenue per capita when compared to the complete number of cities in their macro-region. This represents a better environment for not only the Engineer graduates but for the entire city society.

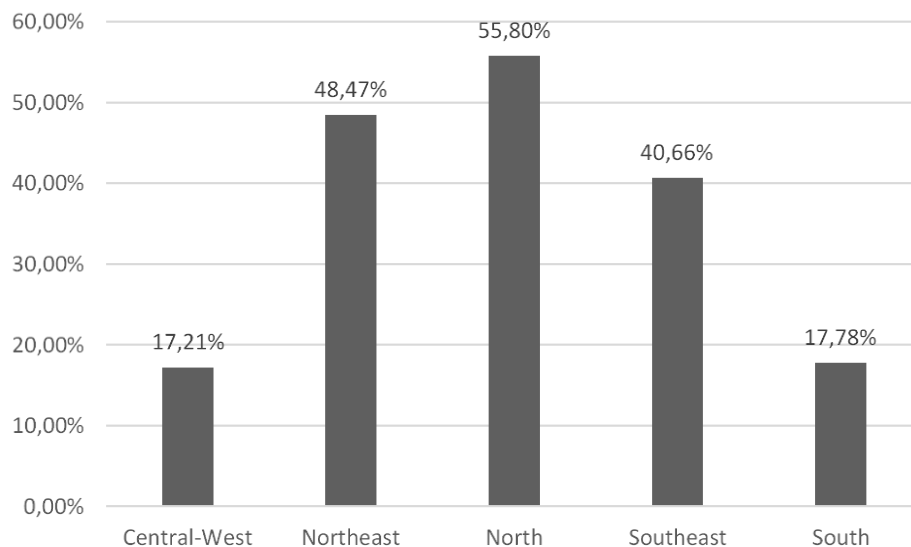


Figure 1 – Macro Region Revenue per Capita Results

GINI Results

In the case of the GINI index, the negative signal in both absolute and percentage results shows a better equality in distribution of income. This is because the index has a value of “0” for a perfect equal distribution of income and a value of “1” for total unequal distribution. In this case a value closer to zero in the cities and macro regions would be desired and since the formulas were not altered, a gain in equality of distribution will yield a negative signal.

The information about global GINI results are presented in table 7. It shows the number of cities in which a percentage gain took place and the number in which a percentage loss took place. The average absolute gain of GINI was -0.067. The average final value of all cities achieved a gain percentage of -11.14%.

Table 7: Brazil GINI Results

Region	Number of Cities with GINI gain	Number of Cities with GINI loss	% of Cities with GINI Gain
Central-West	6	1	85.71
Northeast	8	10	44.44
North	1	2	33.33
Southeast	36	2	94.73
South	29	0	100.00

Source: (INEP, 2011; PNUD, 2013) .

When looking at the macro regional information, Revenue per Capita results are presented in table 8. It shows the number of cities in which a percentage gain took place and the number in which a percentage loss took place.

Table 8: Macro Regional GINI Results

Region	Number of Cities with GINI gain	Number of Cities with GINI loss	% of Cities with GINI Gain
Central-West	6	1	85.71
Northeast	13	5	72.22
North	3	0	100.00
Southeast	30	8	78.95
South	21	8	72.41

Source: (INEP, 2011; PNUD, 2013) .

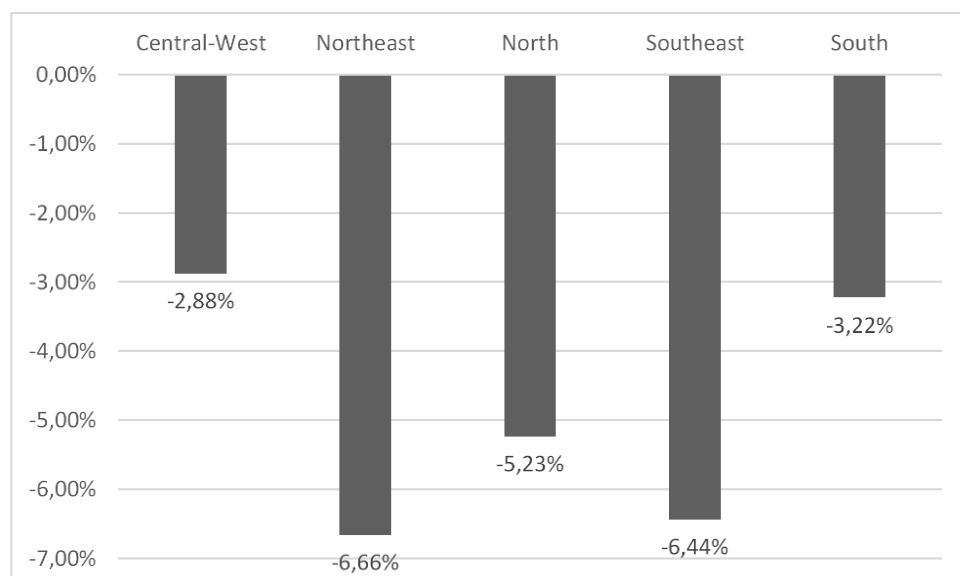


Figure 1 – Macro Region GINI Results

The macro regional gain of GINI is presented in Figure 5. It shows that the cities with well-evaluated HEIs had a significant increase in GINI when compared to the complete number of cities in their macro-region. This represents a better distribution of revenue between the citizens in those cities.

CONCLUSION

From the analyzed data, it is possible to conclude that the presence of well-evaluated Engineering Education HEIs will bring a significant benefit to the region.

All state and macro regional indexes showed a positive return. When we look at the combined effect of HDI, Revenue per capita and GINI we can understand that the cities with well-evaluated HEIs will not only have a better GDP, but also better standings of living. HDI results are particularly important to measure that.

Another conclusion is that, due to the increase in both Revenue and GINI, the idea that only the graduates would ensure a better salary is discarded. The situation points to a better salary and better distribution, which is coherent with the hypothesis of general improvement. This improvement will not only affect the Engineers, but the entire society.

Another conclusion reached is that to achieve better standards, the current percentage of 1.7% of total cities with well-evaluated cities must improve. The quantity of cities is small and the result of HEIs in such cities, as presented in both global and macro regional results, are optimistic and can lead to a better country to live in. Policies to implement this scenario need to be studied by local actors, both in the private and public sector, to achieve a viable solution.

Even though most HEIs and GDP is produced in the Southeast region, the results of this region were not the highest in the comparison. It graded fifth in HDI, third in Revenue per capita and second in GINI. This shows that the presence of high GDP is not the only factor to increase those indexes, and show a possible path to take to better develop other regions. The case of the North, even with only three cities is interesting, as it is the macro region with the least GDP and HEIs and was able to achieve the best increase in HDI and Revenue per capita and the third best increase in GINI.

It was unclear, during the study, if the success in implementing well-evaluated HEIs is a result of a previous favorable development condition, in which the city would need to be previously prepared to receive it, or if the implementation of a well evaluated HEI can yield positive outcome regardless of a previous investment. This research needs to be conducted to understand if investing in HEIs directly is a viable alternative of investment or if it is necessary to consider previous infrastructure needs.

REFERENCES

- Banco Central do Brasil, 2015. Time Series Management System. Available at: <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>. (Access date: November 23, 2015).
- da Costa, E. J. M. 2010. *Arranjos produtivos locais, políticas públicas e desenvolvimento regional*. Mais Gráfica Editora. Brasília
- de Oliveira, G. B. 2011. Regiões Inteligentes como Estratégia de Desenvolvimento Local. *Revista Orbis Latina*, 1(1): 35-39
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Contas Nacionais Trimestrais - 2014.IV. Available at: ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201404caderno.pdf. (Access date: May 24, 2015)
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa. 2015. Relatório Síntese 2011 - Inep. Available at: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/enade/relatorio-sintese-2011>. (Access date: November 26, 2015)

- Lansu, A. et al. 2013. Changing professional demands in sustainable regional development: a curriculum design process to meet transboundary competence. *Journal of Cleaner Production*. **49**: 123-133
- Lins, L. M. et al. 2014. Escassez de Engenheiros no Brasil? *Novos Estudos*. **98**: 43-67
- Litzinger, T. A. et al. 2011. Engineering Education and the Development of Expertise. *Journal of Engineering Education*. **100**: 123–150
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento et al. 2013. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Available at: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. (Access date: November 19, 2015)
- Quandt, C. O. 1998. Inovação e Território: Elementos para a Formulação de Políticas de Capacitação Tecnológica e Desenvolvimento Regional. Available at: <http://raceadm3.nuca.ie.ufrj.br/buscarace/docs/quandt1.doc>. (Access date: May 19, 2015)
- Sgobbi, F.; Cainarca, G. C. 2015. High-Performance Work Practices and Core Employee Wages Evidence from Italian Manufacturing Plants. *ILR Review*. **68**(2): 426–456.
- Stephens, J. C. et al. 2008. Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. **9**(3): 317–338
- Zilahy, G.; Huisinigh, D. 2009. The roles of academia in Regional Sustainability Initiatives. *Journal of Cleaner Production*. **17**(12): 1057–1066

4.5 Análise Microrregional do impacto das escolas de engenharia

Artigo submetido para a revista Production, aguardando parecer dos revisores.

Este artigo foi desenvolvido para a análise do objetivo final de impacto microrregional das IES de Engenharia, e para prover fundamentação sobre os itens discutidos.

Sustainable Development and Engineering Education: An analysis of Brazil's Micro-Regional Scenario

Abstract: Regional development is fundamental to equally and sustainably develop countries. This paper focus on the micro-regional aspect of engineering education and its spillovers to understand the current impact in macro regional Gross Domestic Product (GDP). A complete analysis official government data of all micro-regions, the number of institutions, total graduates and total engineers is cross-referenced with bibliographical review to reach the conclusion that not only the scenario is challenging but changes are needed to reverse the unequal situation found in the country.

Keywords: Sustainable Development, Micro-region, Engineering Education

Introduction:

It has been consistent over the years, as displayed by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) since its foundation in 1961 and, more specifically the Going for Growth reports since 2005, that the amount of Human Resources in Science and Technology (HRST) is directly linked to a country's Gross Domestic Product (GDP). Considering the importance of evolving it's national economy, several Brazil researches have looked into this particular theme, especially in regards to the lack of engineers. Examples of this work can be seen in Nascimento, (2011), Salerno et al. (2014), Lins et al. (2014), Maciente & Araújo (2011), Nascimento et al (2010) among others. These studies found there is not structural lack of engineers, however the study is mainly based on the economic output and market demands.

Special attention is needed for the information provided by Maciente & Araújo (2011) that only 38% of engineers remain on their main activity, with the rest applied on other activities. That study does not show if the issue is curriculum, quality of the graduate or market demands. However, the approach given on the mentioned studies was a focus on the economic activity and generation of workforce or and employment or repositioning of professional. The typical spillovers and capacities of engineers to enhance production and boost economic regional development by technological innovation and entrepreneurship is not taken into consideration. The presence of universities and their spillovers is not taken into account.

In this sense, Lins et al. (2014) also displays a country-by-country correlation between HRST presence and GDP per capita. The graphic shows the capacity of some countries to leverage their GDP per capita to be above the correlation line (such as Japan, USA and Norway) and the inability of others to take advantage of the HRST resources (such as Brazil, Turkey and Poland).

As a general conclusion is reached that there is not a shortage of engineers in Brazil, the regional factor was not properly looked into. Studies also showed the dependency between Brazil's Macro Regions (North, Northeast, Central-West, Southeast and South) and the distribution of high quality engineering schools in that same region, as seen in figure 1 below. The importance of a micro-regional management and development, especially in a country as vast as Brazil (8.516.000 km²), is fundamental to allow the regions to balance the figure seen below and to equally develop the country.

The importance of local development is covered in length. Authors such as Quandt (1997), da Costa (2010) and de Oliveira (2011) signal to the importance of the local factor in Brazil, while others such as Lozano et al. (2014), Stephens et al. (2008), Vyshkin (2015) and Zilahy & Huisinigh (2009) point out the roles that

academia can have in implementing sustainable development practices and techniques. Devine-Wright et al. (2001) point to the necessity of accounting social capital and local scenario, as different cultures will have specific ways to solve problems and present solutions. Kakiuthi et al (2014) show the new possibilities for improving science education to better prepare the students going into universities.

Based on this idea of a more microscopic view, the work of Lendel (2010) presents the interesting concept of “University Products”. It is proposed that depending on the regional needs, mission statement and policies each university can provide up to seven different products to the region such as: 1) education; 2) contract research, 3) cultural products, 4) trained labor, 5) technology diffusion, 6) new knowledge creation and 7) new products and industries. Even if the final product is not regional, due to competition for the products because of other factors such as the relevance of university and its influence at a higher level (state or even national), Drucker (2016) points to the fact that the regional spillover is still present, remaining substantial up to 97 km (60 miles) and as such, regional positive impacts can still be noticed even if the final product is not local. This spillover effect is particularly important in research universities that produce technology and innovation according to the author.

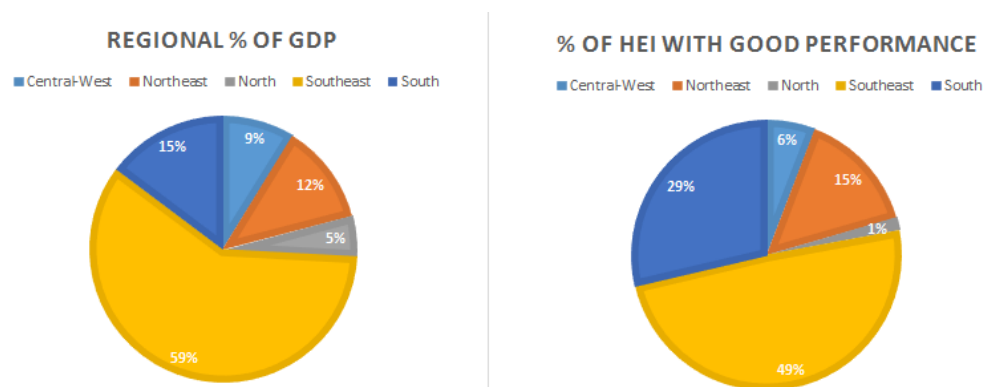


Figure 1 – Regional GDP and Regional High Performance HEI's
Source: (IBGE, 2014; INEP, 2015)

With the products mentioned the region can establish the seven elements of technology-based regional economic development (Skilled Workforce, Intellectual Infrastructure, Knowledge Spillover, Capital, Physical Infrastructure, Entrepreneurial Culture and Quality of Life) and it is possible to assess the impact the university can have on its local community. This is not a simple task as most of this products are bundled and the effects can't be seen separately so more complex models need to be developed. (Lendel, 2010)

Based on the literature background, this research's objective is to better understand the micro-regional scenario in Brazil, in terms of Engineering HEI's allocation and population affected by them and to create a better knowledge of how it is currently. This research will also add to the discussion of the OECD about the relationship between Science and Technology professionals and GDP, the structural lack of engineers in Brazil and sustainable development of regions. This work can orient key actors in universities and government policies makers to place or develop new public and private institutions as well as manage the set of mission statements to produce the correct set of products for an increase in sustainable economic development.

Methodology:

Studies concerned about the quality and quantity of graduates that are concluding the course in Brazil focus primarily on the National Exam of Student Performance (ENADE) grade, as seen in Barbosa & Santos (2011), Andrade (2011), Pederneiras et al (2011) among others. The result from ENADE evaluates graduation students on a grade from 1 to 5, with 5 being the highest score. Good performance evaluation is considered on grades 4 and 5. ENADE takes into consideration both specific and general performance. The general graduation curriculum represents 25% of the total grade and the specific represents 75%. After calculating the average grade and standard deviation for each particular High Education Institution (HEI), the method then calculates the average and standard deviation of all HEI's in that specific area that took the test to standardize the grade in all Brazil. (INEP, 2011)

To better understand the impacts of HEI's in their micro-region, a more complete method of evaluation is needed. As demonstrated early there are several products that university can provide and other spillovers that are not only the number of graduates and the quality of them. To achieve this purpose this study selected the Preliminary Course Concept - CPC (*Conceito Preliminar de Curso*). The main reason is that CPC also take into consideration other variables. The calculation criteria and the detailed document is available from the National Institute of Studies and Research - INEP (*Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas*) (INEP, 2016). The CPC formula from 2011 used the following indexes:

$$CPC_j = (0,35 * NIDD_j) + (0,20 * NC_j) + (0,15 * ND_j) + (0,075 * NM_j) + (0,075 * NR_j) + (0,075 * NO_j) + (0,05 * NF_j) + (0,025 * NA_j) \quad (1)$$

Where:

- CPC_j is the calculated value of the index for each HEI
- $NIDD_j$ is the index that reflects the "advance" in knowledge by the students (it measures the difference between the average of ENADE scores of freshmen and graduates at the institution)
- NC_j is the ENADE score
- ND_j is the proportion of teachers with PhD's in the HEI
- NM_j is the proportion of teachers with Masters in the HEI
- NR_j is the work regime of the teachers (better grades are given to exclusive professionals)
- NO_j is the grade from the Pedagogical assessment
- NF_j is the facilities grade (laboratories, classrooms, etc.)
- NA_j is the grade from the opportunities given by the HEI for continuous study

Since results from Engineering Schools are taken every three years, and to get data as close as possible to the official data regarding the cities that is available from 2010, this study selected the CPC results from 2011 instead of the results from 2014 or 2008.

This study creates a cross-reference guide between the 5.565 cities present in the 2010 census categorizing them by micro-region (IBGE, 2012; PNUD et al, 2013). After that the 1.169 Engineering HEI's that took the ENADE test were sorted in their respective cities and divided into the CPC categories (INEP, 2015). To establish a mean to consolidate the universities 5 categories were created.

- CPC1 has HEI's with grades from 0,01 to 1
- CPC2 has HEI's with grades from 1,01 to 2
- CPC3 has HEI's with grades from 2,01 to 3
- CPC4 has HEI's with grades from 3,01 to 4
- CPC5 has HEI's with grades from 4,01 to 5

With this division and reference table it was possible to establishing the number of HEI's, the CPC score and also the number of graduates that took the ENADE exam by city. This allowed for a better understanding of the distribution of Engineering Education HEI's in Brazil and also allowed to understand the possible impact of Engineering HEI's as a complete institution and not only as "factory" of graduates. The proposition is that the data reveals the presence of HEI's, especially the high quality CPC grades (CPC4 and CPC5), to be more significant in the micro-regions of the South and Southeast as they are the macro regions with the highest GDP participation, that will suggest a correlation between presence of HEI's and regional GDP.

To assess the impact of the HEI's, this study selected the Human Development Index (HDI) index, as it is largely utilized in comparison between countries and has no direct impact from high education, being able to represented the effects in a broad spectrum and in long-term influences. The HDI index is calculated as a geometric average between three components: Education, Income and Life Expectancy.

The HDI_L (Life expectancy) portion of the HDI index was not used in this study as the establishment of this index depends on tables and these tables are not available for the micro-regions. Attempts were made to use normal average, population weighted average and also geometric average. All calculation methods presented a margin of error that led to the conclusion that the index should be discarded. Also, even though a better education can lead to a better lifestyle and most likely a better health care, this is not the focus of

this paper and the Income increase and the Educational factor that would justify these improvements is considered.

After the cities were divided into their respective micro-regions, for each micro-region the HDI_Education (formula 2) and HDI_Income (formula 5) indexes were calculated (as only state and city indexes are provided). After the indexes are calculated a comparison between the micro-regional index and state is made to assess if the micro-region has better economic and educational standards. Also, in each micro-region the total number of HEI's by score is added, giving an idea of the presence of institutions, the quality and output of engineers in each micro-region.

HDI_Education is the Educational part of the HDI. It measures the percentage of children and teenagers in school and also if they are finishing the grades at the expected age. The index is independent from HEI's as it does not contemplate any kind of high-level graduation. It verifies the number of adults (+18-year-old that have the fundamental degree and also the flow of children and teenager students between elementary and high school.

$$HDI_Education_{MicroRegion} = \sqrt[3]{P_{18+} * \left(\frac{P_{5-6} + P_{11-13} + P_{15-17} + P_{18-20}}{4} \right)^2} \quad (2)$$

Where:

- HDI_Education_{MicroRegion} is the calculated value of the index for each micro-region
- P₁₈₊ is the percentage of the micro-region total population over 18 years with high school degrees
- P₅₋₆ is the percentage of the micro-region total population between 5 and 6 years in school
- P₁₁₋₁₃ is the percentage of the micro-region total population between 11 and 13 years in the final years of elementary school
- P₁₅₋₁₇ is the percentage of the micro-region total population between 15 and 17 years with complete elementary school
- P₁₈₋₂₀ is the percentage of the micro-region total population between 18 and 20 years with complete high school

As an example, the indexes of the micro-region *Porto Velho*, located in the state of *Roraima* in the North macro region are: P₁₈₊ = 56,49%, P₅₋₆ = 78,15%, P₁₁₋₁₃ = 84,10%, P₁₅₋₁₇ = 49,14% and P₁₈₋₂₀ = 38,00%. The formula translates to:

$$HDI_Education_{PortoVelho} = \sqrt[3]{0,5649 * \left(\frac{0,7815 + 0,8410 + 0,4914 + 0,3800}{4} \right)^2} = 0,603$$

A similar calculation was made by obtaining the HDI_Income that measures the per capita income of the region. As this information is not available, it was necessary to obtain the total population and also total income of each city. With the total values of population and income it was then possible to calculate the per capita income of the micro-region. The function used is described below in equations 3 and 4. It is important to notice that since only per capita income information is available there is a small margin of error when using the calculation method described below. To assess if this error would make the study inviable for each city the Per Capita income a HDI_Income was calculated and compared with the official state index (assuming all cities would be a part of the same micro-region), with the error, in all cases, being less than 0,05%.

$$TI_{MicroRegion} = \sum_{i=1}^n (CP_i * PCI_i) \quad (3)$$

Where:

- TI_{MicroRegion} is the Total Income of each region.
- n is the total number of cities in the region
- CP_i is the City Population
- PCI_i is the Per Capita Income of that city

Once the total income is obtained, the per capita income of the micro-region can be determined by:

$$RPCI = \frac{TI_{MicroRegion}}{MRP} \quad (4)$$

Where:

- RPCI is the per capita income of the micro-region
- MRP is the micro-region total population

After obtaining the per capita income for the micro-region it was possible to standardize it utilizing the HDI_Income formula calculation described below:

$$HDI_Income_{MicroRegion} = \frac{\ln(RPCI) - \ln(MinI)}{\ln(MaxI) - \ln(MinI)} \quad (5)$$

Where:

- $HDI_Income_{MicroRegion}$ is the calculated value of the index for each micro-region
- RPCI is the per capita income of the micro-region
- MinI is the minimal per capita income, calculated from USD100 PPC. The value equals R\$ 8,00
- MaxI is the greatest per capita income, calculated from the per capita income of the 10% more rich on the wealthier state of the country. This value is R\$ 4.033,00.

As an example, utilizing the same micro-region *Porto Velho*, the RPCI calculated was R\$ 830,06. The formula translates to:

$$HDI_Income_{PortoVelho} = \frac{\ln(830,06) - \ln(8,00)}{\ln(4.033,33) - \ln(8,00)} = 0,746$$

With both HDI_Education and HDI_Income micro-regional indexes calculated, a comparison with the state's official supplied indexes were obtained by formula 6. This would show if such micro-region is better or worse than the state index, thus giving the idea of the micro-region's development factor inside each state.

$$\%HDI_{MicroRegion} = \frac{HDI_{Microregion} - HDI_{State}}{HDI_{State}} \quad (6)$$

To determine the population affect by HEI's on a state and macro regional level, the population of the micro-regions were added every time the micro-region had at least one HEI, despite of the CPC grade and the presence of additional institutions.

Also, to understand the impact of 2011 HEI's graduates, total number of active engineers information was included on the macro-regional level, represented by the total of abled engineers according to CONFEA in 2016. The objective is to visualize the tendency of growth on each region and to understand the impacts over a 5 year period.

To finalize the statistical and data gathering, a compilation of each micro-region by state and also by macro regions (North, Northeast, Central-West, Southeast and South) was conducted to compare with GDP findings from previous studies.

Results and Discussion:

The first part of the analysis of the study was conducted using the HEI's and their location. The objective is to understand the population of each state impacted by HEI's presence in their micro-region. This analysis also shows the distribution of population between the several states of the country and will allow for other

findings. Results are showed in figure 2 below in which a population affected by a HEI's is considered when a micro-region has at least one HEI (despite of the CPC index).

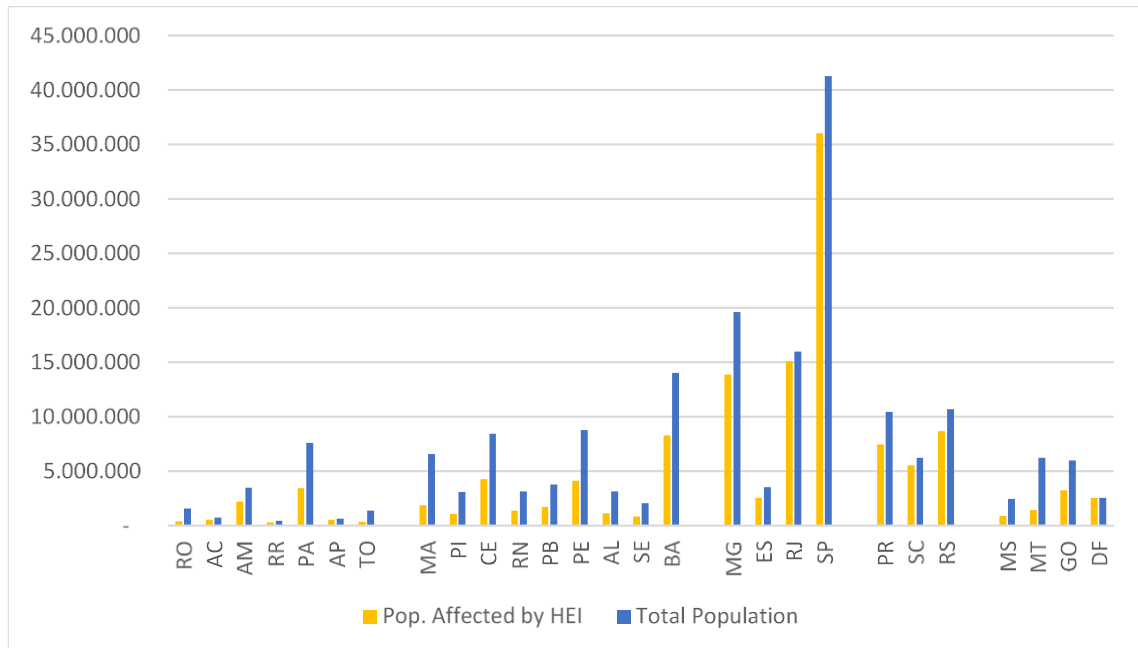


Figure 1 – Total Population and Population with HEI access by state

Source: (IBGE, 2012; INEP, 2015) Organization by the authors

Figure 2 shows a concentration of population in the Southeast macro region. The state of São Paulo (SP) alone has a little over 41 million inhabitants – 21,27% of the countries population. This gives it a great advantage on the development set as it will yield better results. Not only from taxes and economic movement, but also intellectual capital and resources from federal funding. The complete North region has close to 16 million, less than half of São Paulo with an area 15 times bigger (3.780.000 km² versus 248.209 km²). Just the population distribution already poses a great challenge from equal country development.

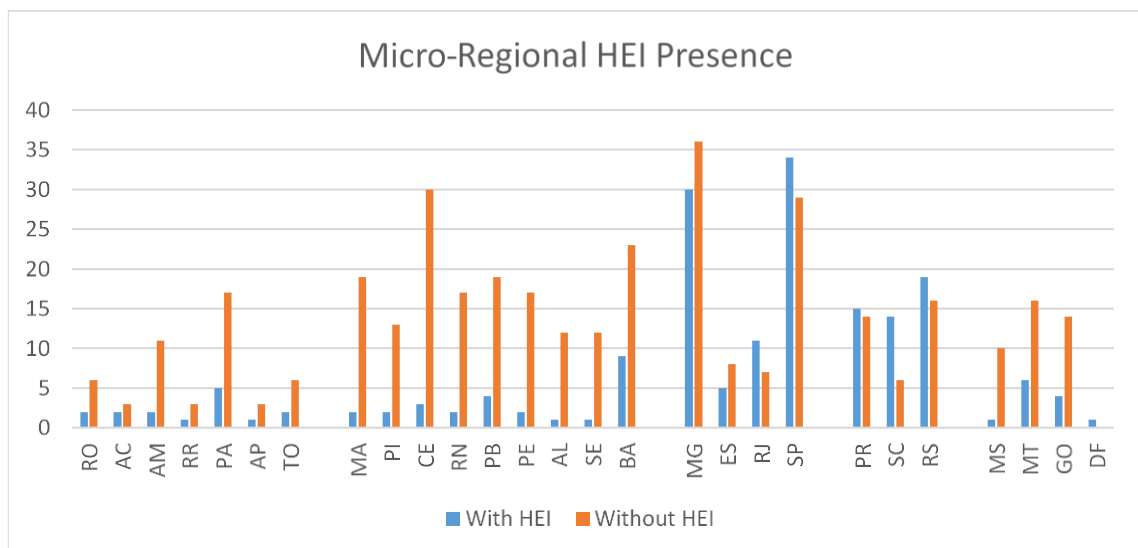


Figure 2 – Micro-regions with and without HEI's by state.

Source: (IBGE, 2012; INEP, 2015) Organization by the authors

The second part of the analysis of the study is showed in figure 3. The analysis is conducted from a different approach, in which the results were sorted not by population but by micro-regions (again this analysis also does not take into consideration the CPC index or quantity of HEI's). The number of micro-regions with HEI's can show the potential of equal growth in each state. It will also present a scenario in which only 6

of the 27 states (this includes the DF is, which is the nation's capital and a "city and state" at the same time) have a coverage over 50%. The concentration of high quality HEI's in the South and Southeast regions was already displayed in Figure 1, but this new analysis also displays that the geographical distribution in this regions is far better than other regions such as the North and Northeast.

Figure 3 also indicates a great disparity in the developing of regions. Even if there is not a structural shortage of engineers, as pointed out by Lins et al. (2014), the micro-regional scenario presents an uneven distribution of HEI's. The only macro regions with above 50% are Southeast and South, the best two regions in GDP participation. All other regions fall greatly behind with the Northeast with as low as 16% of micro-regions with HEI's. From the 16 micro-regions that do have HEI's 9 of them are state capitals leaving only 7 others for the entire macro region. This scenario indicates a great challenge to implement the advantages of universities products and their benefits as described by Lendel (2010) and properly developing regions as proposed by de Oliveira (2011) and Quandt (1997). Even if the micro-region imports engineers from other areas it will not see the long-term benefits of having an HEI and the spillovers as described by Drucker (2016).

Even though it varies from each state, the micro-regional tendency of population aggregation is seen in all cases as represented by the number of people affected by HEI's when compared to their spread over the micro-regions. On all states the percentage of regions is lower than the percentage of the population attended by the HEI. This shows that HEI's are typically placed into dense populated areas, which can justify the costs associated and also the demand for infrastructure.

The effect seen is particularly valid in the micro-regions that hold the capital for each state. The general numbers of said micro-regions will be higher than the rest of the micro-regions in each state for two fundamental points: 1) higher population and opportunities, included on a larger industrial and service set and 2) presence of a stronger governmental structure, not only in terms of administration but also federal and state HEI's. The analysis indicates the capital's micro-region influences directly the results of the other micro-region results because of their population and importance in the regional scene.

Macro Region	State	Graduates (2011)	CPC4 and CPC5 Graduates (2011)	State Graduates (2011)	Total Abled Engineers (2016)
Central-West	MS	1,164	0,355	2,233	60.585
	MT	3,707	1,474		
	GO	1,344	0,205		
	DF	1,743	1,393		
Northeast	MA	0,345	0,047	1,608	110.509
	PI	0,555	0,125		
	CE	0,814	0,336		
	RN	1,515	0,606		
	PB	1,306	0,558		
	PE	1,131	0,013		
	AL	1,035	0,208		
	SE	1,731	0,575		
	BA	1,380	0,153		
North	RO	0,762	0,262	1,351	38.345
	AC	2,863	0		
	AM	1,860	0,092		
	RR	0,549	0		
	PA	1,156	0,021		
	AP	0,956	0		
	TO	1,496	0,860		
Southeast	MG	3,774	0,960	3,474	470.279
	ES	2,384	1,047		
	RJ	3,438	0,924		
	SP	3,439	0,749		

South	PR	3,246	1,065	3,225	136.372
	SC	3,707	1,474		
	RS	2,922	1,657		

Table 1 – Graduation and Total Engineers results

Source: (CONFEA, 2016; INEP, 2015), Organization by the authors

Another information available is the total graduates per micro-region compared to the population. Since the difference between regions is severe (as seen in figure 1), this study used the presence of graduates by 10.000 people. A separation was made not only by graduates but also by graduates from high performance HEI's (CPC4 and CPC5). An average is calculated and displayed against the number of abled engineers from 2016. The numbers are shown in Table 1. From this analysis a hypothesis is made where the current situation will not be reversed as the even spread of HEI's and Engineers is not met and the regions with the most development are the regions that graduate more engineers per 10.000 inhabitants.

To finalize this portion of the analysis of the presence and participation in the global country population, the general results for each macro region is displayed on Table 2 below. This final step shows that the good distribution of HEI's is as important as population for GDP results. This is very clear on the South Macro region, that with close to half the population of the Northeast (14,12% against 27,37%) can still present a better GDP participation. It is also clear from the data that the percentage of North and Central-West population limits their capacity to equalize the GDP participation, pointing to a regional shortage of policies to equally develop the country.

Macro Region	% Population	% Abled Engineers	% Population with HEI	% Micro-regions with HEI's	% of GDP participation
Central-West	8,90%	7,42%	47%	23%	8,74%
Northeast	27,37%	13,54%	47%	14%	12,20%
North	8,18%	4,70%	49%	23%	4,92%
Southeast	41,43%	57,63%	84%	50%	59,38%
South	14,12%	16,71%	79%	51%	14,75%

Table 2 – Macro Regions results

Source: (CONFEA, 2016; IBGE, 2012; INEP, 2015), Organization by the authors

The scenario present a challenging set, needing policies and curriculum adapted to regional needs as described by Lansu et al (2013) and Devine-Wright et al. (2001) as the regions in which more development is needed are not only the regions where there is less access to HEI's but also where there is less population affected by the HEI's spillovers (Drucker, 2016; Lendel, 2010) and less HRST personal to enforce a positive regional economy (de Oliveira, 2011; Quandt, 1997).

As discussed before, capital's micro-regions present strong influence in the state comparisons and as such, most comparisons from this point on will not only account for absolute numbers, but will also compare the results of micro-regions with and without HEI's. Removing the capital's micro-region was necessary to better understand the spillover in regions with less population.

The final analysis is made by comparing the micro-regions in each state and the HDI_Education and HDI_Income index compared to the state value to determine how they are contributing to the local development. For this part, as mentioned before, an absolute analysis as well as a comparative analysis without the capital will be made. The first part of this analysis is demonstrated in table 3 below. The DF results are not entered as it is the Nation's Capital and a city and state at the same time. We divided the analysis creating 4 different categories that are shown in the table:

- MRW+ : The number of micro-regions with at least one HEI which has a better HDI index than the state value
- MRW- : The number of micro-regions with at least one HEI which has a worse HDI index than the state value
- MRN+ : The number of micro-regions without HEI which has a better HDI index than the state value
- MRN- : The number of micro-regions without HEI which has a worse HDI index than the state value

Macro Region	State	HDI_EDUCATION				HDI_INCOME			
		MRW+	MRW-	MRN+	MRN-	MRW+	MRW-	MRN+	MRN-
Central-West	MS	1	0	1	9	1	0	1	9
	MT	3	3	3	13	3	3	3	13
	GO	2	2	0	14	3	1	0	14
	DF	-	-	-	-	-	-	-	-
Northeast	MA	2	0	0	19	2	0	2	17
	PI	1	1	1	12	1	1	0	14
	CE	2	1	0	32	1	2	0	30
	RN	2	0	0	17	2	0	0	17
	PB	3	1	0	19	2	2	0	19
	PE	1	1	3	14	1	1	1	16
	AL	1	0	0	12	1	0	0	12
	SE	1	0	0	12	1	0	0	12
	BA	4	5	1	22	3	6	0	23
North	RO	1	1	1	5	1	1	1	5
	AC	1	0	0	4	1	0	0	4
	AM	1	1	0	11	1	1	0	11
	RR	1	0	0	3	1	0	0	3
	PA	3	2	2	15	3	2	2	15
	AP	1	0	0	3	1	0	0	3
	TO	2	0	2	4	2	0	2	4
Southeast	MG	19	11	4	32	8	22	1	35
	ES	1	4	0	8	1	4	0	8
	RJ	3	8	0	7	2	9	0	7
	SP	19	15	0	29	4	30	0	29
South	PR	7	8	1	23	3	12	0	24
	SC	6	8	0	6	4	10	0	6
	RS	10	9	3	13	4	15	1	15

Table 1 – Micro-Regional HDI_Education and HDI_Income results

Source: (INEP, 2015; PNUD et al., 2013), Organization by the authors

The influence of the capital can be clearly seen on the analysis of the data. Several states (MS, AL, SE, AC, RR, AP) shows that only the capitals micro-region was able to get better results. Also it is clear the impact of HEI's in a possible outcome of HDI_Education and HDI_Income.

Another information from table 3 is the number of micro-regions without HEI's that are able to overcome that difficulty to achieve better HDI_Education and HDI_Income. In the whole country only 18 (in a total of 377) - or 4,7% - were able to achieve a better HDI_Education than the state reference and only 14 - or 3,7% - were able to get a better HDI_Income.

When the capital micro-region is removed from the analysis, it is possible to notice that the majority of the regions with HEI's will have a better HDI_Education and HDI_Income than the regions without HEI's. The effect of quantity of graduates and quality is also pertinent. This proves the hypothesis and also confirms the results from other researches that the presence of HEI's on the micro-region will yield benefits regardless of products and production capacity.

The states of Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Paraná (PR) and Rio Grande do Sul (RS) shows an interesting concentration of income in the micro-regions with HEI's as the reduction between HDI_Education to HDI_Income is significant. In both cases the capitals HDI_Income was more significant than the HDI_Education and because of the population on those micro-regions they reflected "negatively" on the remaining micro-regions. The state of Espírito Santo (ES) shows clearly the distortion made by the capital. Even though in the best macro region, only the capital has positive HDI_Education and HDI_Income indicators. The impact is significant as close to 45% of the population resides on the capitals micro-region.

On the least developed macro regions of the country the presence of a HEI is a solid indication of better HDI_Education and HDI_Income. Central-West, North and Northeast regions display 18 micro-regions of 53 - or 34% - of micro-regions with worse comparative indexes.

On the qualitative analysis, it is possible to determine that all regions with HEI's even with a negative comparison results shows an increase over the micro-regions without them, which would enforce the idea of spillover region and regional importance as described by Drucker (2016) and Lendel (2010). The worst comparative results on all regions, in all cases, were from micro-regions with low population and no HEI.

Conclusions:

Brazil has Engineering HEI's in 181 of a total of 558 micro-regions, a 32% presence. However, when looking at the population that benefits from the presence of the HEI's on their micro-region the percentage duplicates to 66% and close to 130 million have access to this benefits. The presence of HEI's in micro-regions is stronger on the most developed parts of the country, with the Southeast region having as much as 84% of its population affected by HEI's and their presence in 50% of the micro-regions. This again shows the distance from other less developed regions and the great difficulty to equally develop the country.

As previous studies demonstrated, the percentage of high performance engineers was directly correlated to GDP participation. This study can now conclude that the number of abled engineers is equally important when making such comparison as showed in table 2. From this study it is also possible to conclude that the regions with the most need for development have today very fewer graduates per 10.000, showing that this scenario will not change in the near future if actions by the key stakeholders are not taken to balance this numbers. Again the South and Southeast region are leading with over 3 graduates per 10.000 people and regions such as the North and Northeast have a value close to half of that.

Another conclusion is that the least developed regions are the ones "importing" workforce from the other more developed states. Even if this somehow balances the presence of engineers according to the population, the lack of HEI's on that regions prevent the natural benefits and spillovers to be observed. General education, local connection and sustainable development can't be met if the key stakeholders are not completely integrated and compromised on that project.

This paper adds to the current research database, adding a micro-regional assessment and also tendency and distribution analysis not only of the HEI's but the population affected by them. As future research the authors recommends the geographical study of the data matrix, a case-study of the implementation of an HEI over time to understand their impact, the mathematical study of correlation of the raw data and, also, a similar study to the presented here but with a focus on the HRST industry and technical clusters as a development tool instead of education.

A sustainable method to better distribute the HEI's, and also the population, needs to be studied so the country can equally and sustainably develop its regions. As shown by the comparison between 2011 graduates and the most recent abled engineers, several policies need to be implemented to enhance the presence of engineers on the macro-regions with the highest need for development.

Since the presence of HEI's and the population of the micro-regions are directly connected, a possible future study would be the assessment of a cause-and-effect in implementing these HEI's and what would be the success cases in which HEI's are able to increase not only population but also provide the necessary products and beneficial spillovers over the micro-region.

References:

- Andrade, E. de C. (2011). Rankings em educação: tipos, problemas, informações e mudanças. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 41(2), 323–343. <https://doi.org/10.1590/S0101-41612011000200005>
- Barbosa, M. L. de O., & Santos, C. T. (2011). A permeabilidade social das carreiras do ensino superior. *Caderno CRH*, 24(63), 535–554. <https://doi.org/10.1590/S0103-49792011000300006>

- CONFEA. (2016). Confea - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Retrieved October 11, 2016, from <http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>
- Da Costa, E. J. M. (2010). *Arranjos produtivos locais, políticas públicas e desenvolvimento regional*. Brasília: Mais Gráfica Editora.
- De Oliveira, G. B. (2011). Regiões Inteligentes como Estratégia de Desenvolvimento Local. *Revista Orbis Latina*, 1(1), 35–39.
- Devine-Wright, P., Fleming, P. D., & Chadwick, H. (2001). Role of social capital in advancing regional sustainable development. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 19(2), 161–167. <https://doi.org/10.3152/147154601781767096>
- Drucker, J. (2016). Reconsidering the Regional Economic Development Impacts of Higher Education Institutions in the United States. *Regional Studies*, 50(7), 1185–1202. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.986083>
- IBGE. (2012). IBGE :: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Retrieved November 24, 2015, from http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2012/default_xls_1995_2012.shtm
- IBGE. (2014). Contas Nacionais Trimestrais - 2014.IV. Retrieved May 24, 2015, from ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201404caderno.pdf
- INEP. (2011). Relatório Síntese 2011 - Inep. Retrieved November 26, 2015, from <http://portal.inep.gov.br/web/guest/enade/relatorio-sintese-2011>
- INEP. (2015). Enade - Inep. Retrieved November 30, 2015, from <http://portal.inep.gov.br/enade>
- INEP. (2016). Notas Técnicas - Inep. Retrieved October 9, 2016, from <http://portal.inep.gov.br/educacao-superior/indicadores/notas-tecnicas>
- Kakiuthi, A., Tsuji Matsuyama, R., Pisani Pimentel, F., & Martins de Moraes, T. M. (2014). Improving science education through new perspectives. In *2014 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)* (pp. 115–119). <https://doi.org/10.1109/GHTC.2014.6970269>
- Lansu, A., Boon, J., Sloep, P. B., & Dam-Mieras, R. van. (2013). Changing professional demands in sustainable regional development: a curriculum design process to meet transboundary competence. *Journal of Cleaner Production*, 49, 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.019>

- Lendel, I. (2010). The impact of research universities on regional economies: the concept of university products. *Economic Development Quarterly*, (24), 210–230.
<https://doi.org/10.1177/0891242410366561>
- Lins, L. M., Salerno, M. S., Araújo, B. C., Gomes, L. A. V., Nascimento, P. A. M. M., & Toledo, D. (2014). Escassez de Engenheiros no Brasil? *Novos Estudos*, 98, 43–67.
- Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F. J., Waas, T., ... Hugé, J. (2014). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048>
- Maciente, A. N., & Araújo, T. C. (2011). A Demanda por Engenheiros e Profissionais Afins no Mercado de Trabalho Atual. *Radar, Brasília: Ipea*, (12), 43–54.
- Nascimento, P. A. M. M. (2011). Há escassez generalizada de profissionais de carreiras técnico-científicas no Brasil? Uma análise a partir de dados do CAGED. *Mercado de Trabalho*, 49, 20.
- Nascimento, P., MACIENTE, A., GUSSO, D., Araújo, T. C., & Silva, A. P. T. (2010). Escassez de engenheiros: realmente um risco. *Radar, Brasília: Ipea*, (6), 3–8.
- Pederneiras, M. M. M., Lopes, J. E. de G., Filho, R., Francisco, J., & Feitosa, M. G. G. (2011). Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes na visão de líderes formais. *Ensaio: Avaliação E Políticas Públicas Em Educação*, 19(71), 381–400. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362011000300009>
- PNUD, IPEA, & Fundação João Pinheiro. (2013). Início | Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Retrieved January 3, 2016, from <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>
- Quandt, C. O. (1997). Inovação, Competitividade e Desenvolvimento Regional: os desafios da reestruturação produtiva do Estado. *R. Paran. Desenv.*, (91), 9–32.
- Salerno, M. S., Lins, L. M., Araújo, B. C., Gomes, L. A. V., Toledo, D., & Nascimento, P. A. M. M. (2014). Uma proposta de sistematização do debate sobre falta de engenheiros no Brasil. Retrieved from <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3142>

- Stephens, J. C., Hernandez, M. E., Román, M., Graham, A. C., & Scholz, R. W. (2008). Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(3), 317–338. <https://doi.org/10.1108/14676370810885916>
- Vyshkin, E. G. (2015). INTRODUCING SUSTAINABLE DEVELOPMENT PHILOSOPHY INTO ENGINEERING EDUCATION. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 2, 95.
<https://doi.org/10.17770/etr2009vol2.1037>
- Zilahy, G., & Huisinigh, D. (2009). The roles of academia in Regional Sustainability Initiatives. *Journal of Cleaner Production*, 17(12), 1057–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.03.018>

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa realizada, conclui-se que o fator regional é importante para o desenvolvimento, seja através de *clusters*, como sugerido por Oliveira (2011), seja por meio da implantação de estrutura de apoio à inovação sugerida por Quandt (1997). Outros fatores foram destacados, tais como o capital social, o desenho de currículos e a importância das universidades. Este estudo, porém, limitou-se a entender a quantidade e qualidade de formação de engenheiros regional, deixando para estudos futuros outras análises.

O fator regional foi a lacuna verificada nos trabalhos sobre escassez, e o preenchimento desta traz melhor compreensão do cenário atual de formação. Partindo de uma hipótese de escassez regional de engenheiros que poderia justificar o fraco desempenho do PIB presente no Brasil, verifica-se que os dados analisados apontam que não há escassez estrutural de engenheiros, fato provado tanto pelos estudos de tendência de Souza e Domingues (2014) como na análise de Lins et al. (2014). A análise realizada nesta pesquisa permite concluir que a qualidade e a distribuição de engenheiros apontam para problemas regionais, com distribuição desigual tanto de faculdades com bons conceitos (CPC 4 e 5) como de profissionais no território.

A descoberta de Lins et al. (2014), que apontou a incapacidade de o país atingir o ponto esperado de Renda Per Capita para a quantidade de HRST presente, não pode ser explicada diretamente com a contribuição de Maciente e Araújo (2011) sobre o percentual de engenheiros em ocupações típicas, pois as análises da OECD levam em conta toda a mão de obra e não somente as que estão nas ocupações típicas; porém, com as novas informações de impacto regional, fica claro que a disparidade de contribuição deve tornar-se fator a ser considerado em trabalhos futuros.

A qualidade da formação dos engenheiros, já que somente 20% de todos os egressos de engenharia possuem conceito bom (ENADE 4 e 5), certamente é um obstáculo para o pleno desenvolvimento do país. Este cenário mostra um grande desafio para o desenvolvimento nas carreiras STEM e pode ajudar a explicar o resultado de ocupação encontrado por Maciente e Araújo (2011), embora devam ser considerados outros fatores significativos na ocupação (presença de emprego típico, salários, etc.), conforme discutido no artigo *Engineering Education as a development factor in Brazil* (POMS).

A pesquisa permitiu entender a relação entre as escolas de engenharia e a evolução do PIB. A revisão bibliográfica não cita o problema de disparidade de composição do PIB porém,

conforme discutido no artigo *Sustainable Economic Development and High Quality Engineering Education* (APMS), a desigualdade de oferta de escolas entre as macrorregiões é significativa para a disparidade de contribuição do PIB. Esta desigualdade de distribuição poderia justificar a incapacidade de o país atingir a renda per capita esperada para a quantidade de mão de obra técnica disponível, identificado em Lins et al. (2014), já que as macrorregiões seriam incapazes de contribuir igualitariamente para o desenvolvimento do país, dificultando a obtenção da média sugerida pela.

A análise pontual das cidades que possuem boa formação de engenheiros, conforme discutido no artigo POMS, concluiu principalmente que, nos municípios onde há presença de bons formandos das escolas de engenharia (conceitos ENADE 4 e 5), também existem melhoras significativas de condições não somente econômicas, mas sociais. Os principais resultados são resumidos na tabela 7 abaixo. No entanto, uma observação deve ser feita sobre a importância das capitais dos estados: por serem o centro do governo estadual e terem maior população e um maior movimento, essas cidades apresentam condições atípicas que não podem ser devidamente quantificadas.

Tabela 7 – Comparação das Cidades com boas IES (CPC4 e CPC5) com indicadores estaduais

Indicador	Total de Cidades com Boas IES	Cidades com melhor desempenho do que o Estado	Cidades pior desempenho do que o Estado	% de cidades com boas IES com desempenho melhor do que o Estado
IDH	95	78	17	82,10%
RPC	95	65	30	68,42%
GINI	95	73	22	76,84%

Obs.: Dados comparativos com referência estadual

A análise do transbordamento, conforme discutido principalmente por Drucker (2016), bem como outras contribuição das Escolas de Engenharia, conforme Lendel (2010), são igualmente importantes pois existe impacto positivo com a presença das IES na microrregião que estão inseridas conforme pode ser visto na Tabela 1 do artigo da *Production*. Neste caso, a presença de escolas de engenharia, independente do conceito, permitiu um possível aumento de Educação e Renda, conforme mostrado pelos indicadores IDH_E e IDH_R.

Porém a maior contribuição desta pesquisa fica a cargo da tabela 2 do artigo *Sustainable Development and Engineering Education: An analysis of Brazil's Micro-Regional Scenario*

(Production), que traz valores significativos para a porcentagem de engenheiros habilitados pelo CONFEA e que trabalham em ocupações típicas, e da composição do PIB. Neste sentido, o estudo mostrou que mais importante que a qualidade de formação é a sua localização geográfica, já que a quantidade de engenheiros habilitados na região (formados localmente ou importados) é o fator mais próximo da composição do PIB macrorregional encontrada em toda a pesquisa.

Tabela 8 – Distribuição da População, Engenheiros Habilitados e PIB nas macrorregiões brasileiras

Região	% da População	% Engº Habilitados	% Participação PIB
Centro-Oeste	8,90	7,42	8,74
Nordeste	27,37	13,54	12,20
Norte	8,18	4,70	4,92
Sudeste	41,43	57,63	59,38
Sul	14,12	16,71	14,75

Esta conclusão traz impactos diretos para possíveis políticas de desenvolvimento, tanto das regiões quanto do ensino de engenharia. A quantidade de engenheiros habilitados, inclusive, não segue a população e as tendências de formação levantadas, o que já induz uma “importação” das regiões menos desenvolvidas de engenheiros. Esse fator, embora consiga resolver temporariamente o problema, não é capaz de solucioná-lo no longo prazo, pois fatores regionais não são levados em conta na formação destes engenheiros.

É importante notar também que não foi possível, durante a pesquisa, encontrar uma relação de causa-efeito e, devido à complexidade do tema, é pouco provável que uma relação tão simples seja encontrada. O mais provável é uma relação complexa da composição do PIB não somente com os recursos humanos (formados pelas Escolas de Engenharia) como com outros pontos levantados neste estudo, tais como Capital Social, Currículo e Regiões Inovadoras.

5.1 Recomendação para Trabalhos Futuros

Recomenda-se como trabalho futuro a discussão da presença de engenheiros nas micro e macrorregiões brasileiras, que pode ser entendida através de polos de inovação e *clusters* produtivos.

Outro estudo recomendado é a repetição da metodologia utilizada neste estudo para outras formações STEM, com o objetivo de verificar os impactos e a comparação com os resultados de Engenharia. Estudos podem ser repetidos também com outras formações não ligadas a STEM para verificar a sua relação direta com o PIB.

Por último, sugere-se que a metodologia seja aplicada em outros países para verificar se estamos tratando de um caso específico brasileiro ou de uma tendência global.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, K. G. Is Skill Mismatch Impeding U.S. Economic Recovery? **ILR Review**, v. 68, n. 2, p. 291–313, 1 mar. 2015.

AVARD, G.; ZENIOS, M. Curriculum Framework Considerations for Introducing Networked Learning within a Career-Focused Higher Education Institution. 2012.

BUTZ, W. et al. **Is There a Shortage of Scientists and Engineers? How Would We Know?**. Product Page. Disponível em: <http://www.rand.org/pubs/issue_papers/IP241.html>. Acesso em: 13 abr. 2015.

CAPPELLI, P. H. Will There Really Be a Labor Shortage? **Organizational Dynamics**, v. 32, n. 3, p. 221–233, ago. 2003.

CAPPELLI, P. H. Skill Gaps, Skill Shortages, and Skill Mismatches Evidence and Arguments for the United States. **ILR Review**, v. 68, n. 2, p. 251–290, 1 mar. 2015.

CONFEEA. **Confea - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia**. Disponível em: <<http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>>. Acesso em: 11 out. 2016.

DEVINE-WRIGHT, P.; FLEMING, P. D.; CHADWICK, H. Role of social capital in advancing regional sustainable development. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 19, n. 2, p. 161–167, jun. 2001.

DRUCKER, J. Reconsidering the Regional Economic Development Impacts of Higher Education Institutions in the United States. **Regional Studies**, v. 50, n. 7, p. 1185–1202, 2 jul. 2016.

EICHHORST, W. et al. A Road Map to Vocational Education and Training in Industrialized Countries. **ILR Review**, v. 68, n. 2, p. 314–337, 1 mar. 2015.

GREEN, F.; MACHIN, S.; WILKINSON, D. The Meaning and Determinants of Skills Shortages. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 60, n. 2, p. 165–187, maio 1998.

IBGE. **IBGE :: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2012/default_xls_1995_2012.shtm>. Acesso em: 24 nov. 2015.

IBGE. **Contas Nacionais Trimestrais - 2014.IV**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201404caderno.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2015.

IBGE. **IBGE :: Microrregiões**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartogramas/microrregiao.html>>. Acesso em: 5 dez. 2016.

INEP. **Relatório Síntese 2011 - Inep**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/enade/relatorio-sintese-2011>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

INEP. **Enade - Inep**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/enade>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

INEP. **Notas Técnicas - Inep**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/educacao-superior/indicadores/notas-tecnicas>>. Acesso em: 9 out. 2016.

KAHN, L. M. Skill Shortages, Mismatches, and Structural Unemployment A Symposium. **ILR Review**, v. 68, n. 2, p. 247–250, 1 mar. 2015.

KAKIUTHI, A. et al. **Improving science education through new perspectives**. 2014 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC). **Anais...** In: 2014 IEEE GLOBAL HUMANITARIAN TECHNOLOGY CONFERENCE (GHTC). out. 2014

LANSU, A. et al. Changing professional demands in sustainable regional development: a curriculum design process to meet transboundary competence. **Journal of Cleaner Production**, Learning for sustainable development in regional networks. v. 49, p. 123–133, jun. 2013.

LENDEL, I. The impact of research universities on regional economies: the concept of university products. **Economic Development Quarterly**, n. 24, p. 210–230, 2010.

LINS, L. M. et al. Escassez de Engenheiros no Brasil? **Novos Estudos**, v. 98, p. 43–67, mar. 2014.

LITZINGER, T. A. et al. Engineering Education and the Development of Expertise. **Journal of Engineering Education**, v. 100, p. 123–150, jan. 2011.

MACIENTE, A. N.; ARAÚJO, T. C. A Demanda por Engenheiros e Profissionais Afins no Mercado de Trabalho Atual. **Radar, Brasília: Ipea**, n. 12, p. 43–54, mar. 2011.

MAZZONI, M.; QUEIROZ, S. R.; CONSONI, F. Uma análise sobre a escassez de mão-de-obra qualificada e o emprego formal de engenheiros no Brasil. **XIII SEMEAD - Seminários em Administração**, set. 2010.

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**, v. 49, p. 20, 2011.

OLIVEIRA, G. B. DE. Regiões Inteligentes como Estratégia de Desenvolvimento Local. **Revista Orbis Latina**, v. 1, n. 1, p. 35–39, 2011.

PNUD; IPEA; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Início | Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 3 jan. 2016.

QUANDT, C. O. Inovação, Competitividade e Desenvolvimento Regional: os desafios da reestruturação produtiva do Estado. **R. Paran. Desenv.**, n. 91, p. 9–32, ago. 1997.

QUANDT, C. O. Inovação e Território: Elementos para a Formulação de Políticas de Capacitação Tecnológica e Desenvolvimento Regional. 1998.

SALERNO, M. S. et al. Uma proposta de sistematização do debate sobre falta de engenheiros no Brasil. **Radar**, Série monográfica. v. 1983, p. 7–43, 2014.

SEVEN, Ü.; YETKINER, H. Financial intermediation and economic growth: Does income matter? **Economic Systems**, v. 40, n. 1, p. 39–58, mar. 2016.

SOUZA, K. B. DE; DOMINGUES, E. P. Mapeamento e Projeção da Demanda por Engenheiros por Categoria, Setor e Microrregiões Brasileiras. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 44, n. 2, p. 373–404, 1 ago. 2014.

STEPHENS, J. C. et al. Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 9, n. 3, p. 317–338, 11 jul. 2008.

TOZZI, M. J.; TOZZI, A. R. **Escassez de Engenheiros no Brasil: Mito ou realidade?**. XXXIC Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia–COBENGE, Blumenau, SC, Brazil. Retrived from <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1579.pdf>. **Anais...2011** Disponível em: <<http://www3.fsa.br/LocalUser/cobenge2011/sextoestec/art1579.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2015

ZILAHY, G.; HUISINGH, D. The roles of academia in Regional Sustainability Initiatives. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 12, p. 1057–1066, ago. 2009.