



**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de ciência aplicadas**

Waini Volpe

**Análise dos cursos de engenharia de produção no contexto de
formação dos engenheiros para o ambiente da indústria 4.0.**

**Analysis of the courses of production engineering in the context of
training of engineers for the industry environment 4.0.**

Limeira

2019

Waini Volpe

Análise dos cursos de engenharia de produção no contexto de formação dos engenheiros para o ambiente da indústria 4.0.

Analysis of the courses of industrial engineering in the context of training of engineers for the industry 4.0 environment.

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Aplicadas /Instituto da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura, na área de Pesquisa Operacional e Gestão de Processos.

Dissertation presented to the Faculty of Applied Sciences / Institute of the State University of Campinas as part of the requirements required to obtain a Master's Degree in Production and Manufacturing Engineering in the area of Operational Research and Process Management.

Orientador: ALESSANDRO LUCAS DA SILVA

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO WAINI
VOLPE, E ORIENTADA PELO PROF.
DR. ALESSANDRO LUCAS DA SILVA

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

V888a Volpe, Waini, 1970-
Análise dos cursos de engenharia de produção no contexto de formação dos engenheiros para o ambiente da Indústria 4.0 / Waini Volpe. – Limeira, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Alessandro Lucas Da Silva.
Coorientadores: Paulo Sérgio De Arruda Ignácio e Francisco Ignácio Giocondo Cesar.
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Indústria 4.0. 2. Aptidão. 3. Desempenho. 4. Ensino superior. 5. Engenharia de produção. I. Silva, Alessandro Lucas da, 1976-. II. Ignácio, Paulo Sérgio De Arruda, 1963-. III. Cesar, Francisco Giocondo Ignácio. IV. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. V. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Analysis of the courses of industrial engineering in the context of training of engineers for the industry 4.0 environment

Palavras-chave em inglês:

Industry 4.0

Skills & competences

Performance

Education, Higher

Production engineering

Área de concentração: Pesquisa Operacional e Gestão de Processos

Titulação: Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura

Banca examinadora:

Alessandro Lucas Da Silva [Orientador]

Ieda Kanashiro Makiya

André De Lima

Data de defesa: 15-02-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia de Produção e de Manufatura

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-4851-7968>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/4369827737215952>

Waini Volpe

**Análise dos cursos de engenharia de produção no contexto de
formação dos engenheiros para o ambiente da indústria 4.0.**

Prof. Dr Ricardo Floriano
Coordendor do programa

Banca examinadora

Prof. Dr. Alessandro Lucas Da Silva
Faculdade Ciências Aplicadas Unicamp
Presidente

Prof. Dra. Ieda Kanashiro Makiya
Faculdade Ciências Aplicadas Unicamp

Prof. Dr. André de Lima
Escola de Engenharia de Piracicaba

Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Aos que acreditaram mais em mim do que eu mesmo, sempre.
Minhas amadas filha e esposa.

Agradecimentos

À Faculdade de Ciências Aplicadas da Unicamp.

Ao corpo docente da instituição.

Ao CENPRO, centro de pesquisa em engenharia de produção.

Ao meu orientador Alessandro que foi figura sempre presente e apoiadora.

A meus coorientadores Paulo Sérgio De Arruda Ignácio e Francisco Ignácio
Giocondo Cesar.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001"
"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001"

“Aprender é a única coisa que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende”

Leonardo Da Vinci

RESUMO

A quarta revolução industrial traz em si um processo de transformação sócio econômico profundo, com alterações expressivas no comportamento das relações comerciais, industriais e pessoais. Especificamente, as indústrias enfrentam hoje um mundo bastante globalizado e amplamente conectado, os desafios a serem vencidos são cada vez maiores. Agilidade e assertividade são essenciais para inovar e atender demandas mundiais cada vez mais personalizadas e rápidas. A produção tem se tornado cada dia mais inteligente e flexível para adequar capacidades produtivas e atender as expectativas dos clientes. O que eram simples processos, se tornaram linhas automatizadas, processos complexos e interligados. No centro desse turbilhão concentram-se as pessoas que precisam ser capazes de lidar com essa complexidade de forma estratégica. Nesse sentido, qualificar os profissionais é uma necessidade eminente. Apontada como uma das vertentes de capacitação para a Indústria 4.0 (I4.0), as instituições de ensino superior são o foco desse estudo para identificar se os profissionais que atuarão nesse ambiente estão sendo capacitados para enfrentar esses desafios. Especificamente, apontada em vários relatórios como a Engenharia integradora de tecnologia, automação e gestão, a Engenharia de produção entra em voga como um dos personagens centrais no fornecimento de profissionais que conduzirão processos de implementação da I4.0. Assim o objetivo desse trabalho é analisar se a matriz curricular oferecida por cinco instituições de ensino superior do Estado de São Paulo, dos cursos de Engenharia de Produção tem munido os profissionais de habilidades e competências que lhes permitam transitar nesse ambiente buscando soluções alinhadas com esse novo cenário. Para tal, foi realizada uma revisão bibliográfica abordando artigos científicos e os relatórios emitidos pelos principais países na vanguarda da Indústria 4.0. Buscou-se com isso identificar os principais desafios e as habilidades e competências necessárias para um profissional atuar na Indústria 4.0, neste caso em específico, o Engenheiro de Produção. Além disso, foram levantadas as matrizes curriculares dos cursos de engenharia de produção de 5 importantes instituições públicas de ensino do Estado de São Paulo. A partir de todos esses dados levantados, foi realizada uma análise com intuito de identificar o quanto próximo estão esses cursos de Engenharia de Produção com os requisitos da nova era industrial.

Palavras chave: Indústria 4.0, Habilidades e Competências, Análise, People Analytics

ABSTRACT

The fourth industrial revolution has in itself a process of deep socio-economic transformation, with significant changes in the behavior of commercial, industrial and personal relations. Specifically, industries face today a globalized and widely connected world, the challenges to be overcome are increasing. Agility and assertiveness are essential to innovate and meet ever more personalized and faster world demands. Production has become increasingly intelligent and flexible in order to adapt production capacities and meet customer expectations. What were simple processes, became automated lines, complex and interconnected processes. At the center of this whirlwind are the people who need to be able to deal with this complexity in a strategic way. In this sense, qualifying professionals is an eminent necessity. Pointed as one of the training strands for Industry 4.0 (I4.0), higher education institutions are the focus of this study to identify if the professionals who will work in this environment are being trained to face these challenges. Specifically, pointed out in several reports such as Engineering integrating technology, automation and management, Industrial Engineering comes into vogue as one of the central characters in the supply of professionals who will drive I4.0 implementation processes. Thus, the objective of this work is to analyze if the curricular matrix offered by five institutions of higher education of the State of São Paulo, of the courses of Industrial Engineering has provided professionals with skills and competences that allow them to transit in this environment seeking solutions aligned with this new scenario. For this, a bibliographic review was carried out addressing scientific articles and the reports issued by the main countries at the forefront of Industry 4.0. The main challenges and skills and competences needed for a current professional in Industry 4.0, in this specific case, the Industrial Engineer were identified. In addition, the curricular matrices of the production engineering courses of five important public education institutions of the State of São Paulo were raised. From all these data, an analysis was carried out in order to identify how close these Industrial Engineering courses are to the requirements of the new industrial era.

Keywords: Industry 4.0, Skills & Competences, Analysis, People Analytics

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Engenharia de ponta a ponta | 17 |
| Figura 2 - Integração tecnologias | 25 |
| Figura 3 – Classificação da pesquisa | 30 |
| Figura 4 - Plano abordagem bibliográfica | 31 |
| Figura 5 - Quatro cenários futuros China 2025..... | 36 |
| Figura 6 - Grau de importância das tendências | 38 |
| Figura 7 - Mapa mental direcionamentos Alemanha | 49 |
| Figura 8 - Vias de carreira | 52 |
| Figura 9 - Mapa mental direcionamentos USA | 55 |
| Figura 10 - Mapa mental direcionamentos China | 60 |
| Figura 11 - Mapa mental direcionamentos Brasil | 63 |
| Figura 12 - Direcionadores e ações recomendadas | 65 |
| Figura 13 - Abordagem dos relatórios | 66 |
| Figura 14 - Etapas do processo de seleção dos artigos | 70 |
| Figura 15 - Formulário de extração | 71 |
| Figura 16 - Distribuição do conteúdo por núcleo | 94 |

Lista de Quadros

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Matriz de desafios gerais | 41 |
| Quadro 2 - Resumo dos direcionamentos do plano de ação | 42 |
| Quadro 3 - Resumo dos direcionamentos do plano de ação da Alemanha | 43 |
| Quadro 4 – Resumo dos direcionamentos do plano de ação dos EUA | 50 |
| Quadro 5 – Resumo dos direcionamentos do plano de ação da China | 56 |
| Quadro 6 – Resumo dos direcionamentos do plano de ação do Brasil | 61 |
| Quadro 7 – Matriz de habilidades, competências e outros | 73 |
| Quadro 8 – Contexto das habilidades e competências..... | 75 |
| Quadro 9 - Instituições públicas gratuitas que oferecem o curso de Engenharia de Produção no estado | 80 |
| Quadro 10 – Perfil do egresso em Engenharia de Produção..... | 87 |
| Quadro 11 – Competências e habilidades PPP..... | 89 |
| Quadro 12 – Graduação do corpo docente por área do conhecimento | 98 |
| Quadro 13 – Competências e habilidades das universidades internacionais | 104 |
| Quadro 14 – Matriz comparativa das universidades brasileiras e I4.0..... | 106 |
| Quadro 15 – Matriz comparativa das universidades americanas e alemãs e I4.0 .. | 108 |

Lista de tabelas

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Número de vagas nas universidades por dependência administrativa e percentual de aumento entre 1997 e 2013 | 79 |
| Tabela 2 - Participação estadual das engenharias | 80 |
| Tabela 3 - Panorama indústria, emprego e vagas por região | 81 |
| Tabela 4 - Participação no total de cursos de engenharia oferecidos | 82 |
| Tabela 5 - Evolução oferta cursos engenharia | 83 |
| Tabela 6 - Graduação do corpo docente | 97 |
| Tabela 7 – Influência do corpo docente..... | 107 |

Sumário

| | |
|--|-----------|
| 1. Introdução..... | 15 |
| 1.1 Objetivos | 18 |
| 1.2 Justificativa | 19 |
| 1.3 Delimitação do estudo | 21 |
| 1.4 Organização da dissertação..... | 21 |
| 2. Industria 4.0..... | 23 |
| 2.1 Visão geral da indústria 4.0 | 23 |
| 2.2 Iniciativas 4.0 | 26 |
| 3. Aspectos metodológicos | 28 |
| 3.1 Classificação da pesquisa | 28 |
| 3.2 Coleta e obtenção de dados..... | 30 |
| 3.3 Análise relatórios I4.0 | 32 |
| 3.3.1 Relatório I4.0 Alemanha..... | 32 |
| 3.3.2 Relatório I4.0 USA | 33 |
| 3.3.3 Relatório I4.0 China | 35 |
| 3.3.4 Relatório I4.0 Brasil | 39 |
| 3.3.5 Considerações sobre os relatórios | 40 |
| 3.4 Direcionadores formação..... | 43 |
| 3.3.1 Direcionadores de formação da Alemanha..... | 43 |
| 3.4.2 Direcionadores de formação dos EUA | 50 |
| 3.4.3 Direcionadores de formação da China | 56 |
| 3.4.4 Direcionadores de formação do Brasil | 61 |
| 3.2.9 Considerações sobre os direcionadores de formação | 64 |
| 3.5 Habilidades e competências | 67 |
| 3.5.1 Contexto | 67 |
| 3.5.2 Definição de habilidades e competências..... | 68 |
| 3.5.3 Habilidades e competências na I4.0..... | 68 |
| 3.5.4 Considerações sobre habilidades e competências na I4.0..... | 74 |
| 4. Estudo de caso | 76 |
| 4.1 Estrutura universitária pública e Engenharia de produção..... | 76 |
| 4.2 Visão geral das universidades no Brasil | 76 |
| 4.3 Universidades públicas de São Paulo | 78 |
| 4.4 Engenharia de produção..... | 81 |
| 4.4.1 Histórico da Engenharia de Produção..... | 83 |

| | |
|--|------------|
| 4.5 Formação do Engenheiro de Produção..... | 84 |
| 4.5.1 Diretrizes curriculares..... | 84 |
| 4.6 Regulamentação profissional | 98 |
| 4.6.1 ABEPRO..... | 100 |
| 4.7 Universidades internacionais | 102 |
| 4.7.1 Universidades americanas..... | 102 |
| 4.7.2 Universidades alemãs..... | 103 |
| 4.7.3 Considerações sobre as universidades internacionais | 103 |
| 5. Análise dos resultados..... | 105 |
| 5.1 Análise do desenvolvimento das habilidades e competências | 105 |
| 5.2 Análise das iniciativas em outros países..... | 107 |
| 6. Considerações finais | 109 |
| 6.2 Contribuições..... | 110 |
| 6.3 Proposta de pesquisas futuras..... | 111 |
| 7. Bibliografia | 112 |

Capítulo 1

1. Introdução

Este capítulo visa a contextualização do tema apresentado nesse trabalho, os elementos motivadores das direções adotadas e os objetivos propostos. Por último, é apresentada a organização do trabalho para os próximos capítulos.

A palavra “revolução” remete ao entendimento de mudança radical e rápida. Historicamente esta tem ocorrido pela introdução de novas formas de percepção de mundo e novas tecnologias, desencadeando alterações profundas na sociedade e nos sistemas econômicos. A partir da transição do cultivo de subsistência para a agricultura, animais foram domesticados e utilizados para aumento da produção, transporte e comunicação, estimulando assim a revolução agrícola, o crescimento populacional e demandas nas cidades. Seguindo essa revolução a industrialização promoveu outras revoluções: a primeira com a mecanização, seguida pela introdução da energia elétrica, depois introdução da tecnologia e a automação dos processos, culminando na quarta revolução industrial (SCHWAB, 2016).

Uma Revolução industrial se caracteriza pelas alterações nos sistemas tecnológicos e econômicos na indústria, principalmente no que se refere ao mundo do trabalho, mudanças das condições de vida da sociedade e na forma como a riqueza é distribuída (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014).

Assim, os sistemas de produção atuais têm passado por uma completa revolução. Esta revolução tem impacto desde a forma como os produtos são fabricados até na forma como os processos produtivos são gerenciados. Neste novo contexto, por consequência, além do impacto nos processos e fabricação, vem ocorrendo uma crescente alteração também nos modelos de negócio, modelo de desenvolvimento das atividades relacionadas ao trabalho e ao seu ambiente, evidenciando, portanto, um importante acontecimento histórico (SCHWAB, 2016). Esta nova era da indústria tem sido denominada de I4.0.

De acordo com Schwab (2016) o termo “Industria 4.0” começou a ser usado na Alemanha a partir de 2011 na feira de Hannover e caracteriza a integração da cadeia de valor através da virtualização e, sistemas *cyber* físicos atuando nos processos de manufatura de forma cooperativa e flexível. Anderl (2014) caracteriza a I4.0 como altamente complexa pela integração de seus processos, produtos e serviços.

A complexidade da I4.0 tem impulsionado alguns países a pesquisar e se preparar para esse novo contexto, emitindo relatórios que abordam os desafios e oportunidades desse cenário no presente e no futuro, prospectando direcionamentos e recomendações para o processo de implementação, com objetivos claros e bem definidos, criando assim uma base de sustentação que apoiará o processo de transformação ao longo dos horizontes planejados por cada um dos países.

A Alemanha, por exemplo, em seu relatório emitido pela Acatech (Academia Nacional de Ciência e Engenharia) apresenta uma busca pela adequação a esse novo cenário industrial. Esta tem como objetivo se tornar líder mundial em Indústria e engenharia de fabricação (KAGERMANN, et al, 2013).

A China com o relatório do projeto *Dragon Star* produzido pela parceria Laboratório Phemonoe (Emetris Consulting) e PRAXI / FORTH, financiado pela Comissão Europeia (INCO / FP7), projeta o objetivo de transformar o país de fabricante de produtos de baixo custo para produtos de alta tecnologia (HOWELL et al, 2015).

Os EUA, por sua vez, desenvolveram um estudo por meio do National Network for Manufacturing Innovation Program (NNMI, 2016), com a finalidade de manutenção da superioridade tecnológica.

No Brasil, estudos têm sido realizados pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) e outros órgãos, de forma independente, com iniciativas pontuais, com o objetivo de promover o aumento da competitividade pela adoção de novas tecnologias (CNI a, 2016).

Em todos esses relatórios são considerados os aspectos econômicos, de segurança, técnicos e humanos como os mais importantes. Destes cabe destaque ao aspecto humano com a convergência de citação nos relatórios da Alemanha, China e EUA para dois pontos importantes: programas de formação e o desenvolvimento de habilidades e competências específicas para a I4.0 (KAGERMANN, 2013; CNI, 2016; NNMI, 2016; HOWELL et al, 2015).

Nesse compêndio, o primeiro ponto, programas de formação, pode ser analisado sob duas óticas complementares: uma a de formação *in company* com programas de treinamento continuado, criação de ambientes colaborativos para treinamento, entre outros. Essa ótica tem sido mais enfatizada nos relatórios da Alemanha e USA que já possuem um parque industrial mais desenvolvido tecnologicamente.

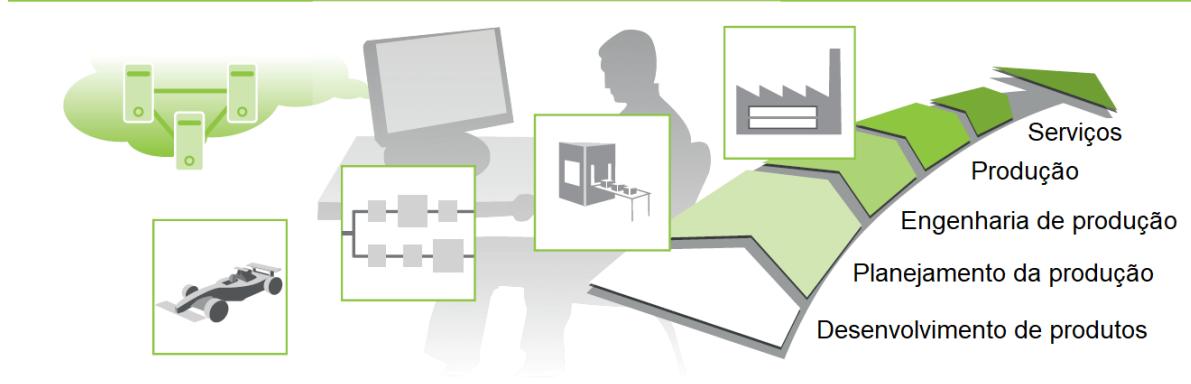
A outra visa uma formação de base mais acadêmica, concentrada nas áreas da ciência, tecnologia, engenharia e manufatura. Essa ótica mostra-se mais presente nos países menos estruturados tecnologicamente, neste caso, China e Brasil.

O segundo ponto, habilidades e competências, converge com as duas óticas de formação, pois as habilidades e competências podem ser desenvolvidas nos dois ambientes, um pela prática funcional e outro pela transferência de conhecimento pelas instituições de ensino superior (NNMI, 2016; KAGERMANN, 2013; CNI, 2016; HOWELL *et al*, 2015).

Tendo em consideração que ambientes tecnológicos voltados ao aprendizado *in company* não são uma realidade concreta em todos os países, sobretudo no Brasil, é preciso abordar o tema da formação institucional como prioritário até que condições de desenvolvimento das habilidades *in company* seja uma possibilidade plausível. Portanto, é necessário entender a caminhada até uma 4.0 como um processo evolutivo, sendo que as experiências e tecnologias básicas deverão ser adaptadas aos requisitos específicos da engenharia de produção e inovação para exploração de novos mercados (RAS *et al*, 2017).

Uma integração vertical nos campos de engenharia de produção, engenharia de automação e Tecnologia da informação (TI) é requerida para entregar soluções que abranjam diferentes níveis hierárquicos, com sistemas próprios para suportar toda a cadeia de valor (RAS *et al*, 2017), ou seja, uma solução de ponta a ponta conforme a apresentada no relatório de Kagermann (2013) (Figura 1), que sugere soluções que abranjam do desenvolvimento à prestação de serviços na cadeia de valor de forma integrada.

Figura 1 - Engenharia de ponta a ponta



Fonte: Kagermann, 2013

Desse modo, um dos desafios está na necessidade de convergência das abordagens das engenharias de produção, processos, mecânica e de automação, com TI para a formação de uma visão única acerca da I 4.0. Portanto, as engenharias desempenham um papel fundamental de integração, desenvolvimento e treinamento no processo de evolução da indústria atual para a I 4.0. Assim a conquista dos espaços na indústria do futuro para engenheiros e profissionais está atrelada ao desenvolvimento de novas habilidades, principalmente com o incremento da complexidade das operações nos trabalhos colaborativos demandando criatividade (KAGERMANN, 2013).

Pesquisas realizadas com relação a I4.0 tem abordado diversas perspectivas e, as mais comuns são as relacionadas a requisitos do sistema, que compreende as questões técnicas e as relacionadas a pessoas, destacando-se as habilidades, competências e conhecimentos específicos (PFEIFFER, 2015).

Contudo uma abordagem que integre as habilidades, competências e a formação dos profissionais ainda é pouco analisada e constitui oportunidade clara de aprofundamento. Leis nacionais e diretrizes curriculares apontam caminhos e sugerem uma composição de matrizes curriculares para cursos específicos (MECa, 2018) como elementos de desenvolvimento das habilidades e competências dos profissionais em formação nas instituições de ensino superior.

Neste contexto, este trabalho busca responder a seguinte questão de pesquisa:

As matrizes curriculares dos cursos de engenharia de produção oferecidas pelas 5 principais instituições públicas de ensino superior do Estado de São Paulo fornecem as principais habilidades e competências requeridas no ambiente da I4.0?

1.1 Objetivos

Como objetivos geral e específicos desta pesquisa, tem-se:

Objetivo geral

Analisar se as matrizes curriculares oferecidas pelas Principais universidades públicas do estado de São Paulo, ou seja, UFSCAR, USP, Unicamp, Unesp e IFSP, estão aderentes com as habilidades e competências requeridas pela I4.0

Objetivos específicos

- Identificar os principais desafios aos profissionais da Indústria 4.0.

- Identificar as principais habilidades, competências e conhecimentos requeridos no contexto da Indústria 4.0.
- Levantar a visão de alguns países sobre essa nova revolução industrial.

1.2 Justificativa

I 4.0 é uma mudança sistêmica que provoca profundas alterações no mundo do trabalho. Mais do que um incremento dos sistemas de trabalho esta promove novas formas de aplicação de uma gama gigante de tecnologias com distintos graus de maturidade e eficiência (PFEIFFER, 2015).

A I 4.0 representa assim um novo desafio, mesmo para empresas com experiências já consolidadas na introdução de novas tecnologias. Diante de uma mudança tão profunda é necessário prover a engenharia e produção com treinamento e qualificação para enfrentar esse desafio (KAGERMANN, 2013).

Qualificação e desenvolvimento de habilidades são consideradas como substancialmente importantes para o desenvolvimento da I4.0 e, até pouco tempo, tratadas de forma bastante geral, centrando-se nas interrelações das habilidades e competências sociais com as de TI. O que ocorre atualmente é um consenso de que os requisitos estão aumentando e, enxergam as pessoas como altamente importantes nas estratégias de produção global e para intervir em processos altamente complexos devem ter conhecimentos e capacidades sobre as técnicas e métodos do ambiente em que estão inseridos. De maneira geral o que se tem discutido até agora com relação as exigências de qualificação da I4.0 são embrionários e, normalmente, direcionados a competências genéricas e sociais direcionadas para uma demanda relacionadas as habilidades em TI. São muito poucos os estudos que referenciem os currículos ou os perfis de profissionais e, nenhum destes tentou vincular a demanda atual com os requisitos futuros (PFEIFFER, 2015).

Para prover uma análise com bons fundamentos é preciso colocar como pré-requisitos um conhecimento atual e detalhado dos eixos que sustentam o processo de qualificação do profissional da I4.0. Embora existam diversos estudos com temas altamente relevantes com relação ao trabalho, estes ainda são insuficientes para abranger as mudanças no processo de formação dos profissionais e montar uma base conectada com os requisitos. Para reforçar esse cenário, a Europa colocou em sua agenda de competências um plano de ação voltado à revisão das competências

essenciais direcionadas ao aprendizado e a atualização do ensino e formação dos profissionais que atuarão no ambiente da I4.0 (RAS *et al*, 2017).

Assim, as iniciativas governamentais ligadas à I4.0 têm priorizado essencialmente o preenchimento dos gaps gerados pela demanda pouco objetiva dos requisitos de formação apresentados nos trabalhos que abordam o tema (PFEIFFER, 2015) e, pela crescente falta de qualificação específica (RAS *et al*, 2017).

Partindo desses dois *gaps* pode-se associar fatos como: a engenharia de produção concentra as maiores características, por concepção, para absorver e preencher esses gaps (KAGERMANN, 2013; NNMI, 2016); a projeção de um aumento de 30% na demanda por profissionais da produção (RAS *et al*, 2017); as recomendações para reavaliação e adequação dos cursos de formação dos engenheiros de produção pelas instituições de ensino superior (CNI, 2016; HOWELL *et al*, 2015), reforçado pela LDB (Lei de diretrizes e bases da educação nacional) do MEC, para ter-se um roteiro de estudo rico e altamente aplicado relacionado aos direcionamentos de formação e desenvolvimento das habilidades e competências do profissional da I4.0.

O contexto é que se pode vislumbrar uma formação acadêmica do engenheiro de produção a partir de uma matriz curricular que parta do pressuposto do desenvolvimento de competências específicas, conhecidas e determinadas para desenvolver mecanismos e soluções que consequentemente sejam suficientes, ou mais direcionados, para vencer os desafios relacionados ao ambiente da I4.0. Uma formação dirigida e específica com base nas necessidades da indústria e nas diretrizes curriculares vigentes.

Portanto, a importância deste estudo está baseada nos benefícios que pode proporcionar a, professores, acadêmicos e para as indústrias que lidam com situações onde o desenvolvimento e a formação de profissionais é fator determinante de sucesso de um dado processo. O resultado do estudo gerará uma visão geral, que auxiliará a tomada de decisão na formação continuada dos profissionais de engenharia de produção. Com isso, ter-se-á condições de lidar com os desafios do ambiente da I4.0 alinhando requisitos técnicos e de pessoas de forma sistêmica.

1.3 Delimitação do estudo

Dados da Sinopse Estatística da Educação Superior emitida pelo INEP (2017) aponta que as instituições públicas formaram proporcionalmente quase o dobro de egressos em cursos de bacharelado no Brasil entre 2012 e 2016. Ao todo são 296 instituições distribuídas pela Federação formando cerca de 149000 bacharéis no ano de 2016. O Estado de São Paulo concentra 99 instituições de ensino superior sendo o estado que detém mais de 30% do PIB nacional e tem alocadas em seu território 26% do total de empresas industriais no Brasil (CNI d, 2018). Para atender a demanda das indústrias, 5 instituições estaduais oferecem o curso de Engenharia de produção em 11 unidades distribuídas pelo estado. Considerando esses fatos este estudo é delimitado à análise dessas 5 instituições, a saber:

Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Universidade de São Paulo – USP

Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita – UNESP

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP

1.4 Organização da dissertação

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, incluindo esta parte introdutória com o contexto da pesquisa, a apresentação dos objetivos gerais e específicos, os fatores motivadores que justificaram a realização do trabalho e sua contribuição e a delimitação do estudo.

No capítulo 2, o tema é abordado em uma revisão da literatura dirigida à construção de um panorama atual sobre a I4.0.

O capítulo 3 apresenta os aspectos metodológicos de pesquisa e sua classificação. Neste capítulo é referenciado o processo de construção, da coleta de dados e sua estrutura, passando por uma análise dos relatórios emitidos nos últimos anos com a determinação dos principais desafios. É apresentada em seguida, uma revisão sistemática da literatura para determinar as principais competências requeridas ao profissional da I4.0.

Para compreender as estruturas que regem o ensino superior no Brasil e suas diretrizes para o desenvolvimento das habilidades e competências dos profissionais nos cursos de graduação, especificamente os de Engenharia de Produção, foi realizado um estudo de caso no Capítulo 4 a partir de uma análise documental.

Diante dos achados, no capítulo 5 será desenvolvida uma análise para identificar o quanto alinhados estão os cursos de engenharia de produção com os requisitos da I4.0 e por fim no capítulo 6 é apresentada a conclusão do trabalho e propostas de estudos futuros.

Capítulo 2

2. Industria 4.0

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre a Indústria 4.0, analisando os principais conceitos sobre o tema, com foco na formação do profissional pelo desenvolvimento de competências no ambiente de trabalho e nas instituições de ensino.

2.1 Visão geral da indústria 4.0

Nos últimos anos o trabalho e o mundo mudaram de forma considerável. Desde 2010 a informatização tem sido seguida por uma forte onda de digitalização, com serviços na nuvem e dispositivos móveis que tornaram o trabalho independente de local e tempo. Esse processo de digitalização dos modelos de negócio e dos processos de trabalho imprimem uma importância cada vez maior aos aplicativos móveis, serviços com base na web e serviços baseados em análises inteligentes de grande volume de dados (PFEIFFER, 2015).

Incorporada à atividade da indústria, a digitalização possibilitou a integração e o controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede, permitindo a fusão do mundo real ao mundo virtual por meio dos sistemas ciberfísicos, possibilitando também o uso da inteligência artificial e conceitualizando a atual I4.0 (CNI, 2016; EROL, 2016).

Parte do plano estratégico do governo alemão de Alta Tecnologia 2020, anunciada em 2011 na feira de Hannover, a I4.0 objetiva uma produção flexível, eficiente e individualizada. Onde produções com controles descentralizados e cadeias de valor controladas digitalmente ou autorreguladas por sensores automatizados com resposta em tempo real desempenham um papel fundamental (PRIFTI, 2017).

No conceito alemão a I4.0 é resultado da digitalização de toda cadeia de valor e consequente interconexão de pessoas, objetos e sistemas por meio da troca de dados em tempo real. A partir dela, processos, máquinas e produtos são munidos de inteligência artificial e possibilitam adaptações e mudanças espontâneas em sua relação de forma independente. Os campos de aplicação dos sistemas e objetos inteligentes são bastante variados, mas o foco principal ainda está na aplicação industrial (HECKLAU, 2016; KREINSEN-HIRSCH, 2016; EROL, 2016; CNI, 2016).

Kreinsen-Hirsch (2016) ressalta que, comparada a abordagens anteriores, a I4.0 almeja um nível totalmente novo de automação de processos. Por meio de ligações altamente flexíveis da internet de dados com os processos reais da fábrica, gerando novos meios de planejamento, organização e controle dos processos de produção.

Dessa forma a I4.0 promove o encurtamento dos prazos de novos produtos, aumenta a flexibilidade das linhas produtivas, a produtividade a eficiência energética e a capacidade de integração global das empresas na cadeia de valor (CNI, 2016).

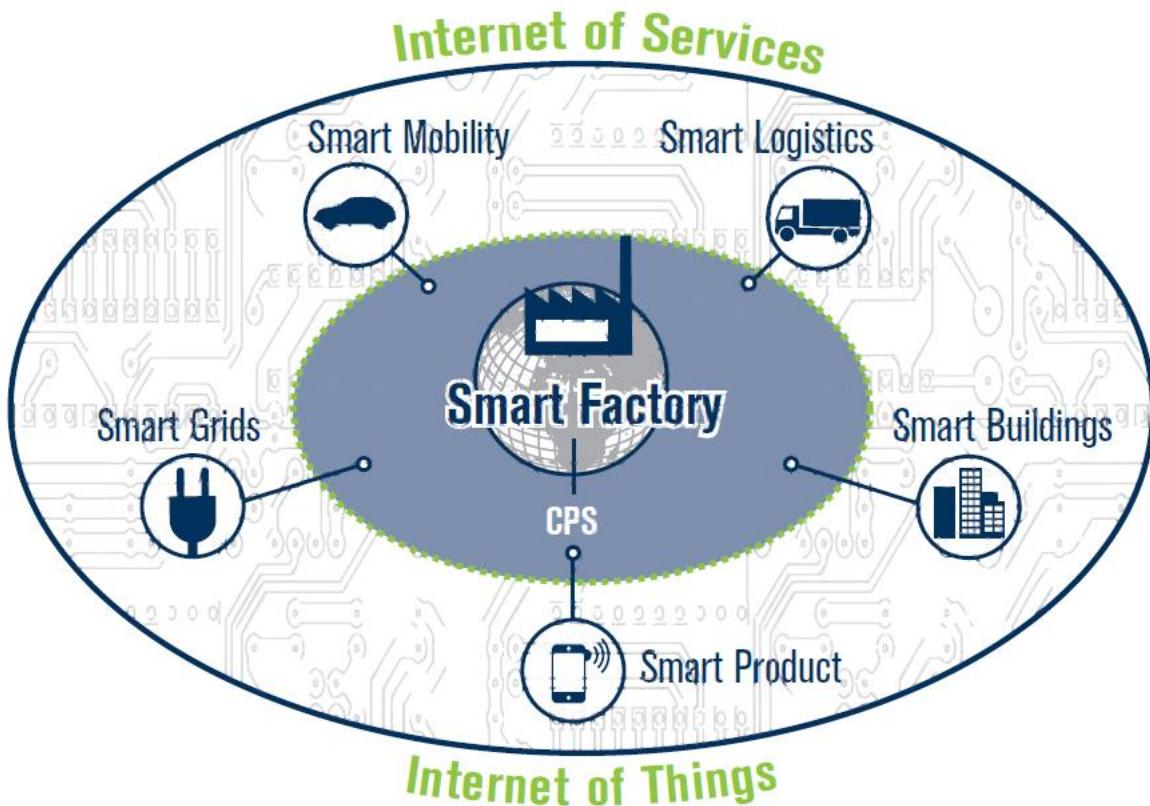
O aumento de flexibilidade da produção, por exemplo, permite o processo de customização em massa, onde a, comunicação instantânea dentro da cadeia e a atuação dos sistemas automatizados e flexíveis possibilitam a produção de produtos customizados com grande eficiência no atendimento e adequação às necessidades dos diferentes consumidores (EROL, 2016).

Para construção destas possibilidades a CNI (2016) e RAS (2017) destacam a Internet das coisas, sistemas ciberfísicos, *Big Data*, computação na nuvem, robótica, inteligência artificial, novos materiais e novas tecnologias de manufatura aditiva como as principais tecnologias habilitadoras.

Associando a essas tecnologias, dispositivos inteligentes, uma infraestrutura mais abrangente, serviços de TI na nuvem, miniaturização e a internet, coloca-se a computação onipresente atualmente.

Dessa forma computadores conectados em rede e entre si, têm promovido uma confluência do mundo físico com o virtual por meio de Sistemas Cyber Físicos (CPS). Isso possibilita que pessoas, informações e objetos se conectem em rede e configurem a internet das coisas (IoT) e a internet de serviços (IoS), refletindo na interação da indústria com sua cadeia (Figura 2). A essa evolução atribui-se a quarta etapa da industrialização ou I4.0 (KAGERMANN *et al*, 2013).

Figura 2 - Integração tecnologias



Fonte: (KAGERMANN *et al*, 2013)

Assim a I4.0 relaciona CPS, IoT, IoS e fábricas inteligentes. O termo conceitualiza a organização da cadeia de valor pelas tecnologias. Nas fábricas inteligentes, CPS criam cópias virtuais do mundo físico, monitoram e tomam decisões. Com IoT, os CPS cooperam e se comunicam entre si e com humanos em tempo real. Na IoS, serviços inter-organizacionais e internos são utilizados e ofertados aos membros da cadeia de valor (KIESEL; WOLPERS, 2015).

Contudo, gerir e lidar com mudanças rápidas na tecnologia, tem colocado à prova a capacidade estratégica das organizações na condução do envolvimento de seus funcionários no corrente e eminente processo de mudança organizacional, a medida que aumentam as incertezas, stress e a resistência ao processo de mudança (SHAH *et al*, 2016).

Assim, a jornada para I4.0 constitui a soma de grandes esforços em pesquisa e desenvolvimento com a finalidade de integrar vertical e horizontalmente os sistemas de fabricação e a engenharia de ponta a ponta, bem como a infraestrutura social dos locais de trabalho pela inserção dos CPSs (KAGERMANN *et al*, 2013; RAS, 2017).

Dessa forma a I4.0 têm impulsionado alguns países a pesquisar com maior profundidade todo esse processo de transformação, que tem impactado, segundo Prifti (2017), por exemplo, nos modelos de fabricação, no ambiente de trabalho, nos modelos de negócio e todas as atividades relacionadas ao ambiente industrial.

Essas pesquisas têm se concretizado na forma de relatórios que serão tratados no próximo tópico desse estudo.

2.2 Iniciativas 4.0

Em alguns países a I4.0 já é uma realidade presente e conta com o apoio governamental de grandes potências econômicas, como o caso da Alemanha (CNI, 2016).

A indústria de manufatura alemã, reconhecida mundialmente como uma das mais competitivas do mundo, dada sua capacidade de gerenciamento de processos altamente complexos, com interações de parceiros em diferentes áreas geográficas, tem usado a tecnologia da informação, para suportar cerca de 90% de todos seus processos, promovendo uma imensa transformação social comparada as primeiras revoluções industriais (KAGERMANN *et al*, 2013).

Contudo, a Alemanha não é o único país a perceber a importância do impacto disruptivo do uso das novas tecnologias nos processos industriais, e dos desafios estratégicos atrelados à sua inserção (KAGERMANN *et al*, 2013).

EUA e China têm também se destacado nesse cenário, com a criação de sistemas de produção inteligentes. Reconhecida nesses países como Advanced manufacturing (Manufatura avançada), o termo possui a mesma abrangência da modernização dos ambientes produtivos e, têm se traduzido em iniciativas políticas em resposta a esse processo (KAGERMANN *et al*, 2013).

Com o objetivo de traçar um plano estratégico de médio e longo prazos, visando atender a este novo cenário, alguns países têm emitido relatórios que abordam os desafios e oportunidades desse novo ambiente, ampliando sua compreensão e o contextualizando no cenário atual para, projetar e direcionar os esforços nas perspectivas futuras, de modo que proporcionem uma base de sustentação durante esse processo de transformação (KAGERMANN *et al*, 2013; NNMI, 2016; HOWEL *et al* 2015; CNI, 2016).

Motivada pelo aumento da concorrência global, e pela ameaça americana e chinesa com a promoção da manufatura avançada, a Alemanha destaca como objetivo principal em seu relatório a liderança na indústria de engenharia e manufatura.

Os EUA, por sua vez, são motivados pela competitividade global e tem como objetivo principal, manter sua superioridade tecnológica, convertendo as descobertas de pesquisas básicas em produtos e serviços (NNMI, 2016).

Já a China, se motiva na migração de um país fabricante de produtos de baixo custo para um país fabricante de produtos tecnológicos. O objetivo desta estratégia é se tornar líder em pesquisa e inovação (HOWELL *et al*, 2015).

Quanto ao Brasil em particular, embora este não tenha a participação governamental ainda definida nos direcionamentos, a iniciativa privada busca se situar no cenário mundial e, tem seu principal motivador, a competitividade global. O objetivo dessa é o aumento da competitividade por meio da inserção de novas tecnologias (CNI, 2016).

Os relatórios produzidos a partir desses motivadores se traduzem em direcionamentos estruturados, que são desdobrados em recomendações para atingir os objetivos definidos (KAGERMANN *et al*, 2013; NNMI, 2016; HOWEL *et al* 2015; CNI, 2016).

Capítulo 3

3. Aspectos metodológicos

3.1 Classificação da pesquisa

Para Gil (2010) pesquisa científica tem a finalidade de abordar problemas na busca por soluções com a estruturação de procedimentos racionais e sistematizados.

Para ser classificado como científico o conhecimento precisa passar por experimentação organizada de forma sistemática para um sequenciamento lógico que proporcione a verificação de sua contingência. Deve ser passivo de verificação para conferir exatidão aproximada, levando em conta que não tem caráter definitivo podendo ser alterado ou complementado a partir de novas inferências (MARCONI; LAKATOS, 2011).

Quanto a natureza a pesquisa é classificada como aplicada, pois, visa a aplicação do conhecimento às necessidades humanas (CAUCHICK, 2012).

Em relação ao objetivo essa pesquisa é exploratória pois busca aumentar a familiaridade com o problema a fim de explicitá-lo e, assim aprimorar ideias (GIL, 2010).

A pesquisa segue uma abordagem qualitativa, pois considera a existência dinâmica entre o mundo real e o objeto da pesquisa, ou seja, há um vínculo indissolúvel entre o mundo objetivo e a subjetividade do objeto de pesquisa que não pode ser traduzido em números. Atribui-se, nesses casos, significados e interpretações básicas dos fenômenos gerados a partir dos levantamentos bibliográficos (SILVA e MENEZES, 2005).

Como método de trabalho foram adotados dois procedimentos em diferentes momentos. O primeiro é a condução de uma revisão bibliográfica sobre o tema para criação da base teórica de sustentação da pesquisa e buscar fundamentação para as relações que serão firmadas ao longo da pesquisa. A partir desse ponto os procedimentos seguem a sistematização do roteiro de condução da pesquisa documental.

Os primeiros passos de uma pesquisa partem, segundo Marconi e Lakatos (2011) para obtenção de dados, de duas maneiras: pesquisa documental (fonte primária), pesquisa bibliográfica (fonte secundária)

A pesquisa documental, é caracterizada pela fonte de coleta de dados, que normalmente estão restritas à documentos considerados fontes primárias (MARCONI; LAKATOS, 2011). Considerando que normalmente os documentos não recebem tratamento analítico, por vezes é necessária a análise de seus dados, e isso deve ser conduzido em consonância com o plano de pesquisa e os objetivos propostos (GIL, 2010).

A pesquisa bibliográfica, como fonte secundária, apresenta como principal vantagem a possibilidade de cobertura de um espectro de fenômenos muito maior do que se a pesquisa fosse realizada de forma direta. Isso torna-se particularmente importante frente a problemas de pesquisa com dados dispersos (GIL, 2010).

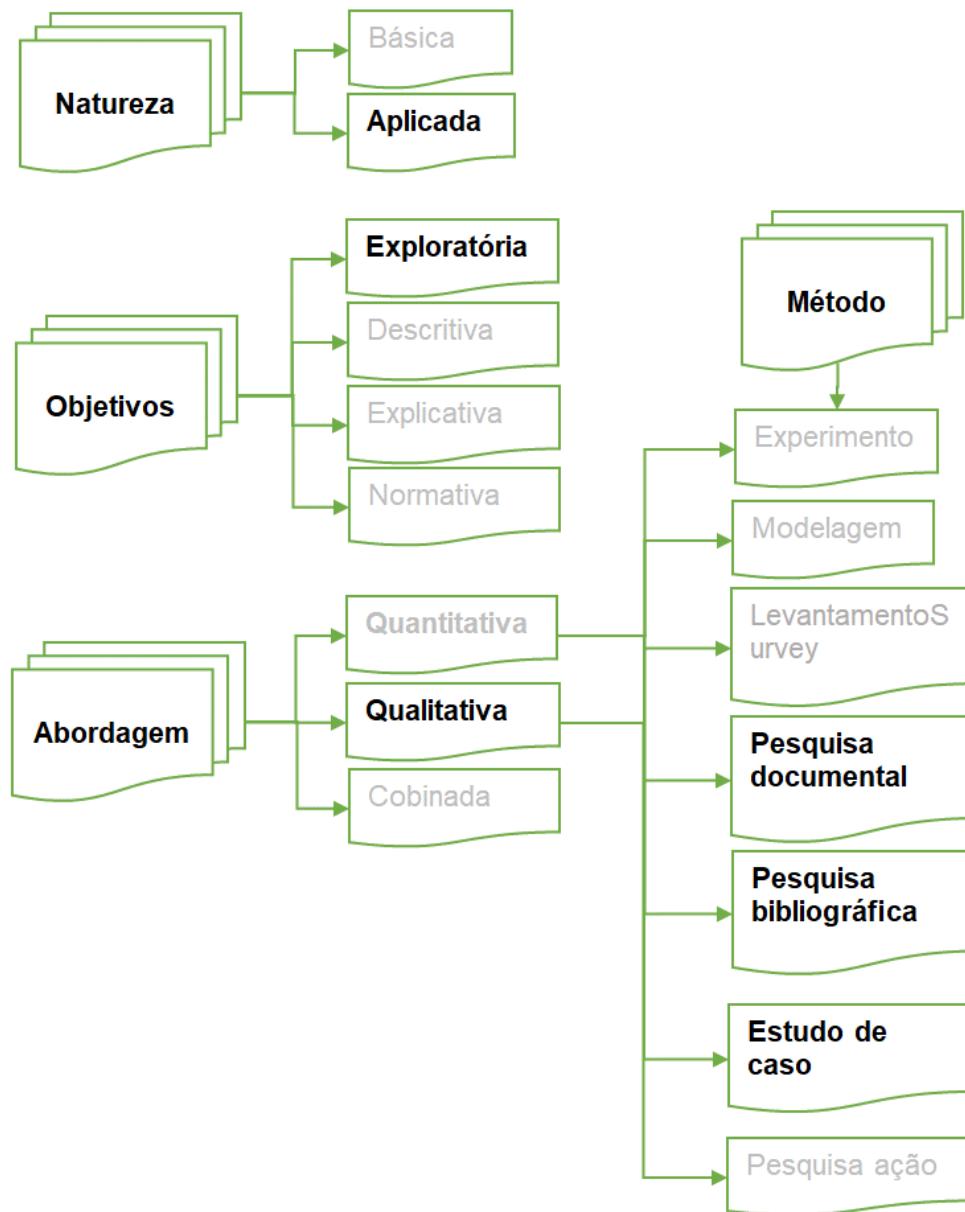
Um estudo de caso foi conduzido para contextualizar em fronteiras bem definidas, de forma que permitisse ampliar o conhecimento de forma detalhada e aprofundada (YIN, 2015). Outro ponto abordado por Miguel (2007) é que o estudo de caso tem como grande vantagem a flexibilidade, pois permite a modificação ao longo da coleta de dados por meio da inserção de novas constatações e informações.

Para determinar os requisitos de sistema, identificar as habilidades e competências requeridas no processo de implementação da I4.0 buscou-se um método que traga consenso sobre essa temática específica e sintetizasse o conhecimento da área pela formulação de uma pergunta, identificação, seleção e avaliação crítica de dados publicados em estudos científicos de base eletrônica e a revisão sistemática da literatura se mostrou mais adequada para esse propósito. Esse método permite o aprofundamento no conhecimento do tema investigado e a identificação de possíveis lacunas que podem ser preenchidas em trabalhos futuros (LOPES; FRACARELLI, 2008).

O propósito de uma pesquisa científica não pode se limitar à redação de um relatório ou descrição à de fatos empíricos meramente, deve sim, desenvolver um caráter interpretativo dos dados levantados. Assim correlacionar o mundo teórico com a pesquisa torna-se imprescindível para embasar a interpretação dos fatos e dados levantados (MARCONI; LAKATOS, 2011).

A Figura 3 apresenta uma síntese da classificação dessa pesquisa sobre a ótica das perspectivas acima.

Figura 3 – Classificação da pesquisa



Fonte: Baseado em GIL (2010) e CAUCHICK (2012)

As conclusões do estudo têm o potencial de ser replicado, desde que as organizações revelam muitas semelhanças em termos de ambos os desafios internos e externos e características globais com a estudada (RYMASZEWSKA, 2014).

3.2 Coleta e obtenção de dados

Os procedimentos sistemáticos demandados pela pesquisa de levantamentos, sobretudo na primeira fase apontada por Gil (2010), com a determinação do objetivo

e da hipótese a ser testada, conceitualização e determinação das variáveis, necessita de um suporte teórico para sua construção.

Nesse estudo os levantamentos desses dados foram obtidos através do plano de abordagem bibliográfica apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Plano abordagem bibliográfica

| | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 |
|---|--|--|--|
| Questões pesquisa | Quais os principais desafios da I4.0? | Quais as principais habilidades e competências requeridas aos profissionais da I4.0? | Quais habilidades e competências são desenvolvidas nos cursos de engenharia de produção? |
| Objetivos pesquisa | Identificar nos relatórios publicados pelos países na vanguarda da I4.0 os principais desafios no ambiente da I4.0 | Indicar as principais habilidades e competências requeridas | Analisar as matrizes curriculares dos cursos de graduação em engenharia de produção para identificar as habilidades e competências desenvolvidas |
| Método pesquisa | (1) revisão da literatura I4.0 | (2) revisão sistemática da literatura I4.0 | (3) revisão documental, revisão da literatura e estudo de caso |
| |  |  |  |
| (*) revisão da literatura baseada em Jornais internacionais e outras base de dados. | | | |
| (*) revisão da literatura para apoiar os métodos de pesquisa acima | | | |

As informações foram coletadas de duas fontes principais: A primeira proveniente da literatura, abordada em três etapas subsequentes com base nos objetivos específicos a fim de obter os principais desafios da I4.0 e as principais habilidades e competências. A segunda, para determinar quais habilidades e competências são desenvolvidas hoje nos cursos de graduação dos engenheiros de produção e quais habilidades são recomendadas pelos órgãos reguladores de ensino e profissional, uma investigação documental foi desenvolvida.

Seguindo a proposta metododológica e, com intuito de identificar os principais desafios, direcionamentos e recomendações no processo de transformação da indústria atual para a I4.0, a seguir são apresentados os principais pontos dos relatórios emitidos pela Alemanha, EUA, China e Brasil.

3.3 Análise relatórios I4.0

Os relatórios emitidos pelos principais países na vanguarda da indústria 4.0 foram produzidos com a finalidade de traçar um roteiro para um processo de implementação mais acertado. Nesse sentido, dentro da realidade de cada país, foram levantados desafios a serem suplantados nesse processo, assim, nessa etapa, esse estudo busca entender quais são esses desafios.

3.3.1 Relatório I4.0 Alemanha

O relatório alemão foi emitido pela Acatech (National academic of science and engineering) intitulado “Recomendations for implement the strategic iniciative INDUSTRY 4.0” (KAGERMANN *et al*, 2013), produzido por um grupo de estudos composto por diversos doutores e patrocinado pelo ministério federal de educação e pesquisa. Este tem como finalidade garantir o futuro da indústria de manufatura alemã.

Os pesquisadores que elaboraram o relatório avaliam o país como um dos mais competitivos e líder mundial no setor de equipamentos. Esses atribuem esse sucesso ao desenvolvimento e produção de tecnologias de fabricação inovadoras, bem como pela gestão de complexos processos industriais. O relatório destaca também o *Know-how* e competências em TI como fatores primordiais para liderar a indústria de engenharia de manufatura.

Para o grupo de estudos, a I4.0 trará uma abordagem com a expectativa de solução para desafios já presentes na indústria atual e, permitirá que os avanços contínuos em eficiência e produtividade sejam implantados em toda cadeia de valor.

Além disso, destaca-se também que, sistemas de assistência retirarão dos trabalhadores o ônus de tarefas rotineiras e possibilitarão que eles concentrem seus esforços em atividades que agregam valor.

Neste cenário, prevê-se que haverá uma escassez primária de pessoas qualificadas e profissionais mais velhos ocuparão suas posições por mais tempo. A flexibilização do trabalho permitirá a combinação de vida pessoal, trabalho e desenvolvimento continuado proporcionando maior equilíbrio (KAGERMANN *et al*, 2013).

O relatório pontua também a concorrência mundial e as iniciativas, asiática e americana, relacionadas a manufatura avançada. Com base na concorrência mundial e nas iniciativas adotadas por esses países, a Alemanha tem buscado migrar a

produção industrial para I4.0 por meio de duas estratégias: primeiro integrar TI e comunicação às suas estratégias de alta tecnologia e, criar novos mercados líderes para tecnologias e produtos CPS.

Deve-se destacar que, para implementar essas duas estratégias será necessária a adoção de uma nova infraestrutura social no local de trabalho.

Segundo Kagerman *et al* (2013) para o sucesso da implementação da I4.0 na Alemanha, as decisões política e industriais precisarão estar alinhadas com o desenvolvimento das atividades de pesquisa. Este também destaca que será necessário o desenvolvimento de 8 áreas chaves para implantar a I4.0. Estas áreas são:

- Padronização e arquitetura de referência;
- Gerenciamento de sistemas complexos;
- Infraestrutura abrangente de banda larga;
- Segurança;
- Organização e *design* do trabalho;
- Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo;
- Quadro regulamentar;
- Eficiência de recursos.

A seguir será apresentado os principais pontos do relatório referente à I4.0 dos Estados Unidos.

3.3.2 Relatório I4.0 USA

O relatório americano foi emitido pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia do Programa Nacional de Produção Avançada intitulado: Rede Nacional para a Inovação da Manufatura (NNMI) (National Network for Manufacturing Innovation) (NNMI, 2016).

O NNMI coloca a manufatura nos Estados Unidos como de fundamental importância para a segurança nacional à medida que: provém conhecimento prático, estimula a inovação e fornece equipamentos e bens essencialmente importantes às forças militares, agências de segurança interna, comunidade e para toda a nação em traços gerais.

Com uma manufatura competitiva globalmente, o país pode prover crescimento econômico pelo desenvolvimento de pesquisas, invenções, descobertas e processos novos e melhores. No relatório é citado que a manufatura avançada aumenta a procura por materiais, serviços e construções. Com isso, tem-se a capacidade de gerar mais empregos com maior qualidade e bem-estar, tornando-se assim uma fonte de exportações domésticas e vendas.

O relatório também destaca que, como as descobertas em pesquisas básicas não se converteram em recursos ou produtos com base de produção nos EUA, sua liderança em pesquisa básica e manufatura está em risco. O alto risco de investimento e, a complexidade técnica de fabricação são as principais razões desse fenômeno. Soma-se a isso a necessidade de aprimoramento das capacidades técnicas, desenho do trabalho e conhecimento fundamental.

Para sustentar a competitividade global o relatório coloca a manutenção da superioridade tecnológica como uma questão de segurança nacional.

O programa da rede nacional para inovação da manufatura emitido pelo governo federal direciona investimentos públicos e privados, com a finalidade de melhorar a produtividade e competitividade da fabricação nos EUA, por meio da criação de uma rede de institutos de inovação focada na área de manufatura avançada. O programa visa a criação de pesquisa e desenvolvimento, treinamento e infraestrutura para a academia e indústria, visando a resolução dos problemas mais relevantes de manufatura.

Os institutos são o centro do programa NNMI, fornecendo instalações e recursos que permitam que academia e indústria cooperem entre si na busca pela solução de problemas que afetam a indústria e, faça a ponte entre pesquisa básica e produção. Estes institutos congregam indústria, academia (faculdades, universidades, institutos técnicos, etc.), laboratórios e governo federais para encarar os desafios da manufatura avançada e alavancar o crescimento da produção industrial dos Estados Unidos.

Quanto ao programa da NNMI (2016) pode-se destacar 4 objetivos principais:

- 1 Aumentar a competitividade;
- 2 Transferir tecnologias inovadoras para a fabricação doméstica;
- 3 Desenvolver a força de trabalho para a manufatura avançada;

- 4 Apoiar modelos de negócio que ajudem os institutos a se tornarem rentáveis e sustentáveis.

Outro relatório destacado neste trabalho é o relatório chinês, o qual segue descrito a seguir.

3.3.3 Relatório I4.0 China

Na China, o relatório produzido pela Phemonoe Lab (Emetris) e PRAXI/FORTH em 2015 (HOWEL *et al* 2015), posiciona o país, junto com a Índia, como nações capazes de transformar a economia mundial. Destaca-se que países como a Coréia do Sul e Japão não conseguiram este feito no pós-guerra, mesmo sendo considerados milagres econômicos na época.

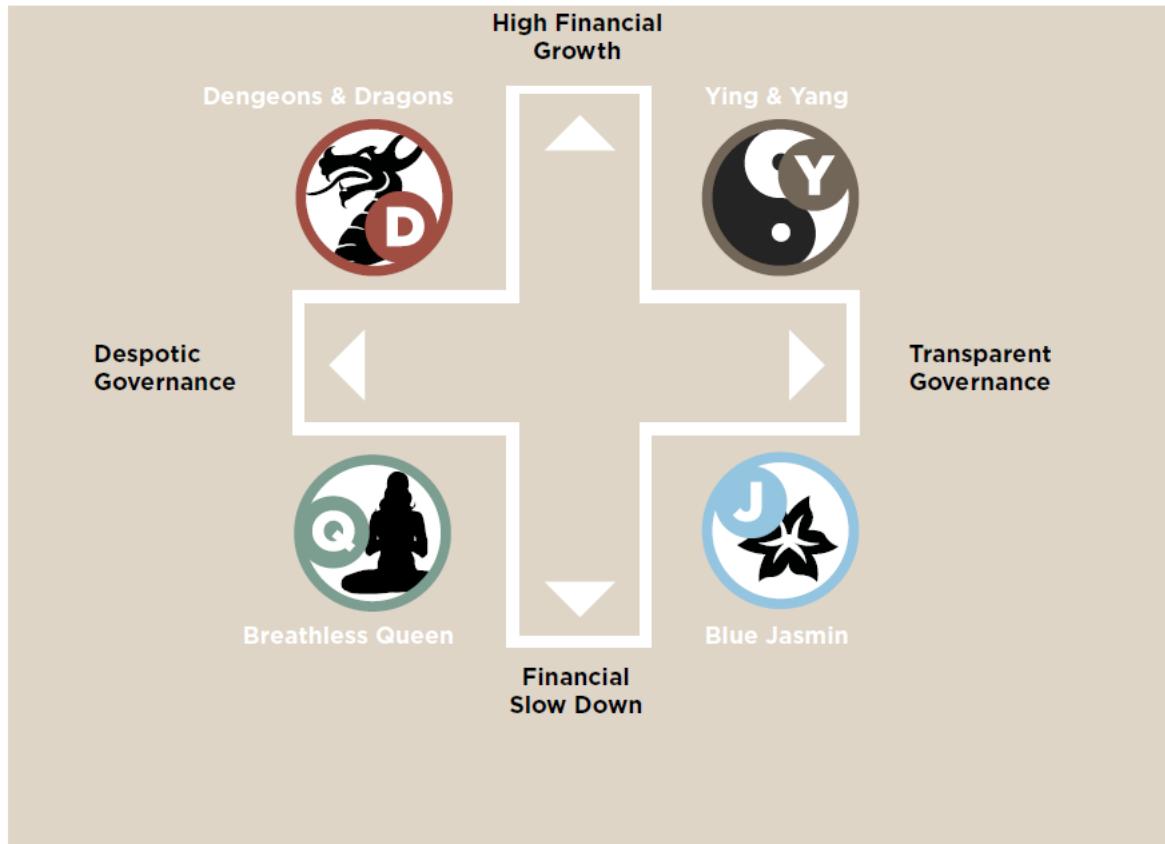
Para conseguir o feito que Japão e Coréia não conseguiram, a China tem migrado da fabricação de produtos de baixo custo para consumo interno, para serviços e produção de produtos com alta tecnologia.

Segundo os relatores, o primeiro paradigma a ser vencido nesse processo é retomar a liderança chinesa em tecnologia. Liderança essa que ocorreu durante muito tempo na história chinesa, mas que se perdeu durante a revolução industrial, e vem sendo retomada nos últimos anos frente aos países da União Europeia.

Para isso, têm sido desenvolvidas iniciativas como, por exemplo, o programa de especialistas estrangeiros da Administração Estatal. Este trouxe para a China mil talentos estrangeiros com objetivo de que, desempenhem um papel importante para transformar o país em uma potência em inovação. O programa oferece incentivos para repatriação de cidadãos chineses para desenvolver pesquisas em STEM (Sigla em inglês para: Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Para direcionar o processo de transformação tecnológica da China os relatores construíram 4 cenários, com versões de futuro plausíveis em termos de inovação para a China em 2025. A intenção é responder a questionamentos como: A China será líder mundial em pesquisa? Recursos, crescimento financeiro e planejamento são suficientes para a garantia do crescimento? Ver Figura 5.

Figura 5 - Quatro cenários futuros China 2025



Fonte: HOWELL *et al*, 2015

Nesse contexto os cenários desenhados para o futuro abordam as seguintes temáticas:

- *Yin & Yang* – governança forte e centrada em consonância com a abertura da economia emergente direcionada para pesquisas avançadas em 2025;
- *Blue Jasmin* – forte governança com grande esforço para reerguer a economia nacional impactada por uma crise global e, a realocação de indústrias estrangeiras;
- *Dungeons & Dragons* – governança mais restrita e sistema judicial insuficiente apoia o desenvolvimento baseado em estatais que parece ainda surtir bons efeitos em 2025;
- *The breathless queen* – uma China quebrada e tóxica com uma economia colapsada e uma sociedade desmantelada representa o pior cenário global em 2025.

Embora esses cenários não construam um futuro exato, eles representam uma importante ferramenta de reflexão para a percepção do futuro à medida que, forçam as mentes a considerar visões desse futuro num contexto de potencial desconforto e, caso essas condições se confirmem, criar condições de se preparar melhor para elas.

O foco é mapear as tendências e identificar os principais fatores que direcionarão o ambiente de pesquisa e inovação na China nos próximos 15 anos.

Por meio de uma abordagem composta por estudos documentais, questionários *on-line*, entrevistas com especialistas e *crowdsourcing* (colaboração coletiva), uma lista com as tendências mais fortes que afetam a pesquisa chinesa foi composta.

Para atribuir importância e verificar possibilidade dessas tendências identificadas ocorrerem, estas foram discutidas internamente entre os relatores e discutidas também com especialistas ao redor do mundo por meio de um questionário *on line*.

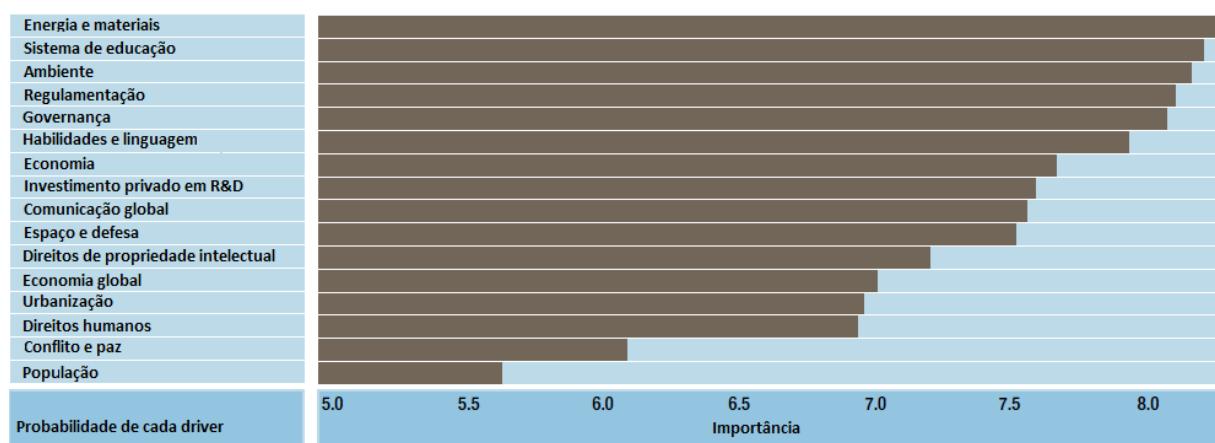
A partir dessa discussão e do *feedback* dos especialistas foram selecionadas 16 tendências. Estas são apresentadas a seguir:

- Economia – Forte crescimento do PIB até 2025
- Regulamentação – O governo proverá recursos suficientes para implementar um quadro regulatório eficiente para pesquisa.
- Investimento privado em R&D – O setor privado investirá mais em R&D até 2025.
- Materiais e energia – O aumento da demanda e de outras fontes energéticas além do carvão, bem como matérias primas alternativas aumentará consideravelmente na China até 2025.
- Governança – A China gozará de uma governança pacífica e uma sociedade estável até 2025.
- Urbanização – A urbanização será um processo crescente na China até 2025.
- Direitos humanos – Maior abertura e melhoria dos direitos humanos nos próximos anos.
- Economia global – Estimativa de crescimento constante da economia global até 2025.

- Conflito e paz – Uma cooperação pacífica apoiará o desenvolvimento da pesquisa até 2025.
- Espaço e defesa – Exploração espacial e desenvolvimento de tecnologias de defesa terão um esforço substancialmente maior até 2025.
- Ambiente – Poluição, contaminação de água, bem como seus efeitos globais aumentarão até 2025.
- População – Continuará crescendo até 2025.
- Direitos de propriedade intelectual – Os regulamentos dos direitos de propriedade intelectual serão modernizados e melhorados continuamente até 2025.
- Comunicação global – Novas tecnologias permitirão uma cooperação e interação dos pesquisadores chineses globalmente até 2025.
- Habilidades de linguagem – Melhora substancial das habilidades linguísticas dos pesquisadores chineses até 2025.
- Sistema de educação – O sistema educacional chinês passando pelo primário, secundário e superior será radicalmente atualizado até 2025.

A Figura 6 apresenta um gráfico colocando em escala de importância as 16 tendências citadas anteriormente.

Figura 6 - Grau de importância das tendências



Fonte: HOWELL *et al*, 2015

Vale destacar que, o sistema de educação surge como a segunda tendência mais importante para o alcance dos objetivos chineses.

A partir desses indicadores as principais conclusões destacadas no relatório são:

- Empresas nacionais têm uma crescente participação nas exportações de alta tecnologia. As empresas nacionais têm focado na construção de suas marcas internacionalmente conhecidas acompanhando o constante crescimento do número de registro de marcas no exterior.
- O crescimento do número de repatriados em comparação com os que deixaram o país, para estudar no exterior, atingiu quase igualdade. Metade dos que retornaram iniciaram seu próprio negócio.
- TI, telecomunicações, produtos farmacêuticos e eletrônica são a espinha dorsal dos esforços em R&D. Contudo, as áreas que registram o maior número de patentes são as de baixa tecnologia dos setores de construção, fabricação e agricultura, indicando que os atores estão se movendo na direção de um maior valor agregado (HOWELL *et al*, 2015).

O Brasil, por sua vez, também desenvolveu seu relatório voltado ao futuro da indústria nacional, tendo por base a I4.0. os principais pontos do relatório brasileiro são destacados a seguir.

3.3.4 Relatório I4.0 Brasil

O relatório brasileiro desenvolvido pela CNI (Confederação Nacional das Indústrias, 2016) em conjunto com o COPIN (Conselho Temático Permanente de Política Industrial), foi produzido com a intenção de melhorar a participação brasileira nas cadeias globais de valor, buscando aumentar sua competitividade.

Para isso, destaca-se no relatório, que a introdução de novas tecnologias a médio e longo prazos são essencialmente importantes.

O relatório identifica que I4.0 já é uma realidade em diversos países com o apoio de seus respectivos governos, centralizando sua condução como estratégia de suas políticas industriais.

Para o Brasil, isso representa um duplo desafio: buscar e desenvolver novas tecnologias e conferir rapidez na sua implementação, para evitar o *gap* ou, até mesmo, reduzi-lo em termos de competitividade.

Assim o relatório da CNI (2016) apresenta uma agenda de propostas sobre o tema com prioridade em sete dimensões para o desenvolvimento da I4.0 no Brasil:

- Aplicação nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores;
- Mecanismos para induzir a adoção de novas tecnologias;
- Desenvolvimento tecnológico;
- Ampliação e desenvolvimento da infraestrutura de banda larga;
- Aspectos regulatórios;
- Formação de recursos humanos;
- Articulação institucional.

A seguir será realizada uma análise sobre os principais pontos dos relatórios dos 4 países, Brasil, Alemanha, China e Estados Unidos.

3.3.5 Considerações sobre os relatórios

A partir da análise dos relatórios foram identificados no total 36 desafios desses países no processo de implementação da I 4.0 em horizontes variados, de acordo com seus objetivos. Nos relatórios são considerados aspectos de desenvolvimento econômico, de segurança, técnicos e humanos.

O quadro 1 apresenta os principais desafios mencionados nos relatórios.

Como exemplo, no quadro 1, pode-se destacar no aspecto humano, o desafio de “programas de formação” que é citado em três relatórios: Alemanha, China e EUA. Constituindo assim um desafio importante para ser estudado com maior profundidade.

Quadro 1 - Matriz de desafios gerais

| | | MATRIZ DE DESAFIOS | | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|----------------------------|--|
| | | País | | | | |
| | | AL E M A N H A | CH I N A | E U A | B R A S I L | |
| | | 2 0 1 3 | 2 0 1 5 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | |
| Humanos | Gestão de engenharia | | | | | |
| | Novas profissões | | █ | | | |
| | Novo modelo de gestão de RH | | | | | |
| | Cursos multidisciplinares | | | | | |
| | Revisão dos cursos de engenharia | | | | | |
| | Novas habilidades e competências | █ | █ | █ | █ | |
| | Conexão de pessoas | █ | █ | █ | █ | |
| | Qualificação força trabalho | █ | | █ | █ | |
| | Fomento à formação tecnológica | █ | █ | █ | █ | |
| | Programas de formação | █ | █ | █ | █ | |
| | Idiomas | | | | | |
| | Formação de grupos de trabalho | █ | | | | |
| Técnicos | Novos equipamentos | | | | | |
| | Adaptação de layout | | | | | |
| | Aumento cooperação | | █ | | | |
| | Desenvolvimento tecnológico | | | █ | | |
| | Aplicação nas cadeias produtivas | | █ | █ | | |
| | Melhoria infraestrutura | | █ | █ | | |
| | Planejamento estratégico | | | █ | | |
| | Inovação | | | █ | | |
| | Aumento capacidade produção | | | █ | | |
| | Comunicação e compartilhamento | | █ | █ | | |
| | Criar ciclo de valor | | | | █ | |
| | Aumento demanda energia | | | █ | | |
| | Aspécitos ambientais | | | █ | | |
| | Gestão de sistemas complexos | | █ | | | |
| Segurança | Eficiência energética | | | | | |
| | | | | | | |
| | Regulação/normatização | | █ | | | |
| | Padrões cibersegurança | | █ | | | |
| | | | | | | |
| Econômicos | Aumento competitividade | | █ | | | |
| | Novos modelos de negócio | | █ | | | |
| | Novas atividades | | | | | |
| | Ampliação da escala de negócios | | | | | |
| | Articulação institucional | | | | | |
| | Linhas de crédito | | █ | | | |
| | Sinergia intitucional | | █ | | | |

A partir da identificação dos desafios, cada país desenvolveu em seus relatórios um *road map* de quais seriam os direcionadores, e/ou as áreas de atuação das ações recomendadas para superação desses desafios (Quadro 2).

Quadro 2 - Resumo dos direcionamentos do plano de ação

| Motivador | objetivos | Resumo dos direcionamentos I4.0 | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| | | Principais direcionamentos | |
| A I e m a n h a | Concorrência mundial | Liderar indústria de engenharia e manufatura | Padronização e arquitetura de referência Gerenciamento de sistemas complexos Infra-estrutura abrangente de banda larga Segurança Organização e desing do trabalho Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo Quadro regulamentar Eficiência de recursos |
| U S A | Competitividade global | Manutenção da superioridade tecnológica | Aumento da competitividade Transferir tecnologias inovadoras para a fabricação doméstica Desenvolver a força de trabalho para a manufatura avançada Apoiar modelos de negócio que ajudem os institutos a se tornarem rentáveis e sustentáveis. |
| C H I N A | Tranformar a China de fabricante de produtos de baixo custo para produtos de alta tecnologia | Líder em pesquisa e inovação | Economia Regulamentação Investimento privado em R&D Materiais e energia Governança Urbanização Direitos humanos Economia global Conflito e paz Espaço e defesa Ambiente Aumento populacional Propriedade intelectual Comunicação global Habilidades de linguagem Sistema de educação |
| B r a s i l | Competitividade global | Aumento da competitividade e pela adoção de novas tecnologias | Aplicação nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; Mecanismos para induzir a adoção de novas tecnologias; Desenvolvimento tecnológico; Ampliação e desenvolvimento da infraestrutura de banda larga; Aspectos regulatórios; Formação de recursos humanos; Articulação institucional. |

Dos desafios apontados na matriz (Quadro 1), vale destacar dois pela citação em três dos quatro relatórios: 1) a formação e desenvolvimento dos profissionais e 2) o desenvolvimento das habilidades e competências.

Assim nessa etapa foram identificados os principais desafios da I 4.0, destes vale menção para: formação e desenvolvimento dos profissionais e o desenvolvimento das habilidades e competências.

Nesse sentido vê-se a necessidade de uma investigação mais aprofundada desses dois aspectos, a serem conduzidas da seguinte forma:

O desafio de desenvolvimento e formação do profissional será analisado a partir dos direcionadores do Quadro 2, por meio de uma investigação mais aprofundada dos relatórios, pois tratam do tema com mais profundidade.

Já com relação as habilidades e competências, os relatórios abordam o tema de forma mais genérica e, portanto, os relatórios não são uma fonte adequada para aprofundamento, com isso a análise será tratada no item 3.5 desse estudo pro meio de uma revisão sistemática.

3.4 Direcionadores formação

Dentre os principais desafios encontrados na etapa anterior, os relatórios apresentam dois de maior relevância, visto sua menção em três dos quatro relatórios. Assim, essa etapa do estudo, busca entender uma delas em profundidade: o desafio da formação dos profissionais para a I4.0.

3.3.1 Direcionadores de formação da Alemanha

Embora todos os direcionadores apontados no relatório alemão tenham impacto sobre a formação, desenvolvimento e execução das atividades dos profissionais (Quadro 3), para fins desse estudo, dois desses direcionadores têm maior relação com a formação do profissional da I4.0:

- A organização e design do trabalho
- O treinamento e desenvolvimento contínuo

Quadro 3 - Resumo dos direcionamentos do plano de ação da Alemanha

| Resumo dos direcionamentos I4.0 | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|
| Motivador | objetivos | Principais direcionamentos |
| A I e m a n h a | Concorrência mundial | Padronização e arquitetura de referência Gerenciamento de sistemas complexos Infra-estrutura abrangente de banda larga Segurança Organização e design do trabalho Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo Quadro regulamentar Eficiência de recursos |

A seguir, esses dois direcionadores são apresentados em termos de percepção e em termos de ações recomendadas para vencer os desafios relacionados a eles.

1) Organização do trabalho e design do trabalho na era digital: para os relatores a I 4.0 afetará diretamente o papel das pessoas nas fábricas inteligentes e, exigirá um esforço conjunto e participativo de *design* de trabalho e aprendizagem ao longo do tempo, dando aos trabalhadores a oportunidade de ampliar seu

desenvolvimento profissional e responsabilidade no processo. O relatório aborda esse direcionador a partir de algumas indagações:

- Quais são os impactos da I4.0 no local de trabalho?
- Quais responsabilidades a sociedade e as empresas terão em uma economia centralizada e de alta tecnologia?
- Como o ambiente do trabalho deve responder a essas mudanças, e como garantir um trabalho justo e seguro para as pessoas em um ambiente altamente automatizado, com sistemas voltados ao controle em tempo real?

Para responder a essas indagações os relatores acreditam que o processo de transformação da indústria atual para I4.0 devem passar por esforços descentralizados, ou seja, não focado apenas nos desafios tecnológicos.

Os relatores também apontam que, o trabalho na I4.0 demandará dos profissionais maiores esforços em termos de abstração, resolução de problemas e gerenciamento de complexidade. O que se espera é que os funcionários ajam por iniciativa própria e, tenham ótimas capacidades de organização e, habilidades de comunicação para o gerenciamento do seu próprio trabalho, ou seja, a tendência é de um aumento na demanda das habilidades subjetivas. Desse desafio surgirá a oportunidade de maior qualificação, autonomia e um trabalho mais interessante.

Os pesquisadores acreditam que à medida que aumenta a virtualização, e o grau de integração tecnológica, aumenta também a necessidade de flexibilização dos funcionários para execução de tarefas mais exigentes. Nesse cenário um choque entre esse novo mundo virtual e a realidade experimentada pelos trabalhadores ao longo da carreira pode levá-los à experimentar uma sensação de alienação e perda de controle.

Nesse choque novas dimensões de ameaças podem surgir da combinação de novos e antigos desafios, demandando criatividade e gerando um excesso de trabalho.

Por fim, o relatório menciona que, trabalhos manuais simples tendem a diminuir pelo processo de automação e isso poderia impactar negativamente sobre um grupo de trabalhadores semiqualificados representando uma ameaça. Isso seria ruim para

os funcionários em si, bem como para o processo de implementação da I4.0 e para a sociedade em geral, dada a dimensão da exclusão social.

Assim, a qualidade do trabalho não deverá ser mensurada por constrangimentos tecnológicos, ou pela tecnologia, e sim pelos cientistas e gerentes que modelam e implementam fábricas inteligentes.

Nesse sentido, os relatores colocam que é preciso a adoção de uma conduta sociotécnica, onde softwares, arquitetura de tecnologia, desenvolvimento profissional contínuo e, organização do trabalho sejam desenvolvidas em estreita parceria, a fim de prover uma única solução direcionada às interações cooperativas, inteligentes e auto-organizadas entre os sistemas operacionais e funcionários ao longo de toda cadeia de valor.

Portanto, o relatório pontua que a configuração das fábricas, com sistemas altamente flexíveis, dinâmicos e complexos, exigirá dos profissionais uma maior capacitação para o controle e tomada de decisão. E, para transitar facilmente nesse ambiente é necessário que o perfil do emprego seja direcionado ao cliente, com amplo treinamento, modelos organizacionais que promovam desenvolvimento e aprendizado contínuo, abrangente e autônomo, tornando-se assim um sistema de desenvolvimento pessoal e profissional. Portanto, será preciso promover uma fabricação mais flexível e que permita conciliar trabalho e vida privada.

Nesse sentido os relatores apresentam algumas ações voltadas a esse direcionador para atender a essa nova demanda que se configura na I4.0:

- Determinar e documentar o impacto sobre o trabalho e o emprego e, definir um conjunto de ações que conduzam à políticas de formação voltadas ao trabalhador;
- Fornecer orientações práticas para desenvolver e implementar a abordagem socio técnica, onde a organização do trabalho, as medidas de desenvolvimento profissional contínuo e as arquiteturas de tecnologia e software são desenvolvidas em conjunto para fornecer uma solução única e consistente focada em permitir interações inteligentes, cooperativas e auto organizadas entre funcionários e / ou sistemas operacionais de tecnologia em toda a cadeia de valor;

- Promover abordagens inovadoras para a organização do trabalho e aprendizado, independente de qualificação, gênero e idade.

Um diálogo com a comunidade acadêmica, as associações profissionais e o público, deve ser estabelecido para conferir transparência sobre os problemas, potências soluções e avanços relacionados à I4.0.

A transferência do conhecimento deve ser organizada entre as partes interessadas dentro e fora das empresas, nacional e internacionalmente, com uma gestão inovadora do conhecimento com o estabelecimento de redes sociais amplas.

2) Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo: o relatório destaca uma guinada no perfil do trabalho e competências dos profissionais no ambiente da I4.0, portanto, será necessário adotar estratégias de formação e organização do trabalho, alinhadas para a promoção do aprendizado ao longo da vida. Desse modo, com a adoção de fábricas sócio técnicas, surgirão também, desafios acadêmicos e de desenvolvimento profissional contínuo para a formação do profissional.

A avaliação dos relatores com relação ao aspecto de treinamento e desenvolvimento profissional culmina na seguinte afirmação: A I4.0 transformará de forma significativa as habilidades e o perfil do trabalho.

Pode-se destacar os seguintes pontos com relação ao treinamento e desenvolvimento profissional:

- A I4.0 exigirá mudanças fundamentais na forma de treinamento dos especialistas, como por exemplo em TI.
- Os programas de treinamento padrão mostram-se limitados em relação aos desafios enfrentados pelo profissional da I4.0.
- O diálogo com a indústria transformadora será cada vez mais importante para direcionar o treinamento e desenvolvimento alinhado com os requisitos da economia digital.
- Empresas e instituições de ensino superior precisarão estreitar ainda mais suas parcerias para desenvolvimento dos treinamentos. Estágios que complementam esses treinamentos, deverão ser desenvolvidos após os programas de treinamento básico.

- Nos estudos de ciência e engenharia o foco maior deverá ser no gerenciamento de negócios e projetos como habilidades transferíveis que podem ser definidas, segundo Zalauf (2006), como as habilidades que podem ser identificadas e transferidas entre a aprendizagem e os contextos de trabalho.
- Clientes e empresas deverão ser os direcionadores das mudanças acadêmicas de especialistas em TI.

A partir dos pontos citados acima destaca-se a necessidade de convergência da engenharia de produção e TI, porque são as especialidades que buscarão integrar as demandas industriais de produção e o ambiente tecnológico altamente complexo da I4.0. Dessa forma o requisito de treinamento e desenvolvimento contínuo deverá empenhar-se na identificação de conteúdo e abordagens conjuntas para desenvolvimento de metodologias apropriadas para a engenharia de produção e TI.

Os relatores destacam que, as habilidades devem ser avaliadas para permitir o trânsito fácil entre o ensino vocacional e acadêmico. As pessoas necessitam de uma compreensão das interações entre todos os envolvidos no processo de fabricação, assim demandando o aumento das habilidades metacognitivas, definidas por Busnello (2012) como a capacidade do ser humano de monitorar e autorregular os processos cognitivos, ou seja, pensar o pensar e habilidades sociais que, segundo Dell Prette (2001), são as habilidades utilizadas para interagir nos diversos contextos do cotidiano.

Outro ponto abordado pelos relatores é que, tecnicamente as habilidades interdisciplinares devem ser enfatizadas com o intuito de prover às pessoas um modelo holístico que, possibilite a descrição dos sistemas de forma transparente e garanta aos funcionários mais confiança no desenvolvimento de suas atividades.

Portanto, o emprego deve ser pensado considerando os diferentes papéis que os funcionários desempenham, em termos de qualificação profissional, acadêmica e circunstanciais como: experiência, formação cultural e idade.

Como ações recomendadas para esse direcionador pode-se destacar:

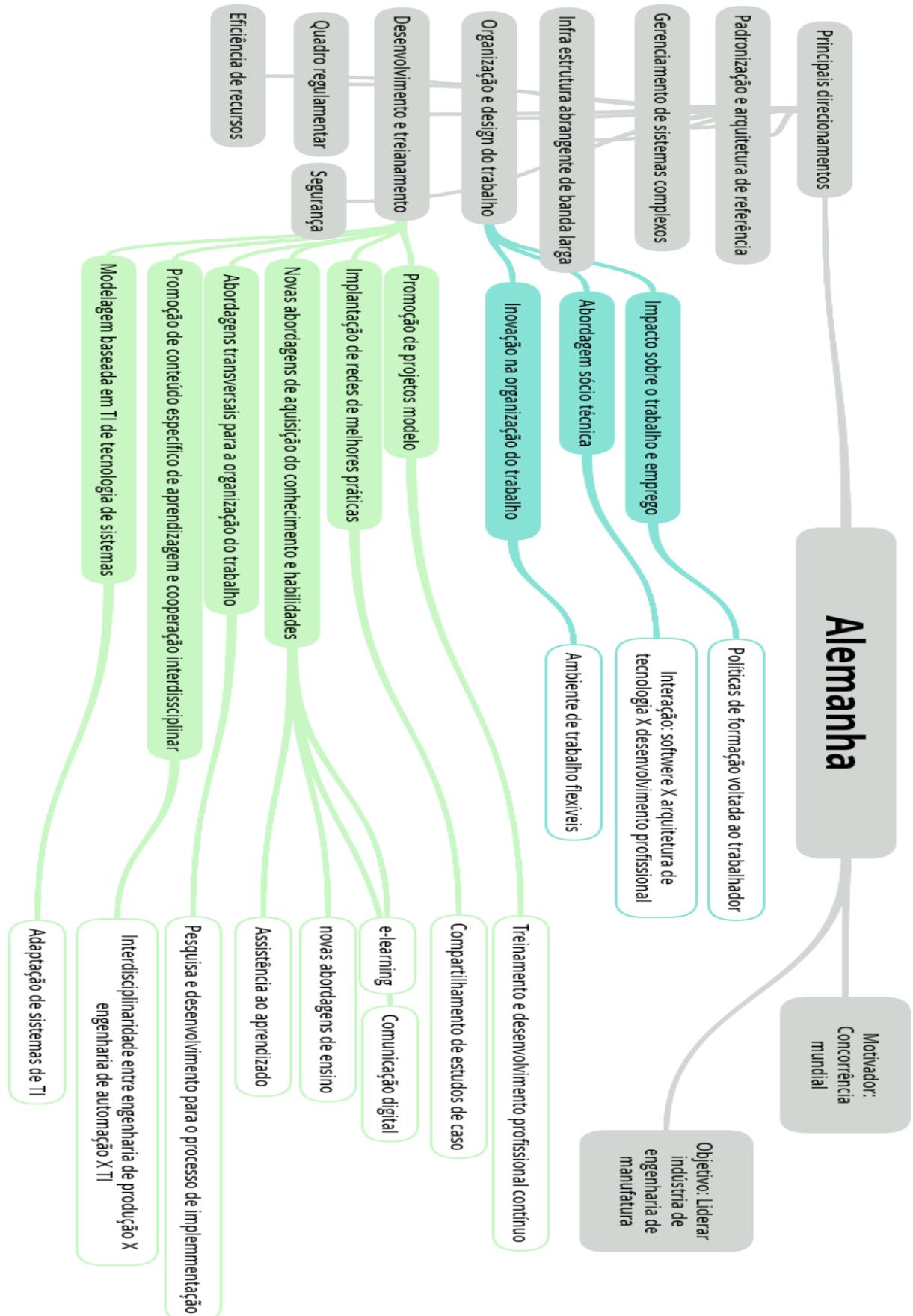
- Promover projetos modelo - Incorporar ações para desenvolvimento de estratégias de treinamento e desenvolvimento profissional contínuo,

promovendo o trânsito entre o treinamento vocacional e acadêmico e, reconhecer habilidades fora da área específica de especialização.

- Promover e implantar “redes de melhores práticas” - São redes capazes de documentar e desenvolver estudos de caso para compartilhamento entre os vários atores e transferir o conhecimento.
- Abordar novas formas de aquisição do conhecimento e habilidades - Tecnologias de aprendizagem inovadoras com o e-learning e os meios de comunicação digital terão um papel forte na passagem do conhecimento e desenvolvimento de habilidades partindo do fato de que diferentes alunos possuem diferentes requisitos e serão necessários novas abordagens de ensino e assistência ao aprendizado.
- Abordar a organização do trabalho de forma transversal - Medidas de qualificação, desenvolvimento contínuo do profissional e treinamento, devem seguir acompanhadas de pesquisas na forma de parcerias de pesquisa e implementação.
- Modelagem baseada em TI de tecnologia de sistemas - Interação do mundo digital com o real com apropriação da forma de descrições e aspectos metodológicas provindos da engenharia mecatrônica com adaptações dos sistemas em uso ao invés da criação de novos sistemas a partir do zero (KAGERMANN *et al*, 2013).

A síntese dos direcionamentos da Alemanha relacionados a formação do profissional é apresentada na forma de um mapa mental na Figura 5.

Figura 7 - Mapa mental direcionamentos Alemanha



O mapa mental representado na Figura 7 resume e relaciona os principais direcionamentos da Alemanha com seus objetivos. Destacando ainda dos principais direcionadores, àqueles que contemplam a formação e o desenvolvimento do profissional no ambiente da I 4.0, bem como as ações recomendadas para alcançar seus objetivos.

3.4.2 Direcionadores de formação dos EUA

Dos esforços abordados no relatório americano (Quadro 4) o que está mais relacionados à formação dos profissionais é o direcionador que tem como objetivo “Desenvolver a força de trabalho para a manufatura avançada”.

Quadro 4 – Resumo dos direcionamentos do plano de ação dos EUA

| Motivador | objetivos | Resumo dos direcionamentos I4.0 | |
|-------------|------------------------|---|--|
| | | Principais direcionamentos | |
| U S A | Competitividade global | Aumento da competitividade Manutenção da superioridade tecnológica | Transferir tecnologias inovadoras para a fabricação doméstica Desenvolver a força de trabalho para a manufatura avançada Apoiar modelos de negócio que ajudem os institutos a se tornarem rentáveis e sustentáveis. |

O direcionador visa acelerar o desenvolvimento dos técnicos, trabalhadores, engenheiros de produção e cientistas, a partir da identificação de novas oportunidades de emprego e econômicas, com salários mais elevados, conferindo assim um ambiente de manufatura saudável e desenvolvido.

Os relatores decompõem o direcionador em 5 pontos de concentração de esforços dos institutos e órgãos governamentais, com sugestões de abordagem e ações já implementadas para alcançar o objetivo. Estes pontos são destacados a seguir:

1. Cultivar os trabalhadores para trabalhos relacionadas com STEM

Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM, sigla em inglês), são componentes importantes para o avanço americano em manufatura avançada. Cultivar nos jovens estudantes o interesse pelo tema é um dos objetivos do programa.

Como ação concreta, os institutos devem divulgar e participar no “Dia da Manufatura”, que segundo Callari (2014), é um dia importante para qualquer organização de produção exibir seus negócios, tecnologia e produtos para alunos, pais, professores e candidatos a emprego interessados em aprender sobre manufatura, habilidades e o treinamento necessários para iniciar uma carreira no campo, assim expandir seu conhecimento e melhorar a percepção geral sobre

carreiras de fabricação e valor de fabricação para a economia dos EUA. Desmistificando estereótipos negativos sobre o trabalho na indústria de manufatura.

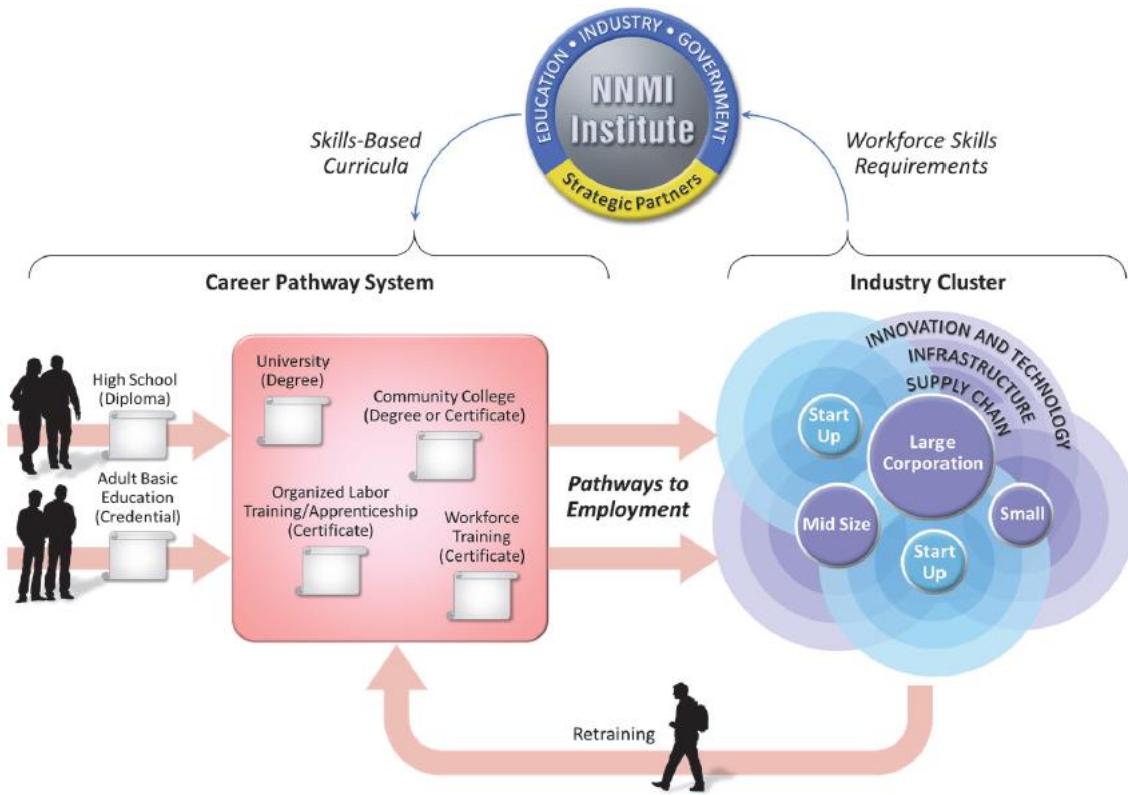
Os institutos devem apoiar o desenvolvimento público-privado por meio de parcerias para desenvolvimento da força de trabalho. Esse sistema colaborativo passa pela participação das faculdades, escolas, empresas privadas e governos para consolidação de parcerias comprometidas.

Os institutos podem intermediar a estrutura das parcerias, documentando e definindo estratégias de desenvolvimento dos profissionais. Com essa estruturação e consolidação da lista de parceiros, um caminho de formação dos alunos pode ser desenhado para cada região de acordo com a necessidade dos fabricantes, de forma clara e, que permita o trânsito nos vários níveis de estudo para obtenção dos conhecimentos e habilidades necessários.

Pode-se citar duas iniciativas relacionadas à esse direcionador:

- A primeira desenvolvida pelo departamento de educação e comércio que criou seis programas como recursos de formação através de parcerias, intitulado “Habilidades para propósito – Criando a próxima geração de fabricantes” disponibilizada *on-line*.
- A segunda formulada pelas secretarias de trabalho, educação, saúde e serviços humanos a partir de uma ação conjunta, possibilitou a definição das “vias de carreira” (Figura 8).

Figura 8 - Vias de carreira



Fonte: NNMI, 2016

As vias de carreira constituem parcerias público-privadas de desenvolvimento da força de trabalho. Treze agências adotaram essas vias de carreira e criaram recursos para ajudar os desenvolvedores de políticas e profissionais a desenvolver programas de apoio para implementação de caminhos a serem percorridos no ensino secundário e superior nas áreas técnicas. Todos disponibilizados *on-line*.

2. Comunicar, expandir e apoiar caminhos secundários e pós secundários com credenciamento e certificações.

Cabe aos institutos a tarefa de treinar os trabalhadores bem como ajudar os instrutores no desenvolvimento de programas efetivos para o treinamento.

Os programas seguem uma sequência coerente através dos cursos secundários e universitários, programas de aprendizado e educação cooperativa (educador-empregador), assim os alunos transitam de forma mais tranquila pelos níveis de estudo.

O programa NNMI atua como um direcionador provendo direcionamentos aos institutos e informações á todos os envolvidos no processo de formação dos profissionais. Podendo também retroalimentar institutos com o compartilhamento das

lições aprendidas conectando o STEM e as iniciativas de desenvolvimento dos trabalhadores.

A rede pode ainda fomentar institutos para exploração de oportunidades de financiamento para melhorar a formação do profissional como, por exemplo, a lei federal de Inovação e Oportunidade da Força de Trabalho.

3. Apoio à coordenação local e estadual de educação e treinamento nas habilidades requeridas da manufatura avançada.

Os institutos da rede NNMI tem boa posição para apoiar os parceiros na definição das habilidades técnicas necessárias emergentes. Os institutos podem:

- Desenvolver trabalhos conjuntos com grupos comerciais e organizações profissionais para desenvolver e credenciar trabalhos que ainda não possuem certificações apropriadas.
- Ajudar na distribuição e desenvolvimento de matriz curricular e material didático para os provedores de treinamento.
- Ofertar oportunidades para o aprendizado em sua cadeia de parceiros industriais e acadêmicos e estágios.

A rede pode atuar como um pulmão na obtenção e distribuição de informações que suportem os programas de formação dos trabalhadores. Além disso esta pode oferecer uma forma de coordenação da implementação de programas de treinamento de habilidades especializadas dentro da rede, particularmente naqueles que permeiam vários institutos e refletir sobre a emergente demanda das técnicas de fabricação.

4. Trabalhadores do conhecimento avançado: engenheiros e pesquisadores

Na busca por experiências práticas os estudantes de ciências encontram nos institutos, por meio de seus parceiros acadêmicos e dos diversos setores, profissionais especialistas em novas tecnologias e experiências práticas, interagindo com estes especialistas. Aprendendo novas habilidades nessa interação é possível criar valorosas perspectivas de emprego, novos candidatos para a preencher vagas industriais e acadêmicos de alta qualidade serão formados.

5. Identificar as novas competências necessárias para a próxima geração de trabalhadores.

Identificar novos atributos será uma necessidade para lidar com as novas tecnologias, processos e materiais que são desenvolvidos. Portanto, integrar essas novas competências às instituições de ensino ajudará na preparação da próxima geração de profissionais. Tais competências devem ser incorporadas também na incrementação das habilidades dos funcionários da indústria.

Como direcionamentos das prioridades dos institutos relacionadas ao desenvolvimento dos profissionais, as seguintes abordagens são sugeridas:

- Orientação por demanda e dados;
- Condução a resultados sustentáveis;
- Alavancar ao invés de suplantar as iniciativas dos setores público e privado;
- Focar estrategicamente em torno de oportunidades específicas.

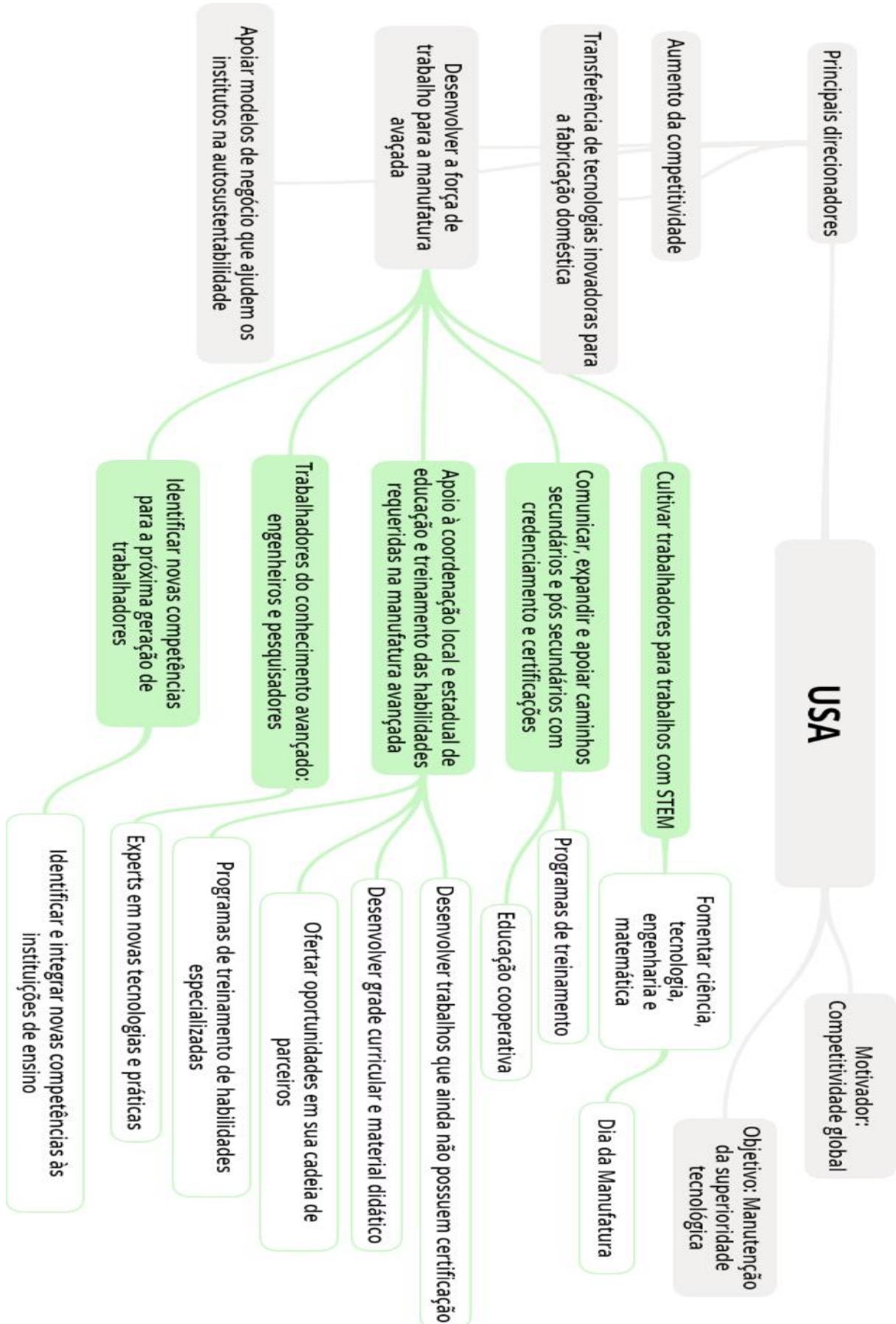
Os relatores destacam ainda o papel do Departamento de Educação no programa. Em todos os níveis o Departamento de Educação apoia com ênfase na necessidade de conhecimento e habilidades econômicas.

Os programas concentram-se nos campos da *STEM* por serem particularmente especiais no desenvolvimento de mão de obra qualificada tecnicamente para a manufatura avançada.

O Departamento gerencia os fundos de educação profissional e promove atividades de assistência e liderança como meio de divulgação dos programas de educação, desde o inicio da formação dos profissionais. Sempre com um foco especial aos programas direcionados à manufatura avançada. E apoia os esforços federais pelo desenvolvimento das habilidades técnicas.

Os direcionamentos relacionadas ao desenvolvimento da força de trabalho para a manufatura avançada nos USA estão compilados na Figura 9.

Figura 9 - Mapa mental direcionamentos USA



O mapa mental apresentado na figura 7 resume os principais direcionadores abordados no relatório dos USA e compõe o direcionador relacionado à formação dos profissionais ligados as ações recomendadas para obtenção de seu objetivo.

3.4.3 Direcionadores de formação da China

A abordagem do relatório chinês com relação à formação do profissional concentra-se tão somente no Sistema de ensino (Quadro 5), e parte das tendências levantadas nos cenários futuros criados. A partir deles a ação passa a ser executada diretamente pelo governo de forma institucional.

Quadro 5 – Resumo dos direcionamentos do plano de ação da China

| Resumo dos direcionamentos I4.0 | | |
|---------------------------------|---|--|
| Motivador | objetivos | Principais direcionamentos |
| C H I N A | Transformar a China de fabricante de produtos de baixo custo para produtos de alta tecnologia | Economia Regulamentação Investimento privado em R&D Materiais e energia Governança Urbanização Direitos humanos Economia global Conflito e paz Espaço e defesa Ambiente Aumento populacional Propriedade intelectual Comunicação global Habilidades de linguagem Sistema de educação |

O relatório aponta que o Sistema educacional Chinês tem melhorado, contudo, não é certo que o governo consiga implementar mudanças estruturais necessárias em todos os níveis para tornar a China competitiva.

Analisando o Sistema educacional a partir dos cenários futuros construídos anteriormente. Identificou-se que, nesse ritmo de melhora esse cenário caminha para dois possíveis resultados:

- Melhora significativa do sistema educacional a partir de profundas mudanças estruturais críticas do ensino primário à universidade, possibilitando o incentivo ao pensamento criativo e inovador. Onde, Universidades internacionalizadas, independentes e abertas, conduzirão a reformulação do sistema de avaliação das universidades e professores para conferir mais transparência, impulsionando a modernização das universidades privadas e públicas, ou;

- Promover uma reforma mais modesta do sistema educacional, colocando a criatividade e excelência em pesquisa num ritmo de crescimento mais lento, consequentemente, posicionando a China à margem dos principais atores internacionais.

Assim, na busca por concretizar a primeira opção, o sistema educacional chinês vem sendo atualizado e modernizado, levando em conta a meritocracia e a criatividade, impulsionando o desenvolvimento do conhecimento.

Mudanças estruturais implantadas em série em todos os níveis têm melhorado o sistema educacional chinês, impulsionando o fortalecimento da China em pesquisa e desenvolvimento (*R&D*, sigla em inglês).

Com um plano de desenvolvimento em Ciência&Tecnologia de médio e longo prazo (2006-2020), e planos de cinco anos, foi possível o incremento nos financiamentos de pequenas e médias empresas (PMEs), e aplicação transparente da lei de Direito de Propriedade Intelectual (*IPR*, sigla em inglês).

Houve também um aumento no número de patentes chinesas. Investimentos privados hoje direcionam as pesquisas no campo tecnológico com a limitação do apoio estatal devido ao desaquecimento da economia.

As pesquisas estão direcionadas ao armazenamento e distribuição de energia, matérias-primas alternativas, IoT, gerenciamento de dados, uso sustentável da terra, tecnologias ambientais, energia renovável e biotecnologias.

Tendência do sistema de educação (modo de operação)

Com um trabalho iniciado em um programa de desenvolvimento educacional criado em 1949 a China viu uma transformação de sua população com baixo nível de alfabetização, para uma potência em termos educacionais primários em 2000.

Nesse percurso a população passou de um fardo a uma vantagem, marcando a transição do ensino superior na China, pois converteu o sistema de elite para um sistema de formação em massa.

Com a universalização do ensino primário obrigatório, ocorreu um crescimento nos níveis mais elevados de educação, levando o país a produzir 13% dos artigos científicos produzidos mundialmente, e 25% dos profissionais de R&D.

As universidades chinesas abriram suas portas ao exterior conferindo o título de país asiático com o maior número de estrangeiros estudando. Essa abertura e modernização, no entanto, ainda não foram suficientes para reverter os dados da

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que aponta o nível de ensino superior entre adultos de 25 a 64, um dos mais baixos no ranking, com 22,3% e na última posição e também detém um dos menores índices de formação de jovens no ensino secundário com 76,4% e a posição 24/29.

A China também possui o menor tempo de instrução obrigatória para ensino primário e médio entre os países da OCDE parceiros.

Contudo a proporção de alunos por docente no ensino médio é uma das mais elevadas, com 16 alunos por professor (7/35) e também um dos destinos mais atraentes para estudantes estrangeiros com 2% do total (10/40).

O governo chinês entende que o desenvolvimento do ensino superior é importante para garantir sua posição mundial e nesse sentido busca elevar a taxa de inscrições no nível secundário para 90% até 2020, e em contrapartida elevar a taxa de matrícula no ensino superior para algo em torno de 40%.

Apesar do atraso em comparação com os demais membros da OCDE na maioria dos indicadores, pode-se notar melhorias graduais nas medições indicando um crescimento potencial que, no futuro, impulsionará o crescimento econômico e o desempenho de R&D.

Estima-se que a China terá em 2025 a maior população do mundo com educação superior, até 2020 serão 200 milhões. Isso coloca a educação como um dos fatores mais importantes do crescimento econômico chinês.

- A China possui 22 universidades ranqueadas entre as mais famosas do mundo. A oito anos eram 12;
- O percentual de estudantes de origem rural caiu de 30% na década de 90 para atuais 10% indicando um aumento da desigualdade do sistema educacional.

A partir do cenário construído e dos dados apontados sobre o sistema educacional chinês, os relatores apontam tópicos a serem considerados para mitigar possíveis falhas na realização desse cenário, estes são apresentados a seguir:

- Reforma do sistema Hukou para uma educação mais adequada aos filhos de imigrantes;
- Desigualdade crescente no ensino obrigatório;
- 30% dos cidadão desconfiam do sistema educacional;
- Falta de recursos na educação pública;

- Falta de incentivo à criatividade no sistema atual.

Além dos pontos de mitigação, outros pontos críticos são recomendados para aprofundamento e análise ao longo dos processos educacionais, são eles:

- Promover a mudança de produção com atividades intensivas de mão de obra para atividades intensivas em habilidades como forma de produzir uma nação líder em inovação para alcançar e, talvez ultrapassar o ocidente;
- Crescente classe média urbana;
- Globalização;
- Reformas educacionais.

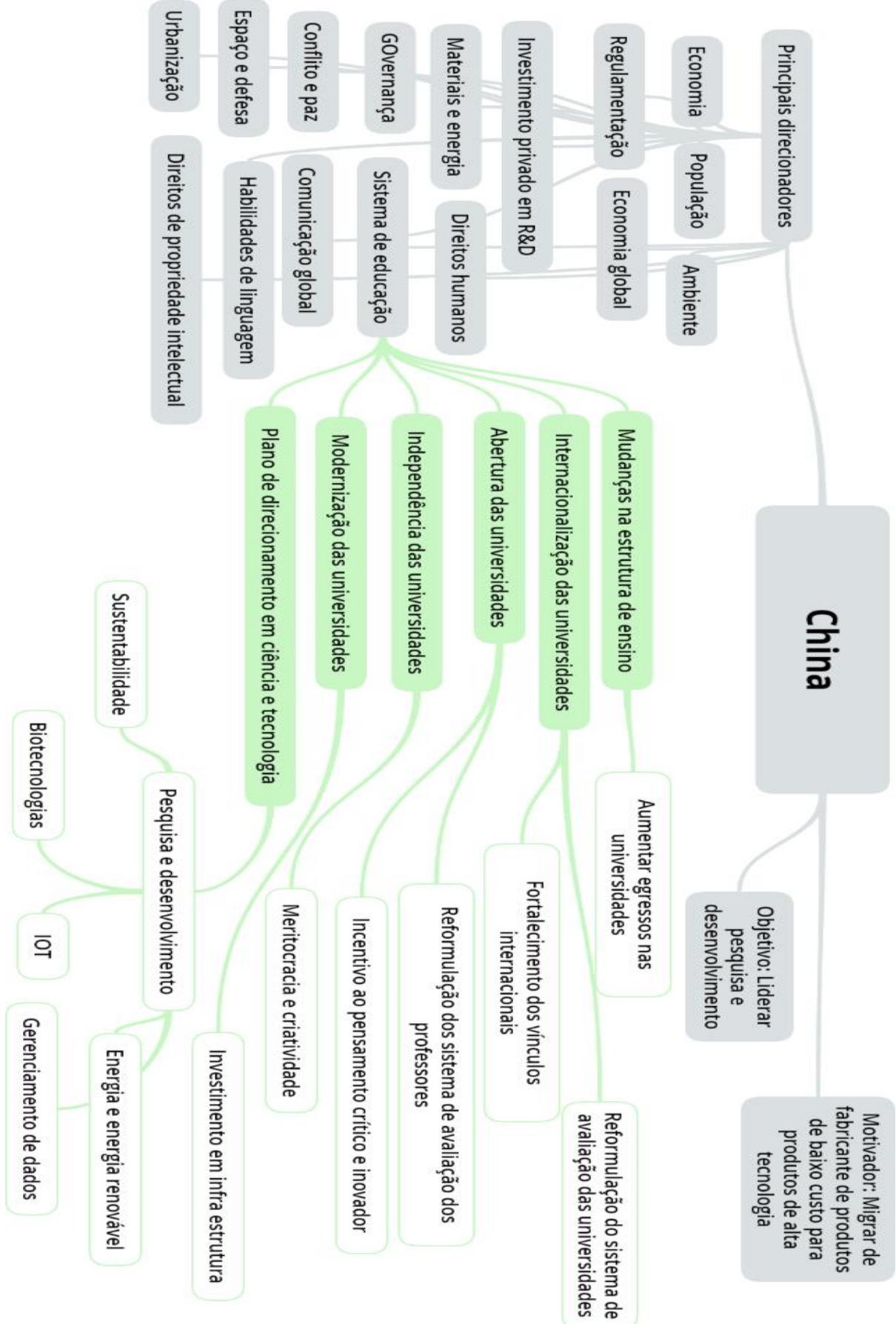
Governo, Ministério da educação, Universidades nacionais e estrangeiras, instituições de pesquisa e educacionais e a classe média, são alguns dos atores responsáveis pela transformação e condução do sistema educacional chinês.

Futuramente a China se tornará uma economia de conhecimento inovador se o governo promover as mudanças estruturais necessárias.

Como consequência a China se tornará uma potência mundial em termos de igualdade no acesso à educação, progresso tecnológico, sociedade harmoniosa e capital humano.

O mapa disposto na figura 8 resume os direcionamentos da China com relação a formação dos profissionais.

Figura 10 - Mapa mental direcionamentos China



Os principais pontos abordados no relatório chinês estão representados na Figura 10. Nele é possível verificar os tópicos relacionados ao sistema educacional e a preparação dos profissionais para o cenário futuro Chinês.

3.4.4 Direcionadores de formação do Brasil

A exemplo da revisão dos relatórios anteriores, para fins de análise deste estudo, apenas os itens de maior impacto na formação dos profissionais serão analisados a seguir.

No relatório brasileiro o direcionador que aborda a formação do profissional para a I 4.0 é a Formação de recursos humanos (Quadro 6).

Quadro 6 – Resumo dos direcionamentos do plano de ação do Brasil

| Motivador | objetivos | Resumo dos direcionamentos I4.0 |
|----------------------------|------------------------|--|
| | | Principais direcionamentos |
| B r a s i l | Competitividade global | <p>Aumento da competitividade e pela adoção de novas tecnologias</p> <p>Aplicação nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; Mecanismos para induzir a adoção de novas tecnologias; Desenvolvimento tecnológico; Ampliação e desenvolvimento da infraestrutura de banda larga; Aspectos regulatórios; Formação de recursos humanos; Articulação institucional.</p> |

O relatório destaca que, futuramente serão exigidas formações diferentes dos profissionais da I4.0 em relação a formação atual, devido à novas formas de produção.

Equipes multidisciplinares serão requeridas para a integração de diferentes formas de conhecimento, elevado nível de conhecimento técnico e uma grande capacidade de interação.

No relatório brasileiro existem algumas recomendações de ações que podem consolidar as bases de formação dos profissionais da I4.0, essas são:

- Criação de novos cursos técnicos para necessidades específicas;
- Reformulação dos cursos de engenharia, administração e outros, para adequação tecnológica;
- Criação de cursos de gestão da produção multidisciplinar com ênfase na I4.0;
- Incentivo a programas de competências tecnológicas *in company*.

Concretamente no Brasil as ações estão concentradas desde 2014 numa parceria de diversas associações e ministérios em diversos subgrupos.

No mais recente, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e o Ministério da Ciência, tecnologia e Inovação (MCTI) criaram um Grupo de Trabalho de Indústria 4.0 (GTI 4.0) em conjunto com várias outras

instituições com a finalidade de elaboração de um plano de ação para a I4.0 no Brasil (CNI a, 2016).

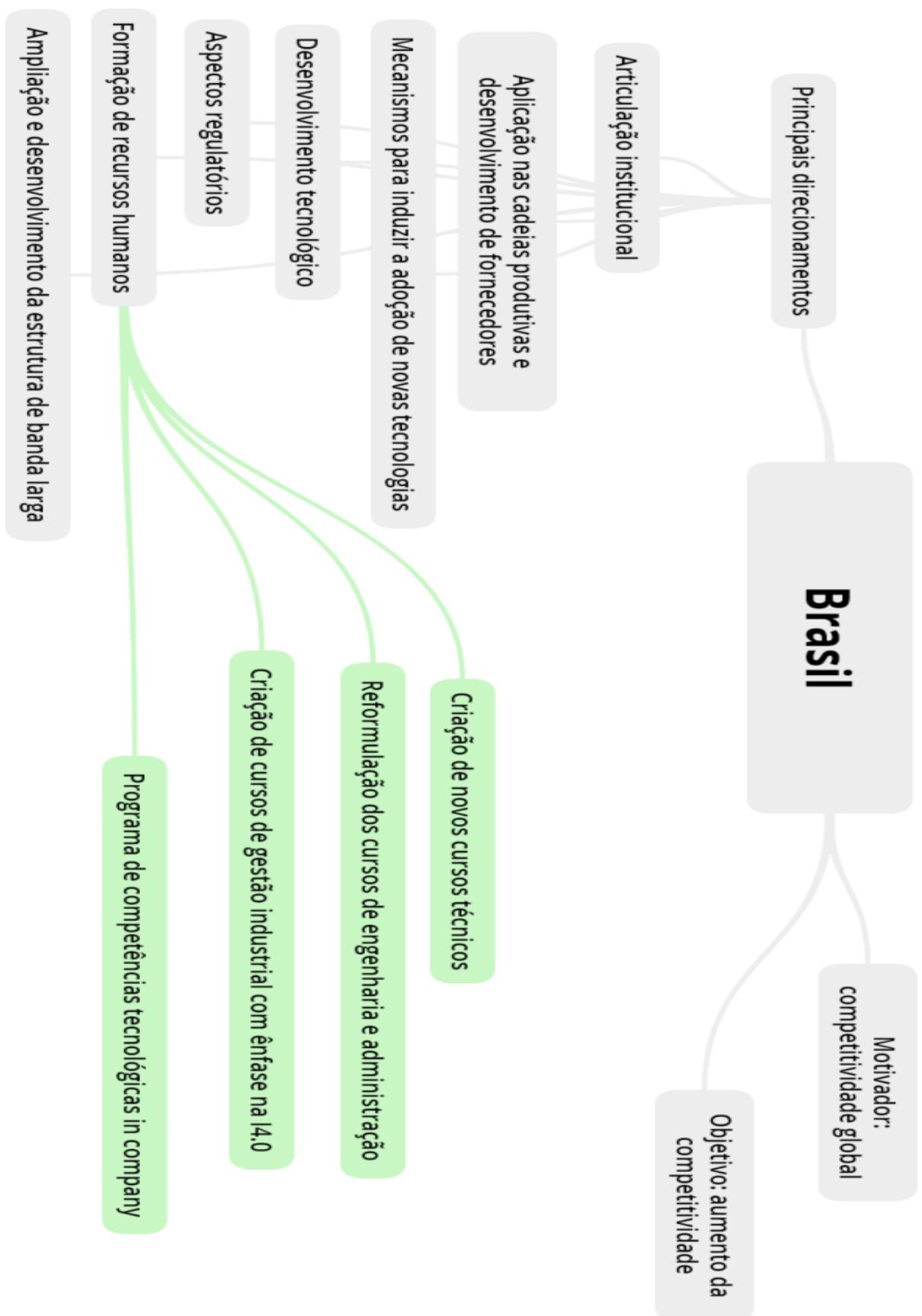
O grupo tem a coordenação do MDIC e é composto pelos ministérios da Educação, Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações; Trabalho, Fazenda e Secretaria especial de assuntos estratégicos. BNDES, FINEP, CNPq, EMBRAPII e Capes também integram o grupo. A representação acadêmica está vinculada a instituições de ensino que desenvolvam pesquisas e atividades com relação à I4.0 e manufatura avançada.

O grupo tem como prioridades o desenvolvimento estratégico governamental para a I4.0 e espera-se resultados no desenvolvimento do conhecimento tecnológico, habilidades sistêmicas e formação educacional 4.0, adoção de novas tecnologias, financiamento e fomento para a geração dessas tecnologias (MDIC, 2018).

Apesar de formado desde 2014 o GTI ainda não produziu um relatório que aborde os aspectos de implementação da I4.0.

Na Figura 9, o mapa mental representa os direcionamentos apresentados no documento emitido pela CNI.

Figura 11 - Mapa mental direcionamentos Brasil



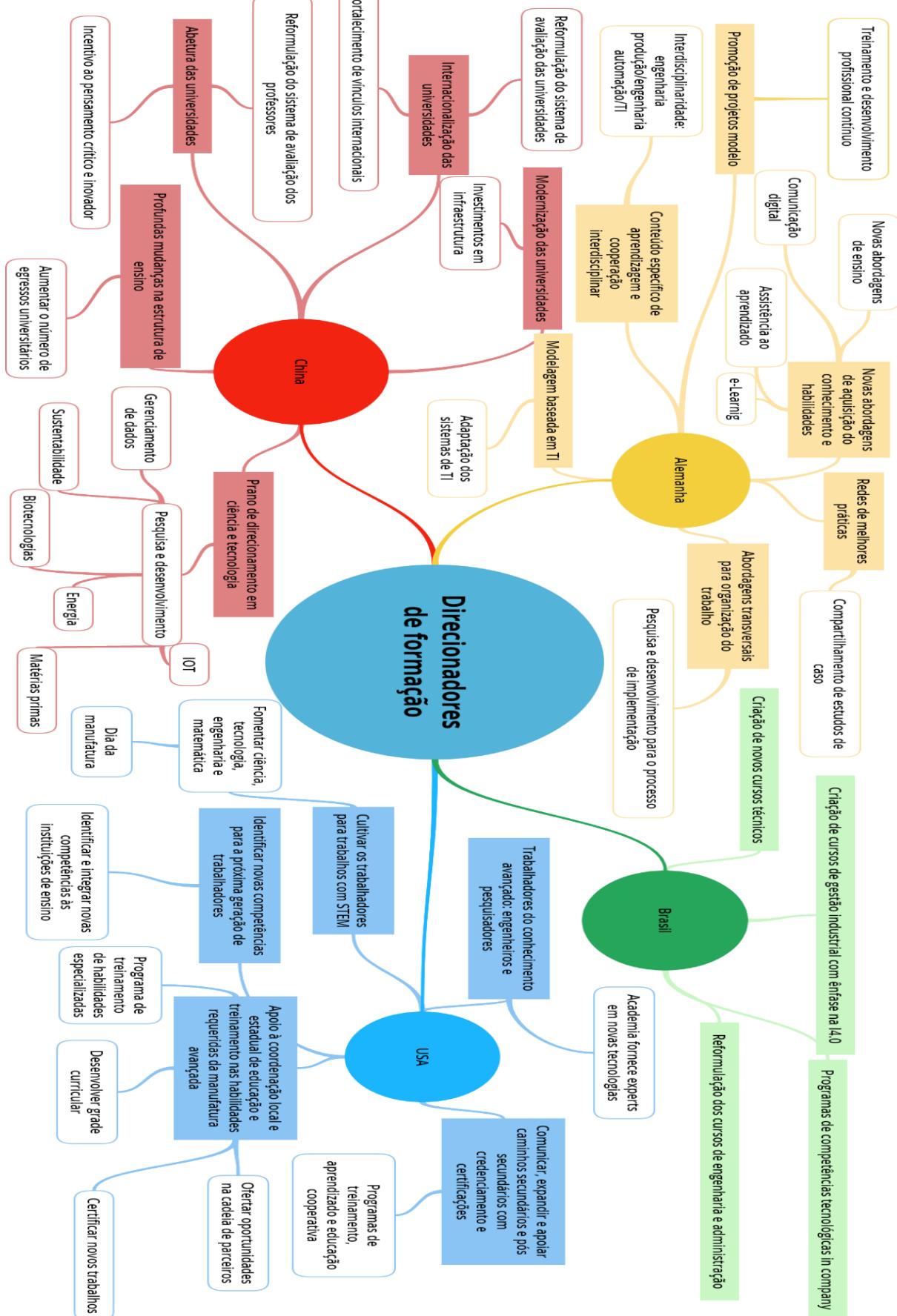
O mapa destaca a abordagem dos direcionamentos relacionados ao desenvolvimento dos recursos humanos dentre os principais direcionadores do documento brasileiro.

2.2.9 Considerações sobre os direcionadores de formação

O desenvolvimento das pessoas que permearão a I4.0 segue duas vertentes complementares: a de formação e desenvolvimento profissional contínuo desenvolvido e disseminado dentro das empresas e a da formação acadêmica.

Embora ambas desenvolvam as habilidades e competências a academia é a provedora inicial desses atributos básicos, e, portanto, a vertente a ser aprofundada com relação ao desenvolvimento da habilidades e competências (KAGERMANN, *et al* 2013).

Figura 12 - Direccionadores e ações recomendadas



A Figura 12 representa a compilação de todos os direcionamentos ligados à formação, desenvolvimento e treinamento dos profissionais para o ambiente da I4.0 presente nos relatórios analisados dos quatro países.

Os direcionamentos convergem para um modelo de desenvolvimento das habilidades e competências dividido em duas vertentes (Figura 13): formação *in loco* (no ambiente de trabalho) fora do escopo dessa pesquisa e nas instituições de ensino superior.

Figura 13 - Abordagem dos relatórios



O aprofundamento do direcionador de formação conduzido nessa etapa revelou que os programas de formação estão conectados à formação de habilidades e competências voltadas aos desafios que os profissionais enfrentarão no ambiente da I4.0 e buscam esse desenvolvimento em programas dentro da empresas com programas de desenvolvimento e nos Institutos de ensino superior com programas específicos de formação.

Contudo, esse estudo está delimitado à compreensão do desenvolvimento dentro das instituições de ensino superior, assim o desenvolvimento das habilidades e competências dentro das empresas não será abordado em profundidade.

Desta forma, esse estudo continua a investigação dos dois principais desafios apontados nos relatórios e, aborda o segundo: habilidades e competências. Como já mencionado, pela generalidade com que as habilidades e competências são tratadas nos relatórios a próxima etapa visa identificar quais são as principais habilidades e competências requeridas ao profissional da I4.0.

3.5 Habilidades e competências

Considerando que os relatórios não tratam especificamente de quais habilidades e competências devem ser desenvolvidas nos programa de formação, essa etapa busca através de uma revisão sistemática da literatura identificar quais são essas habilidades e competências.

3.5.1 Contexto

Para Pfeiffer (2015) o desenvolvimento de habilidades são substancialmente importantes para o ambiente da I4.0. Este autor destaca também que, aprendizagem contínua, interdisciplinaridade, competências em TI, competências sociais, integração, auto gestão, interação e flexibilidade como as mais relevantes no perfil do profissional, que lida hoje com uma abstração e complexidade nos mais altos níveis, para resolução dos problemas e coloca a subjetividade e o potencial dos funcionários em voga.

Da mesma forma que o tema I4.0 não possui uma definição única, as questões relacionadas às qualificações mais adequadas para os profissionais que enfrentarão os desafios impostos por esse novo modelo de indústria também não, portanto, as discussões sobre as necessidades de qualificação devem ser ampliadas e envolver especificidade e diferenciação (PFEIFFER, 2015).

Conceitos introduzidos pela I4.0 nos processos de gestão da produção desencadearam mudanças nas habilidades e competências exigidas dos funcionários e também dos gestores de pessoas nos processos de fabricação (KIESEL; WOLPERS, 2015).

O profissional da I4.0 precisa se aperfeiçoar em plataformas essenciais para o modelo industrial e deverá aprender a manejá *softwares* e programas específicos, a exemplos dos *softwares* de modelagem 3D, gerenciamento de informações e otimizações de sistemas.

Nesse sentido, iniciativas que identifiquem e desenvolvam tais competências têm surgido, como por exemplo, o programa SAP University Alliance (Festo Didactic e 8 Universidades de todo o mundo) que trabalharam em conjunto para desenvolver o currículo I4.0, desde meados de 2014. Estes incluem a Universidades de Arkansas, RWTH Aachen University, Universidade de Ciências Aplicadas de Frankfurt,

Cooperative Education Baden-Wuerttemberg Mosbach, Universidade Técnica de Darmstadt, Universidade de Aalborg, da Universidade de Birmingham, bem como da Universidade Fudan (SAP, 2015).

Em outra abordagem o Instituto para o Futuro (IFTF, 2011) preconiza que o perfil do novo profissional deve priorizar: senso crítico, utilização de novas mídias, inteligência social, flexibilidade, capacidade de abstração (compreender a traduzir conceitos e dados), competência cross-cultural (saber se relacionar com pessoas de diferentes países e culturas), interdisciplinaridade (saber trabalhar em equipes multidisciplinares e globais), colaboração a distância (criar conexões tanto presenciais quanto virtuais) e priorização (capaz de filtrar, reter e aproveitar apenas o que é importante).

Assim definir as competências necessárias para a formação do profissional ganha uma importância substancial e digna de maiores aprofundamentos.

3.5.2 Definição de habilidades e competências

Muitas definições para habilidades e competências são abordadas nos variados campos do saber como psicologia, educação, recursos humanos e gestão organizacional, contudo não há definição única (PRIFTI *et al*, 2017). Neste trabalho usou-se a definição de Gale e Brow (2003).

Competência é a junção de talento e habilidade. Ou seja, é possível exercer uma determinada função apenas com talento ou com habilidade, mas os resultados serão sempre melhores quando as duas características estão presentes no indivíduo em questão.

Uma pessoa competente é aquela que tem o talento (aptidão natural ou inata para certa atividade) e a habilidade (característica técnica que foi aprendida e melhorada através de uma abordagem teórica e prática).

Competência e habilidade são dois conceitos que estão relacionados. A habilidade é conseguir pôr em prática as teorias e conceitos mentais que foram adquiridos, enquanto a competência é mais ampla e consiste na junção e coordenação de conhecimentos, atitudes e habilidades (GALE; BROW, 2003).

3.5.3 Habilidades e competências na I4.0

Para abordar as habilidades, competências no ambiente da I4.0, buscouse um método que traga consenso sobre essa temática específica e sintetizasse o

conhecimento da área pela formulação de uma pergunta, identificação, seleção e avaliação crítica de dados publicados em estudos científicos de base eletrônica; e a revisão sistemática da literatura se mostrou mais adequada para esse propósito. Esse método permite o aprofundamento no conhecimento do tema investigado e a identificação de possíveis lacunas que podem ser preenchidas em trabalhos futuros (LOPES; FRACARELLI, 2008).

A partir da análise do referencial teórico, essa etapa do trabalho visa, identificar as principais habilidades e competências que o profissional precisa desenvolver para vencer os desafios nos processos de implementação da I4.0. Por meio de uma abordagem de revisão sistemática e análise dos dados encontrados é possível sumarizar em uma matriz as principais competências e habilidades encontradas na literatura.

Baseado no método estabelecido por Higgins (2011) a revisão sistemática foi estruturada em algumas etapas distintas: elaboração do protocolo de revisão, critérios de inclusão/exclusão, pesquisa de artigos relevantes, análise crítica, coleta dos dados e síntese. Detalhados a seguir nesse nessa sessão.

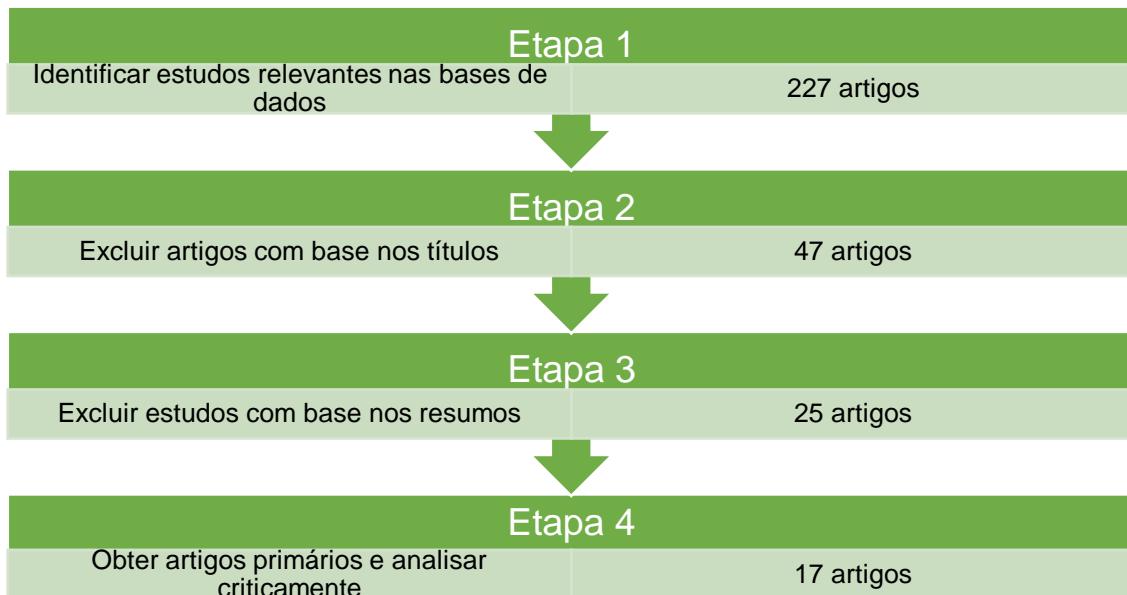
O protocolo foi elaborado de acordo com o manual Cochrane para revisões sistemáticas (HIGGINS, 2011). Nele foram especificadas as questões de pesquisa, a estratégia de busca, critérios de inclusão/exclusão, coleta dos dados e método de síntese.

Estudos elegíveis para serem inclusos nessa revisão deveriam apresentar características e/ou habilidades e/ou competências relacionadas ao profissional da I4.0. Tanto estudos acadêmicos como relatórios governamentais ou encomendados por estes à consultorias foram considerados. Não houve nenhuma restrição quanto a tipos específicos de medidas de resultados ou de intervenção. A revisão contemplou estudos qualitativos e quantitativos delimitado de 2012 até dezembro de 2017 inclusive, pois foi a partir do ano de 2012 que o termo “Indústria 4.0” passou a ser utilizado. Apenas artigos e em língua inglesa e portuguesa foram considerados nesta pesquisa.

Estrategicamente foram pesquisadas fontes eletrônicas de dados nos seguintes bancos de dados: IEEE, ISI Web of Science, Scopus, Emerald e Science Direct.

A Figura 14 apresenta o processo utilizado na revisão sistemática e a quantidade de artigos identificados em cada estágio.

Figura 14 - Etapas do processo de seleção dos artigos



No primeiro estágio foram pesquisados os títulos, resumos e palavras chave dos artigos nas bases eletrônica de dados citadas com os seguintes termos de pesquisa:

- Industry 4.0 and skills and competences;
- Industrie 4.0 and skills and competences.

Foram excluídos da pesquisa, resumos de artigos, entrevistas, resenhas, correspondências, comentários, discussões, notícias e tutoriais. Essa estratégia retornou 227 artigos com 185 sem duplicação.

Os artigos relevantes que retornaram das pesquisas da etapa 1 foram classificados com o auxílio do EndNote e exportados para o Microsoft Excel para gravar a fonte de cada citação, decisões de recuperação, *status* e decisão final de elegibilidade e para cada um dos estágios seguintes os dados foram separados em folhas do Excel para tratamento.

Na segunda etapa os autores analisaram os títulos e as palavras chave de todos os artigos resultantes da etapa 1 com a finalidade de determinar sua relevância para a revisão sistemática. Foram excluídos nessa etapa todos os artigos que claramente não tinham conexão com o termo I4.0 ou os termos equivalentes nas línguas e países que despontam como precursores. Para exemplificar a utilização dos termos “Industry 4.0” e “Skills” retornou muitos artigos sobre apenas a indústria ou

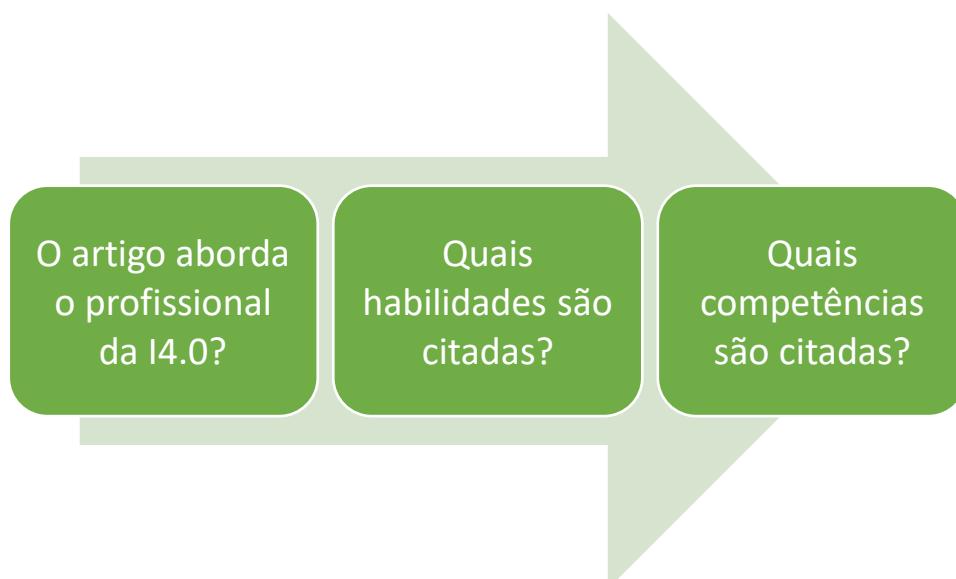
apenas habilidades em vários setores que não os da I4.0. Artigos que claramente não indicassem o enquadramento da delimitação da revisão sistemática eram excluídos. Contudo, títulos nem sempre são indicadores claros sobre o conteúdo de um artigo, por vezes, autores lançam mão de “smart títulos” que podem não transparecer o conteúdo do artigo e estes ficaram para análise na próxima etapa. Ao todo foram excluídos 137 artigos.

Na etapa 3 foram excluídos os artigos cujo foco principal não estava conectado à I4.0 pela análise dos resumos. Devido a variação na qualidade dos resumos que nem sempre davam uma indicação clara ou rica do conteúdo completo e de sua conexão com os critérios de rastreio e não deixaram claro no título, resumo e palavras-chave foram excluídos. Como resultado dessa avaliação dos autores outros 47 artigos foram excluídos restando 25 para a próxima etapa.

3.5.3.6 Coleta dos dados

Os dados foram extraídos dos 25 artigos primários incluídos na revisão sistemática de acordo com o formulário de extração apresentado na Figura 15. O formulário permitiu o registro completo dos detalhes de cada artigo revisado e sobre a abordagem de cada um deles de acordo com as perguntas de pesquisa na sequência de aplicação, no retorno positivo da primeira questão o artigo era analisado e os achados relacionados as questões subsequentes anotados. A forma com que os artigos foram relatados dificultou um pouco o processo de extração de alguns artigos e demandou uma revisão dos achados para consenso dos autores.

Figura 15 - Formulário de extração



Foram identificados 25 artigos primários relacionados a I4.0 destes apenas 17 abordavam características, habilidades e competências relacionadas ao profissional da I4.0 o que representa 68% do total dos artigos selecionados. O Quadro 7 sintetiza em uma matriz de habilidades e competências, os principais achados na revisão e apresenta as principais habilidades e competências dos profissionais da I4.0, na visão dos autores, trazendo ainda colocações como as de Pfeiffer (2015) que considera apenas uma pequena quantidade de requisitos como genuinamente novos e específico para a indústria 4.0. Citados abaixo.

- Compreensão geral das interações máquina;
- Conhecimento interdisciplinar geral dos métodos;
- Conhecimento estatístico fundamental (análise de dados e interpretação).

Quadro 7 – Matriz de habilidades, competências e outros

| | | MATRIZ DE HABILIDADES, COMPETÊNCIAS E OUTROS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|--|--|
| 14.0 | Autor | N A G A R | K A G E R | C O S T A | D O M B R | P F E I F F E R | Q U I N T | E R O L | G R A B E R | H E C K L A U | K R E I N S E N | P O S S E L T | P R I N Z | T V E N G E | K A R R E | S I M O N S | M O T Y L | B A E N A | | | |
| | Ano | 2 0 1 3 | 2 0 1 3 | 2 0 1 4 | 2 0 1 5 | 2 0 1 5 | 2 0 1 5 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | 2 0 1 6 | | |
| Habilidades e competências | Conhecimento em robótica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conhecimento em TI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Abertura à mudança | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Flexibilidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Interdisciplinaridade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Senso critico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Criatividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aprendizado contínuo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Idiomas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conectividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sensores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Empreendedorismo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vincular real ao abstrato | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sociais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Foco no elemento humano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Planejamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Organização | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Comunicação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Trabalho em equipe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Interpretação e análise de dados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cognitivas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Técnicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Novas Qualificações | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conhecimento Interdisciplinar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Compreensão da interação máquinas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conhecimento estatístico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Os objetivos, configurações, métodos de pesquisa, descrições, achados e conclusões, conforme relatado pelos autores dos estudos primários, foram analisados textualmente para realizar a análise qualitativa de dados textuais.

3.5.4 Considerações sobre habilidades e competências na I4.0

Esta etapa do estudo procurou através de uma revisão sistemática da literatura responder ao questionamento de quais são as principais habilidades e competências requeridas ao profissional da I4.0.

A pesquisa retornou um total de 22 habilidades e competências requeridas do profissional que atuará nos ambientes da I4.0. Com destaque para a habilidade em “comunicação” com 10 citações dentre os 17 autores (quadro).

Seguindo o princípio da atualidade do tema, um levantamento das definições das habilidades e competências, segundo os autores, é apresentada no Quadro 8, com a intenção de prover uma colocação contextualizada como ponto de referência para futuras relações, minimizando dúbias interpretações de uma palavra solta sem contexto.

A partir desse contexto as três habilidades e competências tidas como genuinamente da I4.0, segundo o autor Pfeiffer (2015), se enquadram em outras citadas pelos demais autores como por exemplo: “Conhecimento interdisciplinar”, que tem o mesmo contexto que “interdisciplinaridade” citada por Quint (2015), Simons (2017) e Kagermann (2013).

Quadro 8 – Contexto das habilidades e competências

| 14.0 | CONTEXTO HABILIDADES E COMPETÊNCIAS | |
|-----------------------------------|---|---|
| Habilidades e competências | Contexto | Autor |
| Abertura à mudança | Capacidade de intervir rapidamente em processos flexíveis em ambiente de tomada de decisão em tempo real | Kreinsen, Pfeiffer, Karre. |
| Aprendizado continuo | Baseada no trabalho implica fatores influenciadores (produto, processo, pessoal), bem como as alavancas técnicas (informações, ferramentas, material) e organizacionais (metodologia de aprendizado, organização de funcionários, tarefa de trabalho). Desenvolvidos em laboratórios reais ou virtuais de ambientes complexos | Tvenge, Posselt, Gruber, Quint, Pfeiffer |
| Cognitivas | Capacidade pessoal de aprender | Kreinsen, Erol, Dombrowsky, Kagermann, Nagar |
| Comunicação | Comunicação interpessoal baseada na web, fácil e inteníveis para compartilhar conhecimentos | Baena, Motyl, Simons, Karrel, Prinz, Posselt, Kreinsten, Gruber, Erol, Pfeiffer |
| Conectividade | Conhecimentos em meios de conexão e transferência de dados nas interfaces M2M e Homem/Máquina | Quint, Costa, Motyl |
| Conhecimento em robótica | Crescente grau de automação - deve entender uma grande quantidade de questões técnicas diferentes tanto na lógica individual como no efeito combinado - incluindo materiais do produto, processos de desgaste e controle do robô | Pfeiffer |
| Conhecimento em TI | Envolve a compreensão da engenharia de produção clássica, mas também as competências em internet, sensores e tecnologias da informação para gerenciamento dos CPSs | Motyl, Simons, Karre, Hecklau, Quint, Pfeiffer |
| Criatividade | Construção de ambientes socialmente distribuídos, envolvendo equipes interdisciplinares e interorganizacionais heterogêneas para busca de solução a problemas complexos | Hecklau, Erol, Pfeiffer, Costa |
| Empreendedorismo | Conhecimento e criação de novos modelos de negócio e novas formas de usar a tecnologia | Kreinsen, Quint, Costa |
| Flexibilidade | Poder de adaptação a ambientes ágeis e inovadores em constante mudança para atender o cliente de forma personalizada | Kreinsen, Hecklau, Erol, Pfeiffer |
| Foco elemento humano | Foco no desenvolvimento humano na condução dos sistemas operacionais nas tarefas orientadas a processos. Workplace | Tvenge, Kreinsen, Dombrowsky |
| Idiomas | Entender e se comunicar com clientes e parceiros globais | Erol, Hecklau |
| Interdisciplinaridade | Cooperação entre engenharias, produção, automação, telecom, para permitir a interação inter e extra produção | Quint, Pfeiffer, Simons, Kagermann |
| Interpretação e análise de dados | Coleta, exploração e processamento de dados que permitam o planejamento inteligente e controle de processos e redes de produção em tempo real | Karre, Prinz, Erol, Pfeiffer, Kagerman |
| Organização | Pensamento auto-organizado do trabalho | Hecklau, Gruber, Pfeiffer, Dombrowsky, Karre |
| Planejamento | Planejamento da produção voltado ao controle descentralizado por CPS e treinamento | Grabler, Quint, Dombrowsky |
| Senso critico | Análise racional e lógica para a tomada de decisões em ambientes altamente complexos | Pfeiffer |
| Sensores | Conhecimento em diferentes tipos de sensores e atuadores, como sensores de proximidade, barreiras de luz, servos e muito mais presentes no CPS | Quint |
| Sociais | Envolvimento, promoção e engajamento em termos de uso de suas habilidades e experiências para planejamento ou resposta a demandas em tempo real | Karre, Posselt, Kreinsen, Pfeiffer, Kagermann |
| Técnicas | Desenvolvimento de habilidades técnicas específicas da I 4.0 | Motyl, Simons, Kreinsen, Hecklau, Gruber, Dombrowsky |
| Trabalho em equipe | Capacidade de atuar em times colaborativos inter e extra disciplinares | Baena, Motyl, Karre, Tvenge, Hecklau, Erol, Pfeiffer |
| Vincular real ao abstrato | A qualidade abstrata do mundo dos dados deve ser constantemente reconcretizada, ou seja, os processos materiais, partes e tecnologias - deve ser reconectado à representação abstrata e vice versa. | Simons, Pfeiffer |

Dessa forma esse capítulo identificou os principais desafios enfrentados pelos países de vanguarda da I4.0, destacou os dois mais citados, tratando-os em profundidade; o que possibilitou a identificação das principais habilidades e competências requeridas ao profissional da I4.0 e que, o desenvolvimento delas passa pelos programas de formação dos institutos de ensino superior.

Assim, o próximo capítulo busca, por meio de um estudo de caso, compreender se essas habilidades e competências são desenvolvidas nos cursos oferecidos pelos 5 institutos de ensino superior delimitados.

Capítulo 4

4. Estudo de caso

Considerando os cursos superiores como base de formação dessas habilidades e competências, passa-se a analisar a estrutura universitária no Brasil, sua relação com o mercado e com a engenharia de produção no próximo tópico.

4.1 Estrutura universitária pública e Engenharia de produção

Baseando-se na premissa dos relatórios que apontam os cursos de ensino superior como fundamentalmente importantes no processo de formação dos profissionais para o ambiente da I4.0, este capítulo busca apresentar uma visão geral do ensino superior no Brasil e aprofundar na análise dos cursos de Engenharia de produção oferecidos pelas universidades do estado de São Paulo, a fim de identificar em suas estruturas um alinhamento, ou não, da formação desses profissionais com os pontos levantados nos capítulos anteriores.

4.2 Visão geral das universidades no Brasil

As instituições de ensino superior no Brasil foram criadas por iniciativa da Corte portuguesa com aglutições, reorganizações e fragmentações os cursos criados por D. João VI formando a base da formação de nossas faculdades e escolas constituindo o conjunto de nossas instituições de ensino superior até a República.

Inicialmente concebida, segundo Mendonça (2000), como um meio de controle do ensino superior e tendências centralizadoras do estado, a universidade no Brasil passou por muitos caminhos até sua institucionalização em 1940 após a criação da Universidade de São Paulo (USP) em 1934 e a Universidade do Distrito Federal (UDF) com a competência de estudar os grandes problemas nacionais independente de

pontos de vista e divergências. Nelas cientistas, sábios, técnicos, educadores e a elite do ensino seriam formados.

Impulsionada pelo populismo governamental nas duas décadas que sucederam observa-se uma grande expansão das instituições de ensino saltando de 5 em 1945 para 37 em 1964 ainda constituídas pela agregação de escolas profissionalizantes constituídas em sua grande maioria pela federalização de faculdades estaduais ou particulares, assim começaram os questionamentos acerca da modernização do ensino superior para alavancar as necessidades do desenvolvimento social e econômico do país (MENDONÇA, 2000).

O processo de modernização do ensino superior tem seu maior avanço a partir da criação, por força de lei, da Universidade de Brasília (UB) que além de considerada a universidade mais moderna do país à época, representou uma cisão na história universitária que pela organização institucional e exemplo de USP e UDF nos anos 30, quer por suas finalidades (FÁVERO, 2006).

Intensos debates nas universidades, manifestações populares e mobilização estudantil pressionam o Governo no início de 1968 pela busca de soluções aos problemas educacionais e culminaram, entre outras, na criação, por meio de decreto, do Grupo de Trabalho (GT) com a finalidade de buscar medidas para a resolução da crise da Universidade. Esse grupo trouxe à luz fatos organizacionais das universidades que apontavam que apesar de progressos o tradicionalismo das faculdades continua sendo a base das universidades e não se mostra compatível com a demanda de progresso e desenvolvimento. Embora haja uma expansão nos números de instituições, elas ocorrem por simples multiplicação de unidades e mantêm uma estrutura anacrônica que impede o processo de desenvolvimento, menciona ainda que, o sistema universitário como um todo não tem condições de fomentar a investigação científica e tecnológica, falta, portanto, flexibilidade além dos moldes tradicionais para atender a essa demanda.

Mesmo contando com ampla legislação para reestruturação das universidades brasileiras presentes nos decretos de 66 e 67, ela começa a ganhar impulso significativo após os resultados apontados pelo GT, e o diálogo sobre legislação básica da reforma universitária faz sentido para aumentar a eficiência e produtividade universitária (FÁVERO, 2006).

Aprovado de forma urgente e transformado na lei 5.540 o relatório traçava linhas gerais para a consolidação das universidades brasileiras na sua função tripla de ensino, pesquisa e extensão enfatizando sua indissolubilidade. Nesse ponto, ainda que irregular iniciam um processo de consolidação com um importante impulso que foi a institucionalização da carreira docente e implantação dos cursos de pós-graduação. À parte, a autonomia não teve uma efetivação completa devido a centralização de recursos pelo governo federal e pela concentração oligárquica de acadêmicos tradicionais e de novos segmentos. Com o arrefecimento do regime militar o debate sobre as direções do ensino superior foi retomado, principalmente pela organização dos docentes em associações e sindicatos e até por iniciativas governamentais sem muito efeito prático. Mudanças substanciais passaram a ocorrer pela condução da reforma do sistema de ensino iniciada em 1995 que culminou na Lei de Diretrizes e Bases (LDB, Lei nº 9394/1996) (MENDONÇA, 2000).

4.3 Universidades públicas de São Paulo

Portanto três momentos marcaram o desenvolvimento das universidades estaduais passando pelo seu surgimento, seguido por um período de retração e depois de expansão.

De 1912 a 1940, esse primeiro momento marca a criação de instituições universitárias por intelectuais, lideranças políticas e sociedade. Como por exemplo: Universidades de São Paulo, Rio Grande do Sul, Bahia e Pernambuco. Período esse caracterizado pela alternância com sinalizações de regulamentação, em primeira instância pelo decreto 19.851 com a organização conferida ao Governo federal, estadual e privadas e depois suprimida pela constituição de 34 que incumbe aos estados a organização dos sistemas de ensino (PASSOS; LOPES, 2015).

De 1940 a 1960, o segundo período movimentou-se em dois sentidos, com a federalização de algumas escolas, ou seja, a conversão de estudais em federais e o surgimento de novas escolas, promovendo uma retração das universidades estaduais. A conversão se deveu a diversos fatores como por exemplo: a falta de recursos, pressão pelo aumento de vagas e pleito de professores e funcionários para enquadramento no regime dos servidores federais. Já a criação de novas escolas a partir da reforma de 1968 possibilitou a criação das Universidades estaduais de Londrina, Ponta Grossa, Campinas, Paulista, Maringá e Ceará (PASSOS; LOPES, 2015).

De 1980 até 1996, o terceiro período, o que se observa é uma expansão com um aumento em números absolutos de 9 para 18 até o ano de aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9394/1996), um aumento que ficou atrás apenas do setor privado. Portanto o cenário de participação das universidades estaduais até 1996 representava um terço do total de instituições (PASSOS; LOPES, 2015).

Estudo conduzido por Passos e Lopes (2015) considera que a partir da Constituição Federal de 1988 e a LDB as universidades estaduais passaram para o regimento educacional estadual que resultou em uma importante consequência, já que fugia das ingerências do governo federal com relação à academia e conferia maior autonomia com relação aos repasses de parcela da arrecadação de impostos. O que se observa é um crescimento menor que as instituições federais e a manutenção da terceira colocação em números de instituições, ingressantes, vagas, concluintes e matrículas, contudo não lhe garantiu expansão, ao contrário, ocorreram reduções significativas nas participações como por exemplo no percentual de vagas que caiu de 12 para 5 (Tabela 1), portanto ocorreram aumentos significativos nos números de vagas, instituições, etc., mas uma redução da participação quando comparada as universidades federais e privadas (PASSOS; LOPES, 2015).

Tabela 1 - Número de vagas nas universidades por dependência administrativa e percentual de aumento entre 1997 e 2013

| Dependência administrativa | 1997 | | 2013 | | Cresc. (%) 1997-2013 |
|----------------------------|---------|-----|-----------|-----|-------------------------|
| | Abs | % | Abs | % | |
| Federal | 85.178 | 19 | 271.207 | 10 | 218 |
| Estadual | 55.743 | 12 | 134.939 | 5 | 142 |
| Municipal | 20.396 | 5 | 52.222 | 2 | 156 |
| Privada | 282.093 | 64 | 2.217.855 | 83 | 686 |
| Total | 443.410 | 100 | 2.676.223 | 100 | 503 |

Fonte: Passos e Lopes 2015

Face aos desafios de competitividade apontados como objetivos em pelo menos dois dos relatórios e menção nos demais, a concentração de capital e pesquisa e desenvolvimento, as dificuldades na qualidade e disseminação da educação, e a importância da engenharia de produção, apontada como uma das peças chave no ambiente da I4.0, e com o segundo maior número de concluintes dentre as engenharias (Tabela 2), faz-se necessária uma reflexão acerca do papel das

universidades públicas que oferecem o curso de Engenharia de Produção nesse contexto.

Tabela 2 - Participação estadual das engenharias

| INEP 2016 | Produção | | | Civil | | | Elétrica | | | Mecânica | | |
|------------------|----------|-------|--------------|--------|-------|--------------|----------|------|--------------|----------|-------|--------------|
| | Brasil | SP | Participação | Brasil | SP | Participação | Brasil | SP | Participação | Brasil | SP | Participação |
| Intituições | 80 | 12 | 15,0 | 110 | 12 | 10,9 | 82 | 7 | 8,5 | 73 | 9 | 12,3 |
| Cursos | 126 | 18 | 14,3 | 153 | 16 | 10,5 | 123 | 16 | 13,0 | 111 | 14 | 12,6 |
| Matrículas | 30736 | 4753 | 15,5 | 51089 | 6146 | 12,0 | 33973 | 3801 | 11,2 | 34491 | 6097 | 17,7 |
| Concluintes | 3355 | 592 | 17,6 | 5605 | 945 | 16,9 | 2932 | 502 | 17,1 | 3360 | 745 | 22,2 |
| Vagas oferecidas | 8838 | 1083 | 12,3 | 11490 | 1433 | 12,5 | 7290 | 584 | 8,0 | 7291 | 1077 | 14,8 |
| Inscritos | 103483 | 19947 | 19,3 | 204748 | 33843 | 16,5 | 84211 | 8823 | 10,5 | 106824 | 20549 | 19,2 |

Fonte: INEP 2016

O estado possui 5 instituições públicas gratuitas ativas que oferecem o curso de Engenharia de Produção em 11 unidades distribuídas pelo estado de São Paulo com uma oferta total de 575 novas vagas por ano conforme ilustrado no Quadro 9 (MEC, 2018).

Quadro 9 - Instituições públicas gratuitas que oferecem o curso de Engenharia de Produção no estado

| Instituição | Sigla | Região | Vagas |
|--|---------|---------------|-------|
| Universidade Federal de São Carlos | UFSCAR | São Carlos | 100 |
| Universidade Federal de São Carlos | UFSCAR | Sorocaba | 60 |
| Universidade Estadual de Campinas | UNICAMP | Limeira | 60 |
| Universidade de São Paulo | USP | Lorena | 50 |
| Universidade de São Paulo | USP | São Carlos | 40 |
| Universidade de São Paulo | USP | São Paulo | 75 |
| Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita | UNESP | Bauru | 40 |
| Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita | UNESP | Itapeva | 40 |
| Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita | UNESP | Guaratinguetá | 30 |
| Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo | IFSP | Registro | 40 |
| Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo | IFSP | São Paulo | 40 |

Fonte: MEC, 2018

O Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos (Depecon) da Fiesp (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) que elabora pesquisas e análises econômicas relacionadas ao desempenho e identificação dos problemas enfrentados pela indústria separa o estado em 39 regiões, e para efeitos desse estudo as regiões que tem instaladas unidades das universidades públicas foram tabuladas e estão dispostas na Tabela 3 para ilustrar a demanda de força de trabalho gerada pela indústria de transformação nas regiões e as ofertas de vagas para formação de engenheiros de produção (FIESP, 2018).

Tabela 3 - Panorama indústria, emprego e vagas por região

| Região | Instituição | PIB região (bilhões) | Participação (%) | Posição | Empregos | Indústrias | Vagas | Nº eng/ind | % eng/empregos |
|--------------|-------------|----------------------|------------------|-----------------|----------|------------|-------|------------|----------------|
| São Paulo | USP/IFSP | 640,2 | 34,5 | 1 ^a | 390431 | 23753 | 115 | 0,005 | 0,029 |
| Bauru | UNESP | 22,5 | 1,2 | 19 ^a | 33303 | 1204 | 40 | 0,033 | 0,120 |
| São Carlos | USP/UFSCAR | 17,2 | 0,9 | 25 ^a | 35830 | 1371 | 140 | 0,102 | 0,391 |
| Limeira | UNICAMP | 14,2 | 0,8 | 30 ^a | 35584 | 1655 | 60 | 0,036 | 0,169 |
| Sorocaba | UFSCAR | | | | | | | | |
| Itapeva | UNESP | 66 | 3,6 | 5 ^a | 107744 | 3297 | 100 | 0,030 | 0,093 |
| Lorena | USP | | | | | | | | |
| Gurarinquetá | UNESP | 37 | 2 | 13 ^a | 48024 | 1427 | 80 | 0,056 | 0,167 |
| Registro | IFSP | 10,7 | 0,6 | 34 ^a | 3340 | 233 | 40 | 0,172 | 1,198 |

Fonte: INEP (2018), FIESP (2018)

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) estima um déficit de 20 mil engenheiros por ano, aponta também que no Brasil hoje há 6 profissionais para cada mil trabalhadores, um número considerado bastante baixo quando comparado aos Estados Unidos, por exemplo, que essa proporção é de 25 para cada mil trabalhadores e destaca ainda que a maior parte dos formandos opta pela engenharia civil, área esta que menos concentra tecnologias.

Levando em consideração os números apontados pelo CONFEA que registra 360319 engenheiros com CREA ativo no estado de São Paulo com uma representatividade de 71% do número de engenheiros da região sudeste. Destes apenas 8639 são engenheiros de produção (2,3%), um número inferior ao do Rio de Janeiro que concentra 9134 engenheiros de produção (CONFEA, 2018).

Tomando por base os 25 engenheiros por cada mil empregados nos Estados Unidos e o percentual de engenheiros de produção do estado, pode-se inferir que o número de engenheiros de produção poderia ser de 0,6 engenheiros por mil empregados e, portanto, para a região estudada onde a geração de empregos soma 654256 postos têm uma demanda de 392 engenheiros de produção. Assim com uma taxa de conclusão de 38% das 575 vagas ofertadas no estado pelas universidades públicas gratuitas, formam cerca de 218 engenheiros de produção, gerando um déficit de 55% da oferta de engenheiros pelas vagas ofertadas.

4.4 Engenharia de produção

Para subsidiar o panorama atual da oferta de cursos da engenharia brasileira, foi conduzida uma análise dos dados da Sinopse Estatística da Educação Superior entre os anos de 2012, quando o termo e a disponibilidade de artigos relacionados I4.0 começaram a aparecer com maior frequência e, 2016 que é o ano da última

edição da Sinopse emitida pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão governamental ligado ao MEC com a atribuição de divulgação dos resultados das pesquisas relacionada à educação brasileira.

Os direcionamentos obtidos dessa análise foram analisados sob a perspectiva da evolução nesse período com vistas à oferta de cursos relacionados com Engenharia de Produção e os outros cursos mais procurados e ofertados dentro das engenharias, representados na tabela 4 e na tabela 5, que apresentam essa evolução no âmbito nacional e estadual, respectivamente das universidades públicas.

As engenharias de produção, civil, elétrica e mecânica representam 38,1% da oferta total de vagas no Brasil em universidades públicas, portanto, representam a maior fatia de oferta dentre todos os cursos oferecidos no país. Embora isso represente menos de um décimo das vagas em engenharia oferecidas pelas instituições privadas de ensino superior que são em números absolutos 990091 das privadas contra 91597 das públicas as inscrições nas universidades públicas ainda representam 12,7% a mais que nas privadas e com um índice de concluintes 64% maior. Por esta razão elas são destacadas na Tabela 4 em termos comparativos para ilustrar o panorama dos cursos de engenharia e sua evolução (INEP, 2016).

Tabela 4 - Participação no total de cursos de engenharia oferecidos

| INEP 2016 | Oferta total | Produção | | Civil | | Elétrica | | Mecânica | | Total | |
|-----------------|--------------|----------|--------------|--------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|--------|--------------|
| | | Oferta | Participação | Oferta | Participação | Oferta | Participação | Oferta | Participação | Oferta | Participação |
| Intituições | 194 | 80 | 41,2 | 110 | 56,7 | 82 | 42,3 | 73 | 37,6 | 345 | 177,8 |
| Cursos | 1558 | 126 | 8,1 | 153 | 9,8 | 123 | 7,9 | 111 | 7,1 | 513 | 32,9 |
| Matrículas | 340020 | 30736 | 9,0 | 51089 | 15,0 | 33973 | 10,0 | 34491 | 10,1 | 150289 | 44,2 |
| Concluintes | 34073 | 3355 | 9,8 | 5605 | 16,4 | 2932 | 8,6 | 3360 | 9,9 | 15252 | 44,8 |
| Vagas oferecida | 91597 | 8838 | 9,6 | 11490 | 12,5 | 7290 | 8,0 | 7291 | 8,0 | 34909 | 38,1 |
| Inscritos | 1199678 | 103483 | 8,6 | 204748 | 17,1 | 84211 | 7,0 | 106824 | 8,9 | 499266 | 41,6 |

Fonte: INEP 2016

Um quarto da oferta de vagas e cursos de engenharia das universidades públicas são atribuídos à engenharia de produção. Em comparativo com 2012 (Tabela 5) o número de instituições que oferecem o curso cresceu pouco (5,3%), contudo houve um aumento de 41% no número de vagas e 46,7% de concluintes, isso representa 29% mais concluintes por instituição.

Tabela 5 - Evolução oferta cursos engenharia

| INEP | Produção | | | Civil | | | Elétrica | | | Mecânica | | |
|------------------|----------|--------|----------|--------|--------|----------|----------|-------|----------|----------|--------|----------|
| | 2012 | 2016 | Variação | 2012 | 2016 | Variação | 2012 | 2016 | Variação | 2012 | 2016 | Variação |
| Intituições | 76 | 80 | 5,3 | 91 | 110 | 20,9 | 74 | 82 | 10,8 | 65 | 73 | 12,3 |
| Cursos | 117 | 126 | 7,7 | 116 | 153 | 31,9 | 110 | 123 | 11,8 | 93 | 111 | 19,4 |
| Matrículas | 24129 | 30736 | 27,4 | 38872 | 51089 | 31,4 | 27683 | 33973 | 22,7 | 25864 | 34491 | 33,4 |
| Concluintes | 2287 | 3355 | 46,7 | 5931 | 5605 | -5,5 | 2296 | 2932 | 27,7 | 2701 | 3360 | 24,4 |
| Vagas oferecidas | 6270 | 8838 | 41,0 | 8979 | 11490 | 28,0 | 6843 | 7290 | 6,5 | 6213 | 7291 | 17,4 |
| Inscritos | 102179 | 103483 | 1,3 | 213508 | 204748 | -4,1 | 72397 | 84211 | 16,3 | 95676 | 106824 | 11,7 |

Fonte: INEP 2016

Esse número ganha maior representatividade quando comparado ao curso de engenharia civil que aumentou em 20,9% o número de instituições que oferecem este curso e experimentou um recuo de 5,5% no número de concluintes. Essa progressão coloca engenharia de produção em destaque dentre as demais e merecedora de atenção e estudos relacionado ao seu papel fundamental dentro dos processos industriais.

Diante do destaque e crescimento da engenharia de produção faz-se necessário ampliar o conhecimento acerca das bases que constituem o curso, sua regulamentação e diretrizes curriculares. Assim, essa visão será construída no próximo tópico

4.4.1 Histórico da Engenharia de Produção

Com o desenvolvimento da indústria a Engenharia de Produção surge como meio estruturante dos sistemas de produção. Com a finalidade de otimização de processos e custo ela abrange pesquisa operacional, avaliação de investimentos e sistemas de produção, aplicação e métodos de custeio, engenharia econômica bem como aplicações de matemática financeira e economia. No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), seu surgimento se deu a partir da vinda de multinacionais que chegaram com sua dinâmica de fabricação já consolidada no Projeto Pedagógico deste Curso no exterior e, portanto, demandou um processo de adaptação às condições brasileiras de logística, trabalho e matéria prima (ABEPRO, 2018)

Formado sob uma perspectiva de intersecção entre engenharia, economia e administração tem em sua atuação dentro das organizações uma atuação mais sistemática quando comparado a de outros engenheiros segundo a UNESP (2018). Para a ABEPRO (2018) a engenharia de produção possui nove subáreas do conhecimento que direcionam as atividades do profissional:

- Engenharia de operações e Processos da Produção;
- Logística;
- Pesquisa operacional;
- Engenharia da qualidade;
- Engenharia do produto;
- Engenharia organizacional;
- Engenharia econômica;
- Engenharia do trabalho;
- Engenharia da sustentabilidade.

A maior parte das escolas forma o engenheiro para compreender de forma abrangente uma empresa e atuar em atividades gerenciais dada essa gama disciplinar oferecida. Sob essa perspectiva poder-se-ia confundir a atuação deste profissional com a de um administrador não fosse por seu diferenciado conhecimento em pesquisa operacional e tecnologias de processos produtivos (UNICAMP, 2018).

4.5 Formação do Engenheiro de Produção

Segundo a resolução CNE/CES 11/2002 do Conselho Nacional de Educação os cursos de engenharia devem demonstrar por meio de um Projeto Político Pedagógico (PPP) um conjunto de atividades claramente elaborado que garanta para o egresso o perfil desejado bem como as habilidades e competências que se esperam desenvolver ao longo do curso (MECb, 2018).

4.5.1 Diretrizes curriculares

O Ministério da educação (MEC) através do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação superior no despacho CNE/CES 1362/2001 apresenta as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia pontua os desafios do ensino de engenharia no Brasil como uma realidade mundial com uma demanda intensa em tecnologia e ciência exigindo dos profissionais uma qualificação alta.

Entende ainda que ‘qualificação profissional’ tem sofrido alterações em seu conceito dada a associação de componentes que têm exigido além da coordenação das informações, interagir com pessoas e dinamizar a interpretação da realidade, propondo soluções que considerem os problemas de forma mais abrangente indo além de aplicação de técnicas corretas. As Instituições de Ensino Superior no Brasil

(IES) têm conduzido com certa periodicidade reformas para se adequar a esse cenário, e que, por vezes, não tem obtido êxito porque têm privilegiado a acumulação de conteúdo como forma de garantir a formação de um bom profissional.

Atualmente a direção que se busca aos cursos de graduação tendem para modelos estruturais flexíveis que permitem ao profissional opções nas áreas de conhecimento e atuação, base com enfoque nas competências, articulação permanente com o campo profissional, ênfase na interdisciplinaridade e síntese, abordagem pedagógica focada no aluno, integração social, preservação ambiental e valorização do ser humano, vinculação entre teoria e prática e articulação direta com a pós-graduação.

Desta forma o conceito antigo de currículo que compreende a matriz curricular dá lugar a um conceito mais amplo que caracteriza um conjunto de experiências de aprendizado que o egresso se apropria durante o desenvolvimento de um programa de estudos integrado.

Projeto curricular é entendido como a formalização do currículo de um determinado curso pela instituição em um dado momento. Nele três elementos são considerados fundamentais:

O primeiro é a ênfase no conjunto de experiências aprendidas, indo, portanto, além das fronteiras de atividades convencionais devendo abranger atividades complementares como:

- iniciação científica e tecnológica;
- programas de treinamento amplos;
- programas de extensão universitários;
- visitas técnicas;
- eventos científicos;
- atividades culturais e sócias desenvolvidas pelos alunos de graduação.

O segundo ponto refere-se à participação. A consolidação do aprendizado só acontece quando o estudante participa ativamente na construção de seu conhecimento e experiência com a participação e orientação do professor.

Por fim conceitualiza-se um programa de estudos coerentemente integrado que fundamente na absorção total do conhecimento pelo estudante. Assim abre-se a possibilidade de estruturar de forma inovadora os cursos a partir da proposta de

Diretrizes Curriculares. Somando-se à estrutura tradicional de disciplinas pela matriz curricular a possibilidade de implantar experiências inovadoras.

As diretrizes propostas para os cursos de graduação em engenharia consideram 5 pontos principais:

- Perfil do egresso;
- Competências e habilidades;
- Estrutura do curso;
- Conteúdos curriculares;
- Estágios.

4.5.1.1 Perfil do egresso

Deve compreender formação técnica e profissional sólida com capacidade de entender e desenvolver novas tecnologias, de forma crítica e criativa identificar e resolver problemas levando em consideração aspectos sociais, políticos, ambientais, económicos e culturais, visando atender as demandas sociais com ética e humildade (MECb, 2018).

Cada instituto define um perfil (Quadro 10) de formação para seus egressos com base nas diretrizes do MEC, em um conjunto de habilidades e competências e até mesmo posturas que se espera desenvolver no profissional, a posição que se espera para o profissional no mercado (USFSCAR, 2018). A UNICAMP (2018), para citar uma abordagem, usa a estimulação pela confecção de trabalhos nas disciplinas para moldar o perfil do egresso pela aquisição de conhecimentos técnicos, habilidades em comunicação e criatividade.

Quadro 10 – Perfil do egresso em Engenharia de Produção

| Perfil do egresso | |
|--|--|
| U F S C A R | Um profissional com sólida formação científica e profissional geral que o capacite a identificar, formular e solucionar problemas ligados às atividades de projeto, operação e gerenciamento do trabalho e de sistemas de produção de bens e/ou serviços, considerando seus aspectos humanos, econômicos, sociais e ambientais, com visão ética e humanista em atendimento às demandas da sociedade. Esse profissional deve ser criativo e flexível, ter espírito crítico, iniciativa, capacidade de julgamento e tomada de decisão, ser apto a coordenar e atuar em equipes multidisciplinares, ter habilidade em comunicação oral e escrita e saber valorizar a formação continuada. |
| U N I C A M P | Os estudantes são capacitados nas áreas de processos de fabricação, materiais para engenharia, metrologia, projeto mecânico e gestão da produção, com forte base em ciências e matemática. Este conjunto de conhecimentos articula-se à formação humanística oferecida pela FCA, preparando um profissional para abordar de modo consciente os desafios de desenvolvimento e inovação, bem como as questões técnicas da manufatura, dentro de um contexto cultural e social de complexidade crescente. Sua visão técnico-científica e crítica dos processos de manufatura, seus insumos e resultados, é estratégica para as empresas na definição de formas mais eficazes ou mais criativas de fabricação, visando o atendimento de oportunidades de mercado. |
| U S P | De acordo com suas diretrizes curriculares, a Escola Politécnica visa formar engenheiros com: sólida formação científica e em técnicas da Engenharia capacidade de análise crítica e transformação das organizações habilidade para enfrentar situações novas, com criatividade e iniciativa capacidade de atualização e produção de novos conhecimentos técnico-científicos e metodológicos consciência de ser um agente da evolução econômica e social conduta profissional orientada por princípios éticos e de cidadania |
| U N E S P | O curso de Engenharia de Produção da FEB deve contemplar a formação de um profissional especializado para atuar em gerência da produção com bom domínio do conceito de processo, hoje fundamental para a administração da produção. A despeito deste perfil, deve-se cuidar para que o engenheiro de produção egresso da FEB adquira também formação genérica que lhe permita atuar em outros campos da atividade econômica como, por exemplo, as empresas de serviços e órgãos governamentais. Isto pode ser alcançado pela decorrência natural do forte caráter interdisciplinar das matérias abordadas num curso de Engenharia de Produção. Porém, como é desejável que se dê uma identidade ao profissional egresso da universidade, optou-se em concentrar sua formação nas atividades de manufatura e processos, devido ao atual estágio de desenvolvimento do país e pelas características da economia regional. |
| I F S P | O engenheiro de produção é um profissional fundamental em indústrias e empresas de quase todos os setores. Ele deve reunir conhecimento científico, habilidades específicas, talento, intuição, atitude, compromisso social e profissional, com o objetivo de gerenciar o trabalho do homem dentro de parâmetros de segurança, utilizar racionalmente materiais, energias e meio-ambiente, para produzir bens e serviços de forma eficaz e econômica, na busca constante de interesses e necessidades da sociedade. |

A USP (2018) através do seu departamento de engenharia de produção elabora o perfil do egresso com vistas nas indústrias e no ramo de serviços e a partir dele considera os pontos relevantes para estruturação do curso. Por vezes o perfil é direcionado e impulsionado pelas mudanças nas tecnologias e economia na concepção do departamento de engenharia de produção da UNESP (2018). Com base no perfil os institutos e departamentos elaboram um conjunto de competências e habilidades a serem desenvolvidas por meio das disciplinas.

4.5.1.2 Competências e habilidades

A resolução CNE/CES 11/2002 estabelece que os cursos de Engenharia (todos) deverão estabelecer condições para que o egresso desenvolva algumas competências e habilidades para:

- a) aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- b) projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- c) conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- d) planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- e) identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- f) desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- g) supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- h) avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- i) comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- j) atuar em equipes multidisciplinares;
- k) compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- l) avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- m) avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- n) assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Contudo, de forma específica, cada instituição soma a essa proposta do CNE/CES 11/2002 , novos conjuntos de competências e habilidades (Quadro 11). Dessa forma esse estudo buscou nos PPP de cada instituição quais habilidades e competências devem ser desenvolvidas por meio das diretrizes. Por exemplo a UNICAMP (2018) destaca em sua proposta que o egresso de ser capaz de comunicar-se eficazmente com pessoas técnicas e não-técnicas em níveis muito diferentes da organização. Assim esse posicionamento aparece no quadro 11 como uma competência em comunicação.

Quadro 11 – Competências e habilidades PPP

| PPP | Instituição | Competências e habilidades por instituição | | | | |
|----------------------------|--------------------------|--|-------------------------|-----|-------|------|
| | | UFS C A R | UNI C A M P | USP | UNESP | IFSP |
| Habilidades e competências | Agilidade | | | | | |
| | Análise crítica | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Aprendizado contínuo | ■ | | | | |
| | Cognição | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Compreensão | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Comunicação | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Conhecimento em ciência | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Conhecimento em sistemas | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Criatividade | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Custeio | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Delegação | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Dimensionamento | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Eficiência | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Empreendedorismo | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Estatística | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Ética | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Experimentação | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Gerenciamento | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Gestão | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Idiomas | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Iniciativa | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Inovação | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Integração | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Interatividade | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Interdisciplinaridade | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Interpretação gráfica | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Legislação | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Liderança | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Linguagem gráfica | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Modelagem | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Negociação | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Organização | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Otimização | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Planejamento | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Proatividade | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Projetos | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Qualidade | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Responsabilidade | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Síntese | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Sociais | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Solução de conflitos | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | TI | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Tomada de decisão | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Trabalho em equipe | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Tratamento de dados | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Visão crítica | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Visão holística | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Visão sistêmica | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

O egresso tem seus conhecimentos complementado por um conjunto de atitudes e habilidades que moldam as competências de um engenheiro de produção a partir de uma formação nucleada por conteúdos básicos, profissionalizantes e específicos (USP, 2018).

4.5.1.3 Estrutura do curso

Os cursos deverão conter trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos apropriados durante o curso com pelo menos um obrigatório. Pontua-se a necessidade de redução do tempo em sala de aula e o incentivo ao trabalho em grupo e individual. Atividades complementares como as apresentadas abaixo devem ser incentivadas para desenvolver liderança, comunicação e cooperação (MECb, 2018).

- trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos (1 obrigatório);
- atividades complementares;
 - projetos multidisciplinares;
 - visitas técnicas;
 - trabalho em equipe;
 - desenvolvimento de protótipos;
 - monitorias.
- participação em empresas juniores.

4.5.1.4 Conteúdos curriculares

Independente de modalidade todo o curso de engenharia deve ser constituído por 3 núcleos de conteúdo: Básico (30%), Profissionalizante (15%) e Específico da carga horária.

Tópicos conteúdos básicos:

- Metodologia Científica e Tecnológica;
- Comunicação e Expressão;
- Informática;
- Expressão Gráfica;
- Matemática;
- Física;
- Fenômenos de Transporte;
- Mecânica dos Sólidos;

- Eletricidade Aplicada;
- Química;
- Ciência e Tecnologia dos Materiais;
- Administração;
- Economia;
- Ciências do Ambiente;
- Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania.

Contendo a obrigatoriedade de atividades laboratoriais para Física, Química e Informática.

Tópicos profissionalizantes (definidos pela IES)

- Algoritmos e Estruturas de Dados;
- Bioquímica;
- Ciência dos Materiais;
- Circuitos Elétricos;
- Circuitos Lógicos;
- Compiladores;
- Construção Civil;⁵⁵
- Controle de Sistemas Dinâmicos;
- Conversão de Energia;
- Eletromagnetismo;
- Eletrônica Analógica e Digital;
- Engenharia do Produto;
- Ergonomia e Segurança do Trabalho;
- Estratégia e Organização;
- Físico-química;
- Geoprocessamento;
- Geotecnica;
- Gerência de Produção;
- Gestão Ambiental;
- Gestão Econômica;
- Gestão de Tecnologia;
- Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico;

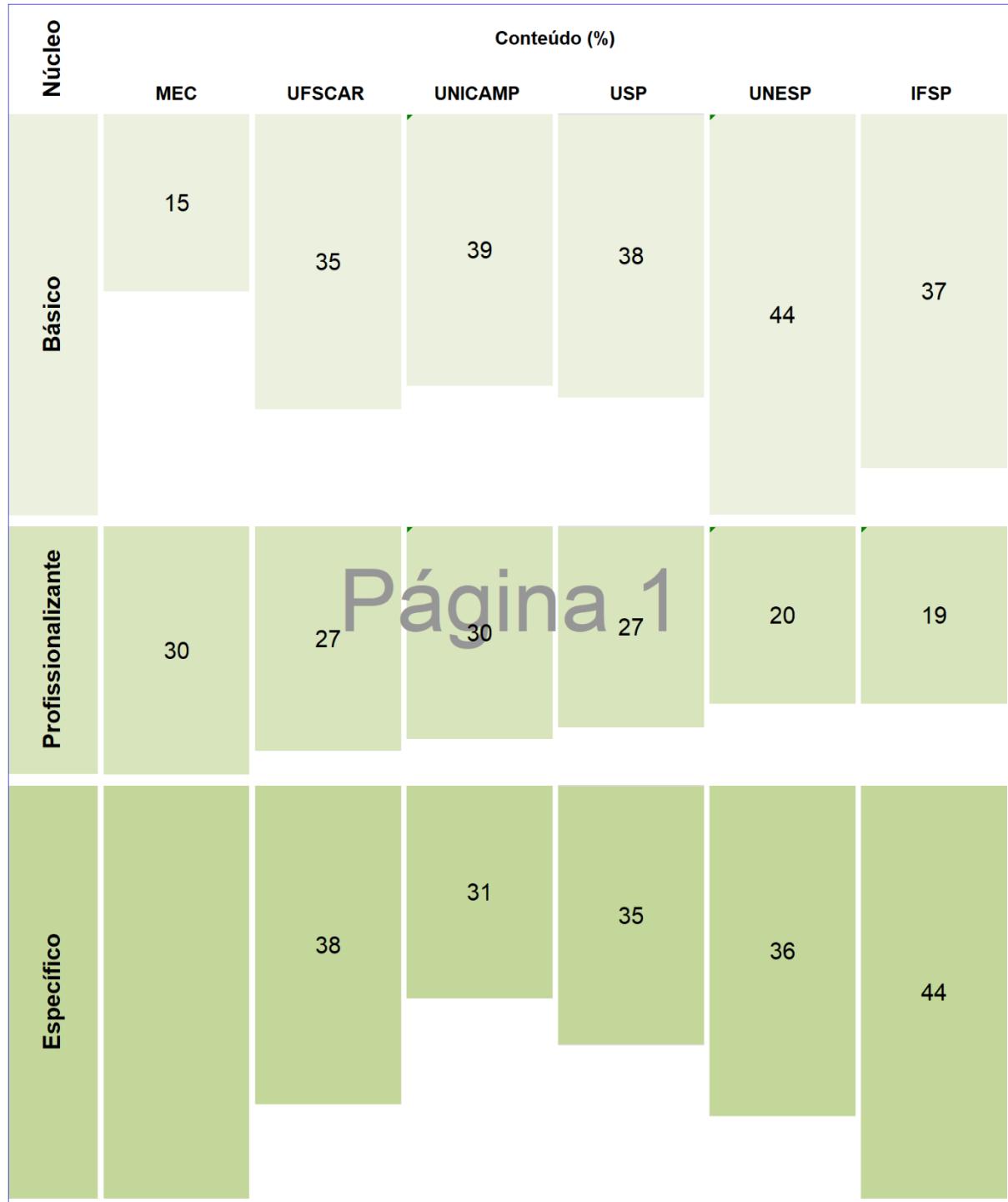
- Instrumentação;
- Máquinas de fluxo;
- Matemática discreta;
- Materiais de Construção Civil;
- Materiais de Construção Mecânica;
- Materiais Elétricos;
- Mecânica Aplicada;
- Métodos Numéricos;
- Microbiologia;
- Mineralogia e Tratamento de Minérios;
- Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas;
- Operações Unitárias;
- Organização de computadores;
- Paradigmas de Programação;
- Pesquisa Operacional;
- Processos de Fabricação;
- Processos Químicos e Bioquímicos;
- Qualidade;
- Química Analítica;
- Química Orgânica;
- Reatores Químicos e Bioquímicos;
- Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas;
- Sistemas de Informação;
- Sistemas Mecânicos;
- Sistemas operacionais;
- Sistemas Térmicos;
- Tecnologia Mecânica;
- Telecomunicações;
- Termodinâmica Aplicada;
- Topografia e Geodésia;
- Transporte e Logística.

Os conteúdos específicos são aprofundamentos dos conteúdos profissionalizantes e outros característicos de cada modalidade e são de propositura exclusiva de cada IES. São conhecimentos específicos de ciência, tecnologia e instrumentalização para caracterização da modalidade e devem garantir o desenvolvimento das habilidades e competências estabelecidas nas diretrizes.

As cargas por concentração de conteúdo das instituições são apresentadas na Figura 16 com base nas diretrizes curriculares do MEC e dão vistas ao enfoque de direcionamento de cada curso de forma livre a cada instituição os nomes e quantidades das disciplinas estão disponíveis no anexo 1.

O entendimento da concepção de básico passa por duas vertentes dentro da disposição das disciplinas em quase todas as instituições, por exemplo, a Introdução à Engenharia de Produção, que apesar de ser considerada básica para o curso é tida como específica na visão do MEC, contudo não interfere no desenvolvimento das habilidades, apenas altera a percepção e flexibiliza a distribuição nos núcleos disciplinares.

Figura 16 - Distribuição do conteúdo por núcleo



Via de regra as instituições separam suas matrizes em semestres, a UNESP (2018), por exemplo, oferece as disciplinas básicas nos 4 primeiros semestres, depois passa a focar exclusivamente na formação específica do engenheiro de produção com base nas subáreas destacas pela ABEPRO, mesclando assim com as profissionalizantes e conferindo aos dois últimos semestres os trabalhos de conclusão de curso e estágio.

De forma análoga a UNICAMP (2018) desenvolve uma plataforma semelhante às sugeridas na resolução CNE/CES 11/2002 e separa com a descrição de Núcleo Geral Comum; Núcleo Comum da Área de Engenharia; o Núcleo de Formação Específica e acrescenta algumas subdivisões em alguns dos núcleos e traz ainda a particularidade de o egresso eleger algumas disciplinas para cursar em momentos propícios aos interesses particulares de cada aluno conferindo assim mobilidade na matriz.

Com uma abordagem clássica a UFSCAR (2018) concebe sua matriz pautada nos direcionamentos da resolução, ou seja, Básico, Tecnológico e Engenharia de Produção. Sua distribuição ao longo do curso apresenta uma concentração de oferta das disciplinas básicas do início até o 4º ano, das tecnológicas do 3º ao 5º e as disciplinas específicas da Engenharia de Produção ao longo dos 5 anos do curso e dispõe ainda de uma disciplina que pode ser optada livremente.

A USP (2018) segue uma plataforma mais abrangente, mesmo que ainda pautada no modelo clássico, sua proposta pedagógica visa uma formação integrada entre os 3 núcleos propostos pelo MEC, um pilar de competências técnicas em gestão ambos baseados na formação intelectual e pessoal. Dispõe ainda de 8 créditos que podem ser optados livremente dentre aprofundamento do curso de engenharia de produção, disciplinas de visão holística e disciplinas que oferecem desenvolvimento de consciência profissional e atitudes.

4.5.1.5 Estágios

Atividade obrigatória com no mínimo 160 horas de duração, serão supervisionados pela IES por meio de relatórios técnicos e acompanhamento individualizado. É obrigatório também a integração do conhecimento através de um trabalho final de curso.

As avaliações devem basear-se nas habilidades, competências e conteúdos desenvolvidos com referências nas Diretrizes Curriculares, cabe também aos IES prover métodos e critérios para o acompanhamento do processo ensino-aprendizado do curso proposto (MECb, 2018).

4.5.1.6 Corpo docente

Dentre os destaques das diretrizes curriculares instituídas pelo MEC (2018) que valoriza um processo participativo e ativo do estudante cabe menção importante ao

fato de que todo os direcionamentos devem ser orientados e ter a participação do professor.

Especialmente os professores de engenharia destaca-se a necessidade de diferenciar o trabalho no campo da docência do trabalho no campo da engenharia, assim o professor de engenharia procura replicar em sala de aula a representação do profissional engenheiro mesmo que atuando no sistema de ensino, ou seja, suas ações no sistema ensino/aprendizagem são as mesmas que regem sua profissão. Em estudos citados por Seno e Belhot (2009) aponta que professores de engenharia agem com base em alguns tipos de saberes que passam pelos, didáticos-curriculares, experiência, críticos-contextuais e de atitude. Aponta também que o ensino em engenharia ainda adota a conduta do livro de receitas onde os problemas e as possíveis formas de solução são apresentados aos alunos com uma ordenação própria para resolução, assim o ensino fica totalmente dependente da especialidade do professor (SENO; BELHOT 2009).

O ensino de engenharia pode ser explicado por uma contradição, de um lado estão engenheiros que se tornaram professores e transmite aos alunos o que sabem fazer, por outro estão docentes que ensinam conceitos que nunca fizeram na prática. Em alguns aspectos o conhecimento é transmitido pela experimentação em decorrência do exercício profissional por vezes sem a dimensão pedagógica reconhecida e de outra forma os docentes que aplicam a teoria num contexto sem o exercício da prática. Essa separação dificulta bastante o processo ensino/aprendizagem e coloca como desafio aos professores de engenharia ensinar de forma pedagógica o que fazem e o que sabem. Levando em consideração que a engenharia está diretamente ligada as questões de trabalho é preciso que os docentes além de profissionais da área com conhecimento profissional e empírico apresentem conhecimento prático e que não estejam completamente desligados da profissão e do mercado de atuação, para se manter atualizado (SILVA; CECÍLIO, 2007).

A LDB (2017) institui um mínimo de um terço de seu corpo docente seja composto por mestres e doutores para as universidades e que um terço também seja de docentes em regime exclusivo e não há menção ou direcionamento ou sugestão acerca da composição por área do saber dos corpos docentes dos cursos. Contudo o Instrumento de Avaliação de Cursos de Graduação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) avalia os cursos de graduação em 3 dimensões,

sendo uma delas o corpo docente e em seu indicador 2.5 menciona a área de graduação do corpo docente, entre outros, atribuindo assim relevância no desenvolvimento das competências e habilidades dos egressos conforme conteúdo curricular (INEP, 2017)

O quadro 12 representa as áreas de formação do corpo docente de cada instituição, enquanto que a tabela 6 apresenta suas maiores graduações. Vale menção a UFSCAR e a USP que detém o maior número de docentes doutores em engenharia de produção. UFSCAR, UNICAMP e UNESP possuem 100% dos docentes da engenharia de produção com a graduação de doutores, enquanto USP (97%) e IFSP (66%) possuem em seu quadro docente mestres e especialistas.

Tabela 6 - Graduação do corpo docente

| | UFSCAR | | UNICAMP | | USP | | UNESP | | IFSP | |
|---------------|--------|-----|---------|-----|-----|----|-------|-----|------|----|
| | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| Especialistas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 10 |
| Mestres | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 10 | 24 |
| Doutores | 48 | 100 | 66 | 100 | 35 | 97 | 15 | 100 | 27 | 66 |
| Total | 48 | | 66 | | 36 | | 15 | | 41 | |

Na USP (2018) o docente é visto como agente de todo o processo de ensino e a formação de todas competências propostas dependem deles. Considerado de forma prioritária pela instituição como agente promotor de mudanças no processo ensino/aprendizagem na instituição, procura incentivar e dar apoio a formação do corpo docente por meio da participação em eventos e treinamentos nas áreas de ensino e educação.

Quadro 12 – Graduação do corpo docente por área do conhecimento

| UFSCAR | Nº | UNICAMP | Nº | USP | Nº | UNESP | Nº | IFSP | Nº |
|------------------------------------|----|---------------------------------------|----|------------------------------|----|------------------------------------|----|------------------------|----|
| Concentração | | Concentração | | Concentração | | Concentração | | Concentração | |
| Administração de empresas | 4 | Administração | 4 | Administração | 1 | Administração de empresas | 2 | Análise de sistemas | 1 |
| Administração de organizações | 2 | Administração de organizações | 1 | Ciências | 1 | Agronomia | 4 | Ciência e tecnologia | 1 |
| Agronomia | 1 | Administração pública e governo | 1 | Ciências econômicas | 1 | Ciência e engenharia dos materiais | 1 | Computação aplicada | 1 |
| Arquitetura industrial | 1 | Ambiente e sociedade | 1 | Engenharia de produção | 27 | Engenharia de produção | 5 | Educação | 1 |
| Ciência da computação | 1 | Automação | 1 | Engenharia elétrica | 3 | Engenharia mecânica | 2 | Educação matemática | 2 |
| Ciência da informação | 1 | Ciência econômica | 2 | Ergonomia | 2 | Física | 1 | Engenharia aeronáutica | 1 |
| Ciências sociais | 2 | Ciência e engenharia de materiais | 1 | Gestão engenharia industrial | 1 | | | Engenharia produção | 1 |
| Economia | 3 | Ciências contábeis | 1 | | | | | Engenharia química | 1 |
| Economia agrícola | 1 | Ciências da Computação e Matemática | 1 | | | | | Física | 3 |
| Elétrica | 1 | Ciências sociais | 4 | | | | | Gestão pública | 1 |
| Engenharia ambiental | 1 | Controladoria e contabilidade | 2 | | | | | História social | 1 |
| Engenharia de produção | 24 | Desenvolvimento econômico | 1 | | | | | Letras | 1 |
| Engenharia de sistemas industriais | 1 | Direito | 2 | | | | | Matemática | 1 |
| Engenharia de transportes | 1 | Economia e gestão da inovação | 1 | | | | | Química | 1 |
| Engenharia elétrica | 1 | Engenharia agrícola | 2 | | | | | Tecnologia nuclear | 2 |
| Engenharia mecânica | 3 | Engenharia civil | 1 | | | | | | |
| | | Engenharia alimentos | 1 | | | | | | |
| | | Engenharia materiais | 1 | | | | | | |
| | | Engenharia de produção | 6 | | | | | | |
| | | Engenharia elétrica | 2 | | | | | | |
| | | Engenharia industrial e sistemas | 1 | | | | | | |
| | | Engenharia mecânica | 6 | | | | | | |
| | | Engenharia química | 2 | | | | | | |
| | | Física | 4 | | | | | | |
| | | Filosofia | 3 | | | | | | |
| | | Geografia | 1 | | | | | | |
| | | Matemática | 3 | | | | | | |
| | | Planejamento e gestão da pesquisa e i | 1 | | | | | | |
| | | Política Científica e Tecnológica | 7 | | | | | | |
| | | Sinal, Imagem, Palavra, Telecom | 1 | | | | | | |
| | | Teoria econômica | 1 | | | | | | |

Para a UNESP (2018) o docente deve assumir uma postura de colaborador para o desenvolvimento ético do estudante, entende que é pelo exemplo que se obtém uma forma eficaz de educação, assim o docente deve sempre agir com coerência e de forma correta, que seja condizente com suas atitudes e objetivos adquiridos no seu meio profissional e área de atuação. Reconhece a boa formação acadêmica de seu corpo docente, contudo enfatiza a necessidade de aumentar a experiência profissional bem como o desenvolvimento constante de técnicas e métodos pedagógicos, cabendo a instituição a responsabilidade desse processo por meio de treinamentos e a viabilização de atividades profissionais junto às empresas para obtenção de conhecimento prático sobre os conteúdos ensinados.

As universidades devem considerar os órgãos regulamentadores ao longo do desenvolvimento de seu PPP e a seguir é apresentada uma síntese dos direcionamentos e resoluções dos principais órgãos ligados à engenharia de produção.

4.6 Regulamentação profissional

A regulamentação do curso de engenharia de produção passou por uma série de questionamentos a partir da reforma das diretrizes curriculares levando a ABEPRO a desenvolver um parecer sobre o assunto junto ao sistema CONFEA/CREA e a LDB.

Houve, em princípio, um entendimento acerca da graduação, que dava aos engenheiros apenas o registro como engenheiros na modalidade, civil, mecânica, elétrica, metalúrgica, de minas ou química, mas não como engenheiro de produção.

Esse entendimento gerou a necessidade de ampliar o entendimento das questões legais sobre a graduação junto ao Ministério da Educação e o sistema CONFEA/CREA.

Regulamentações existentes:

- Lei Federal

Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966, que regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro Agrônomo;

- Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior

Despacho CNE/CES 1362/2001 apresenta as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia;

- Regulamentações do CONFEA;

- Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973, que discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da engenharia, arquitetura e agronomia.

- Resolução nº 235, de 09 de outubro de 1975, que discrimina as atividades profissionais do engenheiro de produção.

- Resolução nº 288, de 07 de dezembro de 1983, que designa o título e fixa as atribuições das novas habilitações em Engenharia de Produção e Engenharia Industrial.

Em resumo, esse conjunto de regulamentos atribui ao sistema CONFEA/CREA a regulamentação e fiscalização do Engenheiro de Produção vinculado a Lei Federal seguindo as normas do CNE para a criação dos currículos mínimos dos cursos de engenharia de produção.

Dessa forma, cabe ao CNE a elaboração das diretrizes básicas para o ensino das engenharias e, ao CONFEA o reconhecimento e regulamento do exercício da profissão.

As resoluções que baseiam o parecer acima são apresentadas ne íntegra no anexo 2.

4.6.1 ABEPRO

A Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) é a instituição representativa de docentes, discentes e profissionais de Engenharia de Produção brasileira. A associação atua há mais de 30 anos assumindo as funções: de esclarecer o papel do Engenheiro de Produção na sociedade e em seu mercado de atuação, ser interlocutor junto às instituições governamentais relacionadas à organização e avaliação de cursos (MEC e INEP) e de fomento (CAPES, CNPq, FINEP e órgãos de apoio à pesquisa estaduais), assim como em organizações privadas, junto ao CREA, CONFEA, SBPC, ABENGE e outras organizações não governamentais que tratam a pesquisa, o ensino e a extensão da engenharia.

A associação entende que: “Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia”. (elaborado a partir de definições do International Institute of Industrial Engineering – IIIE – e Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO)

Com base nas premissas acima e, de acordo com o Artigo 1º da RESOLUÇÃO Nº 235, DE 09 DE OUTUBRO DE 1975, do CONFEA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia: Compete ao Engenheiro de Produção o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º da Resolução nº 218, de 29 JUN 1973. A associação versa sobre as competências e habilidades do engenheiro de produção em relatórios emitidos nos Encontros Nacionais dos Coordenadores de Curso de Engenharia de Produção (ENCEP), mencionadas abaixo:

- Ser capaz de dimensionar e integrar recursos físicos, humanos e financeiros a fim de produzir, com eficiência e ao menor custo, considerando a possibilidade de melhorias contínuas;
- Ser capaz de utilizar ferramental matemático e estatístico para modelar sistemas de produção e auxiliar na tomada de decisões;

- Ser capaz de projetar, implementar e aperfeiçoar sistemas, produtos e processos, levando em consideração os limites e as características das comunidades envolvidas;
- Ser capaz de prever e analisar demandas, selecionar tecnologias e *know-how*, projetando produtos ou melhorando suas características e funcionalidade;
- Ser capaz de incorporar conceitos e técnicas da qualidade em todo o sistema produtivo, tanto nos seus aspectos tecnológicos quanto organizacionais, aprimorando produtos e processos, produzindo normas e procedimentos de controle e auditoria;
- Ser capaz de prever a evolução dos cenários produtivos, percebendo a interação entre as organizações e os seus impactos sobre a competitividade;
- Ser capaz de acompanhar os avanços tecnológicos, organizando-os e colocando-os a serviço da demanda das empresas e da sociedade;
- Ser capaz de compreender a interrelação dos sistemas de produção com o meio ambiente, tanto no que se refere a utilização de recursos escassos quanto à disposição final de resíduos e rejeitos, atentando para a exigência de sustentabilidade;
- Ser capaz de utilizar indicadores de desempenho, sistemas de custeio, bem como avaliar a viabilidade econômica e financeira de projetos;
- Ser capaz de gerenciar e otimizar o fluxo de informação nas empresas utilizando tecnologias adequadas.
- Compromisso com a ética profissional
- Iniciativa empreendedora
- Comunicação oral e escrita
- Leitura, interpretação e expressão por meios gráficos
- Visão crítica por ordens de grandeza

Essa etapa do estudo possibilitou construir um cenário contextualizado das Instituições que oferecem o curso de Engenharia de Produção e, a partir de uma análise documental dos PPP, identificar seus órgãos reguladores e as diretrizes de formação e, a partir dessas diretrizes, destacar quais habilidades e competências são desenvolvidas nos principais Institutos de Ensino Superior de Estado de São Paulo.

Nesse ponto o estudo identificou os principais desafios da I4.0, as principais habilidades e competências requeridas pelos atuais autores do tema, a forma sugerida para seu desenvolvimento e, de forma análoga, determinar esse mesmo processo nos 5 principais IES do Estado de São Paulo.

Dada a atualidade do tema, não existem referências em termos de comparação de propostas específicas de formação direcionadas à I4.0. Dessa forma faz-se necessário entender como, e se, os países de vanguarda têm desenvolvido as habilidades e competências requeridas ao profissional da I4.0.

4.7 Universidades internacionais

Com finalidade de posicionar algumas iniciativas internacionais no desenvolvimento de competências e habilidades dos profissionais da engenharia de produção, 4 universidades de dois dos países estudados foram pesquisadas. Duas nos USA, Michigan e Stanford e duas na Alemanha, Duisburg-Essen e Bremem.

O critério de seleção foi a melhor classificação universitária do QS World University Rankings 2018 associada a oferta de curso de engenharia de produção ou industrial classificando Stanford na posição número 2, Michigan na 20 Bremem na 511 e Duisburg-Essen na posição 601 do ranking. Devido à dificuldade de idioma e disponibilidade *on-line* de informações passíveis de verificação, as universidades chinesas não foram consideradas.

4.7.1 Universidades americanas

Os programas americanos de formação universitária de engenheiros são acreditados pelo Conselho de acreditação de Engenharia e Tecnologia (ABET, sigla em inglês). O órgão é formado pelas principais sociedades profissionais de engenharia e é o primeiro passo para uma licença profissional em engenharia (SU, 2018)

O modelo americano de formação é oferecido em cursos como o de Engenharia Industrial e operações da Universidade do Michigan, que busca preparar o profissional para lidar com sistemas integrados entre pessoas, máquinas, ambientes e informações. A base dessa formação está fortemente atrelada ao desenvolvimento de habilidades voltadas a STEM (UM, 2018).

Em Michigan o egresso precisa cumprir 128 créditos ao longo do curso, sendo 54 básicos de STEM, 50 específicos de engenharia industrial (9 eletivas), 21 ciências humanas e 3 técnicas (UM, 2018).

Stanford não oferece um curso específico de engenharia de produção, contudo em seu catálogo consta a oferta de um curso de formação individualizada, onde o egresso, suportado por dois conselheiros, monta um programa de formação de engenharia individualizado, com possibilidade de escolha de mais de 50% dos créditos a cumprir dentro de qualquer um dos seis departamentos da universidade (SU, 2018).

Esse modelo segue, como em Michigan, a necessidade de cumprir um mínimo de créditos básicos e específicos, contudo 84 deles podem ser escolhidos de acordo com as aspirações do egresso (SU, 2018)

4.7.2 Universidades alemãs

Os programas de formação em engenharia alemães são formulados a partir de uma visão continuada de ensino. Por exemplo, em Duisburg-Essen, o egresso para obter o bacharelado estuda disciplinas básicas de STEM durante 6 a 7 semestres e pode optar em cursar mais 3 a 4 semestres em disciplinas especializadas em diversas áreas da engenharia e se tornar Mestre na área escolhida (UDE, 2018)

Em Bremen o programa de bacharelado em engenharia de produção é modelado de forma interdisciplinar entre os departamentos de economia e engenharia de produção divididos em 180 créditos a serem cumpridos em 6 semestres. Destes, 132 são obrigatórios em diversos campos da ciência e engenharia e os demais são eletivos (UB, 2018).

Optando pela continuidade o egresso pode cumprir mais 120 créditos divididos em 4 semestres no programa de mestrado e obter aprofundamento técnico área de engenharia de produção (UB, 2018)

4.7.3 Considerações sobre as universidades internacionais

Com base nos programas de formação das duas universidades americanas e das duas alemãs foi possível construir uma matriz (Quadro 12) de competências e habilidades que podem ser desenvolvidas a partir das combinações possíveis dos programas.

Foram identificadas 44 competências e habilidades nas matrizes curriculares dos cursos ofertados pelas 4 universidades pesquisadas. Destas 13 competências e habilidades são desenvolvidas em todas as universidades, como por exemplo o “aprendizado contínuo” e apenas 4 são de exclusividade de um programa apenas, como por exemplo “aprendizado organizacional”, desenvolvido apenas em Stanford.

Quadro 13 – Competências e habilidades das universidades internacionais

| USA e Alemanha | | Competências e habilidades por instituição | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|--|----------|------------------|--------|--|--|
| | | MICHIGAN | STANFORD | DUISBURG - ESSEN | BREMEN | | |
| Instituição | | | | | | | |
| Habilidades e competências | Abertura à mudança | | | | | | |
| | Aprendizado contínuo | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Aprendizado organizacional | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Cognição | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Comunicação | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Conectividade | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Conhecimento em sistemas | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Conhecimento em robótica | | | ■ | | | |
| | Criatividade | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Empreendedorismo | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Estatística | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Flexibilidade | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Foco homem x máquina | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Gestão | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Idiomas | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Inovação | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Invenção | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Interdisciplinaridade | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Legislação | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Liderança | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Linguagem gráfica | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Marketing | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Modelagem | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Negociação | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Otimização | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Organização | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Planejamento | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Probabilidade | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Prototipagem | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Programação | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Projetos | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Qualidade | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Simulação | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Sustentabilidade | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Sensores | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Sociais | ■ | | ■ | ■ | | |
| | Técnicas | ■ | | ■ | ■ | | |
| | TI | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Tomada de decisão | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Trabalho em equipe | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Tratamento de dados | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Senso crítico | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Visão sistêmica | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Vincular real ao abstrato | ■ | ■ | ■ | ■ | | |

Analogamente à analisa das universidades brasileiras, essa etapa levantou as principais habilidades e competências desenvolvidas nas 4 universidades melhores classificadas QS World University Rankings 2018 que oferecem cursos similares ao

de Engenharia de Produção e criou base para uma análise comparativa entre as iniciativas brasileiras e internacionais acerca da formação dos profissionais que atuarão no ambiente da I4.0.

Assim esse estudo finda as etapas de levantamentos de dados e passa a desenvolver a análise dos dados encontrados.

Capítulo 5

5. Análise dos resultados

Este capítulo apresentará por meio de uma análise comparativa o quanto aderentes estão as habilidades e competências desenvolvidas pelas principais universidades públicas gratuitas do estado de São Paulo para os engenheiros de produção frente às habilidades requeridas para atuação no ambiente da I4.0.

5.1 Análise do desenvolvimento das habilidades e competências

Como resultado da análise da literatura foi possível a identificação de 22 habilidades e competências consideradas como essenciais ao profissional que atuará no ambiente da I4.0, já a análise dos PPP das universidades possibilitou a identificação de 48 habilidades e competências desenvolvidas nessas universidades.

Essa base permitiu a construção de uma matriz comparativa das habilidades e competências requeridas da I4.0 e das desenvolvidas nas universidades conforme apresentada no quadro 13.

A matriz traz destacadas em negrito as competências e habilidades requeridas no ambiente da I4.0 que são desenvolvidas nas universidades, como por exemplo: “análise crítica”, que aparece como objetivo de desenvolvimento de 4 das 5 universidades.

Quadro 14 – Matriz comparativa das universidades brasileiras e I4.0

| PPP | Competências e habilidades por instituição | | | | | Competências e habilidades I4.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|------------|-------------|---------------|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|---------------|----------------------|---------|-----------------------|----------------------------|-------------|--------------|---------------|----------|---------|----------|--------------------|
| | U F S C A R | U N I C A M P | U N I C A M P | U N I C A M P | I F S P | Abertura à mudança | Aprendizado contínuo | Cognitivas | Comunicação | Conectividade | Conhecimento em robótica | Conhecimento em TI | Creatividade | Empreendedorismo | Flexibilidade | Foco elemento humano | Idiomas | Interdisciplinaridade | Interpretação e análise de | Organização | Planejamento | Senso crítico | Sensores | Sociais | Técnicas | Trabalho em equipe |
| Habilidades e competências | Instituição | UFSCAR | UNICAMP | UNICAMP | IFSP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agilidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análise crítica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aprendizado contínuo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cognição | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Compreensão | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comunicação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conhecimento em ciência | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conhecimento em sistemas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Creatividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Custeio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Delegação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dimensionamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eficiência | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Empreendedorismo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estatística | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ética | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gerenciamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gestão | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Idiomas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Iniciativa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inovação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Integração | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interatividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interdisciplinaridade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interpretação gráfica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Legislação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Liderança | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Linguagem gráfica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modelagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Negociação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Organização | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Otimização | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planejamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proatividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Projetos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Qualidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Responsabilidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Síntese | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sociais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solução de conflitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tomada de decisão | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trabalho em equipe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento de dados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Visão crítica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Visão holística | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Visão sistêmica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Embora todas as competências e habilidades sejam relacionadas ao curso de engenharia de produção não há consenso entre as universidades. Nota-se que das 48 competências e habilidades somente as habilidades de “comunicação” e “trabalho em equipe” estão presentes nas cinco universidades.

Coincidentemente são as duas únicas habilidades que as cinco universidades estão alinhadas com as da I4.0. Outras 13 não aparecem como objetivo em nenhuma das universidades brasileiras pesquisadas, isso representa 59% do total de competência e habilidades requeridas a um profissional que atuará na I4.0.

Assim das 48 competências e habilidades desenvolvidas nas universidades apenas 9 são aderentes com as da I4.0, ou seja, 41%. Sendo que, Unesp e Unicamp têm 7 cada (31,8%), UFSCAR e USP 8 (36,4%) e IFSP 9 (40,9%).

A área de formação do corpo docente parece não exercer influência sobre o desenvolvimento das competências e habilidades dos egressos visto que não há relação direta com o nível de aderência com a I4.0 conforme apresentado na tabela 7. Por exemplo o IFSP é a instituição com o menor número de Engenheiros de produção (1) no corpo decente e tem um percentual de aderência maior do que da USP que possui 27 Engenheiros de Produção no seu corpo docente.

Tabela 7 – Influência do corpo docente

| | UFSCAR | | UNICAMP | | USP | | UNESP | | IFSP | |
|----------------------|--------|------|---------|------|-----|------|-------|------|------|------|
| | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| Corpo docente | 48 | 100 | 66 | 100 | 36 | 100 | 15 | 100 | 37 | 100 |
| Engenheiros produção | 24 | 50 | 6 | 9,1 | 27 | 75,0 | 5 | 33,3 | 1 | 2,7 |
| Aderência I4.0 | 8 | 36,4 | 7 | 31,8 | 8 | 36,4 | 7 | 31,8 | 9 | 40,9 |

Nesse contexto o nível de aderência no desenvolvimento de competências e habilidades voltadas à I4.0 parece baixo, contudo não há referência histórica, assim no próximo tópico esse estudo volta o olhar para universidades de alguns países na vanguarda da I4.0.

5.2 Análise das iniciativas em outros países

Considerando as 44 competências e habilidades desenvolvidas nas universidades de Michigan e Stanford nos Estados Unidos e de Duisburg-Essen e Bremen na Alemanha foi possível construir uma matriz de competências e habilidades, de forma análoga à brasileira, com o intuito de verificar também o nível de adesão dessas universidades com a I4.0

O quadro 14 traz a compilação dos dados levantados. Na segunda coluna, destacadas em negrito, temos as competências e habilidades desenvolvidas nas matrizes que tem aderência com os requisitos levantados para o profissional da I4.0.

Quadro 15 – Matriz comparativa das universidades americanas e alemãs e I4.0

| USA e Alemanha | Competências e habilidades por instituição | | | | | Competências e habilidades I4.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|----------|------------|--------|--|---------------------------------|----------------------|------------|-------------|---------------|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|---------------|----------------------|---------|-----------------------|----------------------------------|-------------|--------------|---------------|----------|---------|----------|--------------------|---------------------------|
| | MICHIGAN | STANFORD | DURGESSSEN | BREMEN | | Abertura à mudança | Aprendizado contínuo | Cognitivas | Comunicação | Conectividade | Conhecimento em robótica | Conhecimento em TI | Criatividade | Empreendedorismo | Flexibilidade | Foco elemento humano | Idiomas | Interdisciplinaridade | Interpretação e análise de dados | Organização | Planejamento | Senso critico | Sensores | Sociais | Técnicas | Trabalho em equipe | Vincular real ao abstrato |
| Instituição | MICHIGAN | STANFORD | DURGESSSEN | BREMEN | | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 |
| Habilidades e competências | Abertura à mudança | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aprendizado contínuo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aprendizado organizacional | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cognição | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Comunicação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conectividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conhecimento em sistemas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conhecimento em robótica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Criatividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Empreendedorismo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Estatística | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Flexibilidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Foco homem x máquina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Gestão | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Idiomas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Inovação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Invenção | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Interdisciplinaridade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Legislação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Liderança | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Linguagem gráfica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Marketing | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Modelagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Negociação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Otimização | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Organização | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Planejamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Probabilidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Prototipagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Programação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projetos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Qualidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Simulação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sustentabilidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sensores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sociais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Técnicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tomada de decisão | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Trabalho em equipe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tratamento de dados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Senso critico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Visão sistêmica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vincular real ao abstrato | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nenhum dos programas de ensino destas universidades se propõe a desenvolver todas as competências e habilidades requeridas ao profissional da I4.0, contudo, todas foram destacadas em uma ou outra universidade, ou seja 100%.

Assim das 44 competências e habilidades presentes nas propostas pedagógicas de USA e Alemanha, 21 das 22 requeridas no ambiente da I4.0 são desenvolvidas nas universidades internacionais, o que representa 95% de aderência.

Destaque para a Universidade de Bremen que, de todas as competências e habilidades, não desenvolve apenas a de “conhecimento em robótica” e apresenta 95% de aderência, seguida de Deisburg-Essen com 82% e Michigan e Stanford com 77%.

Das 22 habilidades e competências requeridas no ambiente da I4.0, 11 estão presente nas universidades de Michigan, Stanford, D-Esssen e Bremem, ou seja, 50%. Isso representa um alinhamento importante com os objetivos de formação destacados em cada um desses países.

6. Considerações finais

Tendo em vista todo o processo de transformação social e econômica que a I4.0 tem proporcionado, este estudo propôs um olhar voltado à formação de um profissional que enfrenta e enfrentará desafios conhecidos e desconhecidos neste novo ambiente que se constrói.

Partindo dos questionamentos traçados como objetivos, esse estudo trouxe como resultados a identificação dos principais desafios que os países na vanguarda do processo de implementação da I4.0 têm enfrentado. Destes, a figura do Engenheiro de produção e os processos de formação e desenvolvimento de competências e habilidaes específicas, aparecem em destaque e foram aprofundados.

Uma análise sistemática sobre as principais habilidades e competências foi conduzida e possibilitou destacar 22, que autores que pesquisaram o tema, consideram essenciais para o profissional que atuará nesse ambiente.

Com a finalidade de responder ao objetivo geral da pesquisa, se as principais universidades públicas do estado de São Paulo desenvolvem essas competências e habilidades nos formandos, e portanto, estão aderentes com as da I4.0, uma análise dos PPP foi conduzida e identificadas que são desenvolvidas 48 diferentes competências e habilidades nos cursos de Engenharia de produção.

Uma matriz comparativa entre as 48 competências e habilidades desenvolvidas nas universidades públicas de São Paulo e as 22 destacadas pelos autores construída

no quadro 13, possibilitou identificar que, estas universidades, desenvolvem no máximo 40,9% de todas competências e habilidades essencialmente destacadas.

De forma análoga às universidades brasileiras, uma pesquisa dos programas de formação das universidades dos EUA e Alemanha retornaram que, são desenvolvidas 44 competências e habilidades em seus programas, e destas, 21 têm aderência, constituindo 95%.

Conclui-se que, as universidades brasileiras têm um baixo índice de adesão com as necessidades de formação dos Engenheiros de Produção que enfrentarão os desafios nos ambientes da I4.0 e que, modelos internacionais podem ser replicados com o propósito de melhorar o índice de adesão.

Também vale menção o número de habilidades e competências que são consenso entre as Universidades pesquisadas. Enquanto no Brasil apenas 2 são consenso, internacionalmente esse número sobe para 11 entre USA e Alemanha. Considerando ainda esse critério, se compararmos Universidades do mesmo país esse número vai para 15 nos USA e 16 na alemanha, indicando que a proposta de desenvolvimento dos profissionais de um mesmo curso estão mais alinhadas do que no Brasil.

Embora não haja um alto nível de alinhamento nacional acerca das habilidades e competências a serem desenvolvidas no Engenheiro de Produção, há espaço para discussão e inclusão de novas disciplinas ou modelos de ensino que tragam consenso na formação do profissional.

6.2 Contribuições

Estudos que vinculam a formação de profissionais com requisitos futuros são escassos e de pouca profundidade. Este estudo tem pretenção de contribuir com a academia e a indústria.

Para a academia este estudo contribui trazendo profundidade de investigação à medida que trouxe à luz dados pouco antes estudados e conectados diretamente aos requisitos de formação específicos, possibilitando vislumbrar programas diferenciados de formação acadêmica.

Para a indústria a contribuição mira na preparação de profissionais munidos de competências e habilidades capazes de lhes permitir um trânsito mais seguro entre os des atuais e futuros relacionados as novas tecnologias e a implementação da I4.0.

6.3 Proposta de pesquisas futuras

Como proposta de estudos futuros, uma nova matriz curricular para os cursos de Engenharia de Produção poderia ser proposta considerando todas as competências e habilidades voltadas ao atendimento dos requisitos da I4.0 tendo como base os resultados dessa pesquisa e a flexibilidade do núcleo específico proposto pelo MEC.

Novos modelos de desenvolvimento do ensino nas universidades podem ser propostos com base nas iniciativas internacionais, com matrizes mais flexíveis, interdisciplinares e voltadas ao aprendizado continuado.

7. Bibliografia

- ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção (2018). Disponível em:<<https://www.abepro.org.br/index.asp>>. Acesso em: 27/02/17.
- ANDERL, R. (2014). “Industrie 4.0 – Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production”. 19th International Seminar on High Technology. Piracicaba.
- ARAÚJO, R. M. L. (2001). “Desenvolvimento de competências profissionais: as incoerências de um discurso”. Biblioteca digital Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-87YK2V>.
- BAENA, F.; GUARIN, A.; MORA, J.; SAUZA, J.; RETAT, S. (2017). “Learning Factory: The Path to Industry 4.0”, Procedia Manufacturing 9, 73 – 80.
- BUSNELO, B. F. (2012) “Desenvolvimento de habilidades metacognitivas: Capacitação de professores de ensino fundamental.”, Psicologia: reflexão e critica, 25(2), 311-319.
- CALLARI, J. (2014) “Support Manufacturing Day”, Plastics Technology Magazine. Disponível em: <https://www.ptonline.com/columns/support-manufacturing-day>.
- CAUCHICK, P. A. C. (2012). “Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.” Elsevier Editora Ltda. (Ed.2).
- CNI a – Confederação Nacional da Indústria (2016). “Desafios para a Industria 4.0 no Brasil.” Disponível em: <<http://www.pedbrasil.org.br/ped/artigos/079F8BA3E7E5281B.0%20no%20Brasil.pdf>> Acesso em: 09/01/2017.
- CNI b – Confederação Nacional da Indústria (2018). “Competitividade Brasil 2017-2018: comparação com países selecionados.” Brasília, 99p. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-brasil-comparacao-com-paises-selecionados/>. Acesso em: 21/02/2018.
- CNI c – Confederação Nacional da Indústria (2018). “A importância da indústria”. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/>. Acesso em 21/02/18.
- CNI d – Confederação Nacional da Indústria (2018). “Perfil dos estados”. Disponível em <http://perfilestados.portaldaindustria.com.br/>. Acesso em 21/02/18.
- CONFEA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (2018). “Estatísticas do Sistema de Informação CONFEA”. Disponível em: <<http://ws.confea.org.br:8080/EstatisticaSic/ModEstatistica/FormularioFlexivel.jsp>>. Acesso em: 22/02/18.
- COSTA, M (2014). “A fábrica do futuro”. Revista Exame. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/a-fabrica-do-futuro/> Acessado em: 01 jan. 2017.
- DCNE – Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. (2002). Parecer número CNE/CES 1362/2001. Publicação Diário Oficial da União de 25/02/2002, Seção 1, p.17.
- DELL PRETTE, A. (2001) “Psicologia das habilidades sociais”. Editora Vozes, 14(28) 233-234.
- DOMBROWSKI, U.; WAGNER, T. (2014). Mental Strain as Field of Action in the 4th Industrial Revolution. Procedia CIRP, v. 17, p. 100-105.
- EROL, S. J., ANDREAS: HOLD, PHILIPP: OTT, KARL: SIHN, WILFRIED. (2016) Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. Procedia.

- FÁVERO, M. L. A. (2006). "A Universidade no Brasil: das origens à Reforma Universitária de 1968". *Educar*, Curitiba, n. 28, p. 17-36, 2006. Editora UFPR
- FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2018). "Panorama da Indústria de transformação brasileira". Disponível em: < <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/panorama-da-industria-de-transformacao-brasileira/>>. Acesso em: 21/02/18.
- GALE, A.; BROWN, M.; (2003), "Project management professional development", *Journal of Management Development*, Vol. 22 Iss 5 pp. 410 – 425
- GIL, A. C. (2010). *Como elaborar Projetos de Pesquisa*. 5 ed. São Paulo: Editora Atlas.
- GRÄSSLER, I. T., PATRICK: YANG, XIAOJUN (2016). Educational Learning Factory of a Holistic Product Creation Process. *Procedia CIRP*, v. 54, p. 141-146.
- HECKLAU, F. G., MILA: FLACHS, SEBASTIAN: KOHL, HOLGER. (2106) Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, v. 54, p. 1-6.
- HIGGINS, JPT., Green S (2011). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0. (baixado em dezembro 2016) The Cochrane Collaboration. Disponível em www.handbook.cochrane.org.
- HOWELL, A.; WALLIN, R.; LEE, D. (2015) "China 2025: Research and Innovation Landscape", DS – Dragon Star
- IFTF - Institute for the Future (2011). Future Work Skills 2020. University of Phoenix Research Institute. Disponível em: <http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf>
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Sinopse Estatística da Educação Superior 2016. Brasília: INEP, 2017. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em: 19/02/2018
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (2013) Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. ACATECH – National Academy of Science and Engineering. Federal Ministry of Education and Research.
- KARRE, H.; HAMMER, M.; KLEINDIENST, M.; RAMSAUER, C. (2017). "Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology". *Procedia Manufacturing* 9, 206 – 213
- KIESEL, M.; WOLPERS, M (2015). "Educational challenges for employees in project-based Industry 4.0 scenarios". *i-KNOW '15, October 21-23, 2015, Graz, Austria*.
- KREINSEN-HIRSCH, H. (2016). Digitization of industrial work: development paths and prospects. *Journal for Labour Market Research*, v. 49, n. 1, 2016.
- LDB (2017). "Lei de diretrizes e bases da educação nacional". Secretaria de Editoração e Publicações Coordenação de Edições Técnicas, Brasília, Senado Federal
- LOPES, ALM.; FRACAROLLI, LA. (2008) "Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem". *Texto & Contexto Enferm.* 2008;17(4):771-8
- PASSOS,G.O.; LOPES, C.M. (2015) "A contribuição das universidades estaduais (UEs) para o ensino superior no Brasil". *Holos* 2015.2737
- MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. (2011) "Metodologia científica" Editora Atlas, 6 ed. São Paulo - SP

- MDIC. (2018) Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. "Grupo de Trabalho da Indústria 4.0". Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/noticias/2713-grupo-de-trabalho-coordenado-pelo-mdic-debate-estrategia-nacional-para-a-industria-4-0>
- MECa – Ministério da Educação (2018). "Instituições de Educação Superior e Cursos Cadastrados". Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 22/02/18
- MECb – Ministério da Educação (2018). "Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação". Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991>>. Acesso em: 05/03/18.
- MENDONÇA, A. W.; P.C. (2000). "A universidade no Brasil" Revista Brasileira de Educação, núm. 14, mai-ago, 2000, pp. 131-150 Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, Rio de Janeiro, Brasil
- MIGUEL, P. A. C. (2007), "Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução" Revista Produção, Escola Politécnica USP, v. 17, n. 1, p. 216-229.
- MOTYL, B.; BARONIO, G.; UBERTI, S.; SPERANZA, D.; FILIPPI, S. (2017). "How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey". Procedia Manufacturing 11, 1501 – 1509.
- NAGAR, B. and RAJ, T. (2013),"An analytical case study of an advanced manufacturing system for evaluating the impact of human enablers in its performance", Journal of Advances in Management Research, Vol. 10 Iss 1 pp. 85 – 99
- NNMI (2016) National Network for Manufacturing Innovation Program. Strategic Plan. Executive Office of the President, National Science and Technology Council, Advanced manufacturing national Program office. USA.
- PFEIFFER, S. (2015). "Effects of Industry 4.0 on vocational education and training". Institute of Technology Assessment (ITA).
- POSSELT, G.; BOHME, S.; AYMANS, S.; HERRMANN, C.; KAUFFELD, S. (2016) Intelligent Learning Management by Means of Multi-sensory Feedback. Procedia CIRP
- PRIFTI, L.; KNIGGE, M.; KIENEGGER, H.; KRCMAR, H. (2017). "A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees", in Leimeister, J.M.; Brenner, W. (Hrsg.): Proceedings der 13. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2017), St. Gallen, S. 46-60
- PRINZ, C., MORLOCK, F; FREITH, S; KREGGENFELD, N; KREIMEIER, D; KUHLENKÖTTER, BERND (2016). "Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie."
- QUINT, F.; KATHARINA S.; GORECKY, D. (2015) A Mixed-reality Learning Environment. Procedia Computer Science, v. 75, p. 43-48.
- QS - Quacquarelli Symonds. QS World University Rankings (2018). <https://www.topuniversities.com/university-rankings>
- RAS, E; WILD, F; STAHL, C; BAUDET, A. (2017) "Bridging the Skills Gap of Workers in Industry 4.0 by Human Performance Augmentation Tools – Challenges and Roadmap". PETRA '17 Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Relatade to Assistive Environments. 428-432. Island of Rhodes, Greece.
- RYMASZEWSKA, A. D. (2014), "The challenges of lean manufacturing implementation in SMEs", Benchmarking: An International Journal.
- SAP (2015) SAP University Alliances (UA) launches new Industry 4.0 Curriculum. SAP Community Network. Disponível em: <http://scn.sap.com/community/uac/events/blog/2015/03/18/sap-ua-launches-new-industry-40-curriculum>

- SCHWAB, K. (2016). "A quarta revolução industrial". Editora Edipro
- SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. (2007) "A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia". Educação em Revista, Belo Horizonte/MG, v. 45, p. 61-80.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (2005). "Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação", 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC. 138p.
- SILVEIRA, M. A.; BECARO, T. "Competitividade com qualidade de vida: O capital humano como fator de produção". 1. ed. Campinas - SP: Cedet, 2015. v. 1. 175p. Integrare People Analytics – disponível em <http://integrare.in/>
- SIMONS, S.; ABÉ, P.; NESER, S. (2017). "Learning in the AutFab – the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt". Procedia Manufacturing 9, 81 – 88
- SENO, W. P.; BELHOT, R.V. (2009). "Delimitando a fronteira para a identificação de competências para a capacitação de professores de engenharia". Revista Gestão da Produção vol.16 no.3 São Carlos.
- SHAH, N.; IRANI, Z.; SHARIF, A.M. (2016) "Big data in an HR context: Exploring organizational change readiness, employee attitudes and behaviors". Journal of Business Research.
- SU – Stanford University (2018). Escola de engenharia. Disponível em <<https://exploredegrees.stanford.edu/schoolofengineering/>> Acessado em 16/11/18 as 17:10
- TVENGE, N.; MARTINSEN, K.; KOLLA, S. S. V. K. (2016). Combining Learning Factories and ICT- based Situated Learning. Procedia CIRP, v. 54, p. 101-106.
- UB – Universität Bremen (2018). Engenharia de Gestão e Produção. <<https://dbs.uni-bremen.de/en/study-programs/study-career-fields/mathematics-engineering-production/detail/study/wirtschaftingenieurwesen-produktionstechnik-bache/#panel1>> Acessado em 08/12/18
- UDE - Universität Duisburg-Essen (2018). Faculdade de engenharia. <<https://www.uni-due.de/iw/en/>> Acessado em 08/12/18
- UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos (2018). Engenharia de produção. Disponível em:< <http://www.dep.ufscar.br/index.php>> Acesso em 26/02/18.
- UNESP – Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho” (2018). Engenharia de produção. Disponível em:< <http://www.feb.unesp.br/#!departamentos/engenharia-de-producao/>>. Acesso em: 27/02/17.
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas – Campus Limeira Faculdade de Ciências Aplicadas (2018). Disponível em <<https://www.fca.unicamp.br/portal/pt-br/graduacao/grad-cursos/grad-cursos-eprod.html>>. Acesso em: 27/02/2017
- UM – University of Michigan (2018). Engenharia industrial e operações. Disponível em <<https://bulletin.engin.umich.edu/courses/ioe/>> Acessado em 27/11/18 as 20:09
- USP – Universidade de São Paulo (2018). Departamento de engenharia de produção. Disponível em:< <http://pro.poli.usp.br/>>. Acesso em: 27/02/18.
- WEF - WORLD ECONOMIC FORUM (2016) The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Global Challenge Insight Report. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- YIN, R.K. (2005) Estudo de caso: planejamento e métodos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman. 212p.

ZALAUF, M. (2006). “Ensino superior e desenvolvimento de habilidades para a empregabilidade: explorando a visão dos estudantes.” *Sociologias*, Porto Alegre, p. 126-155.

Anexo 1

Conteúdo

MEC

UFSCAR

| | | |
|--------------------------|--|---|
| Básico | <p>Administração; Ciência e Tecnologia dos Materiais; Ciências do Ambiente; Comunicação e Expressão; Economia; Eletrociadade Aplicada; Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania. Informatíca; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; Química;</p> | <p>Administração Financeira Cálculo 1 Cálculo 2 Cálculo 3 Cálculo numérico Ciências do Ambiente Desenho técnico para engenharia Eletrociadade para Engenharia de Produção Fenômenos do trsnporte B Física 1 Física 2 Física 3 Física Experimental A Física experimental B Introdução à Ciência e Tecnologia dos Materiais Introdução à Economia Mecânica dos Sólidos Microeconomia Processamento de Materiais Cerâmicos Processamento de Materiais Metálicos Processamento de Materiais Poliméricos Processos de Indústria Química Química 2 Química Analítica Experimental Química tecnológica</p> |
| Proissionalizante | <p>Algoritmos e Estruturas de Dados; Ciéncia dos Materiais; Engenharia do Produto; Ergonomia e Segurança do Trabalho; Estratégia e Organização; Gerênciia de Produção; Gestão Ambiental; Gestão de Tecnologia; Máquinas de fluxo; Mecânicia Aplicada; Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas; Operações Unitárias; Pesquisa Operacional; Processos de Fabricação; Processos Químicos e Bioquímicos; Qualidade; Sistemas de Informação; Sistemas Mecânicos; Tecnologia Mecânicia; Termodinâmica Aplicada; Transporte e Logística.</p> | <p>Ergonomia Estratégia de Produção Gestão da Cadeia de Suprimentos Gestão da Qualidade 1 Laboratório de Processos Químicos Logística Empresarial Mecânica aplicada Métodos para Controle e Melhoria da Qualidade Operações Unitárias Organização do Trabalho Pesquisa Operacional para Engenharia de Produção 1 Pesquisa Operacional para Engenharia de Produção 2 Planejamento e Controle da Produção 1 Planejamento e Controle da Produção 2 Planejamento e Controle da Produção 3 Princípio dos Processos Químicos Projeto de Desenvolvimento de Produto Simulação de Sistemas Tecnologia Mecânica Aplica à Engeharia de Produção</p> |
| Específico | | <p>Automação Industrial Contabilidade Básica Custos Gerenciais Engenharia Económica Ensaio e Caracterização de Materiais Estágio Supervisionado para Engenharia de Produção Geometria analítica Gerenciamento de Projetos Gestão de Operações e Serviços Introdução à Engenharia de Produção Introdução à Programação e ao Uso de Banco de Dados Mercadologia Métodos Estatísticos Aplicados à Engenharia de Produção Modelos Probabilísticos Aplicados à Engenharia de Produção Monografia em Engenharia de Produção Novos Empreendimentos Optativa ou atividade Complementar Português Processos de Construção e Edificações Processos de Produção Agropecuária Projeto de Empresas Projeto de Monografia em Engenharia de Produção Projeto de Trabalho Projetos de Unidades Produtivas Séries e Equações Diferenciais Sistemas de Informações Gerenciais Teoria das Organizações</p> |

Conteúdo

MEC

UNICAMP

| | | |
|---------------------------|---|--|
| Básico | <p>Administração; Ciência e Tecnologia dos Materiais; Ciências do Ambiente; Comunicação e Expressão; Economia; Eletrociadade Aplicada; Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania. Informática; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; Química;</p> | <p>Economia para Engenharia Cálculo 1 Cálculo 2 Cálculo 3 Cálculo Numérico Desenho Técnico Assistido por Computador Engenharia Econômica Estrutura e Propriedade dos Materiais Fenômenos de Transporte Filosofia e Ciências Humanas Física Experimental 1 Física Experimental 2 Física Experimental 3 Física Geral 1 Física Geral 2 Física Geral 3 Materiais Poliméricos Natureza e Tecnologia na Sociedade Contemporânea Projeto de Fábrica Química Geral Resistência dos materiais Seleção de Materiais Sociedade e Ambiente</p> |
| Profissionalizante | <p>Algoritmos e Estruturas de Dados; Ciência dos Materiais; Engenharia do Produto; Ergonomia e Segurança do Trabalho; Estratégia e Organização; Gerência de Produção; Gestão Ambiental; Gestão de Tecnologia; Máquinas de fluxo; Mecânica Aplicada; Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas; Operações Unitárias; Pesquisa Operacional; Processos de Fabricação; Processos Químicos e Bioquímicos; Qualidade; Sistemas de Informação; Sistemas Mecânicos; Tecnologia Mecânica; Termodinâmica Aplicada; Transporte e Logística.</p> | <p>Algoritmos e Programação de Computadores Controle Estatístico da Qualidade Desenvolvimento de Produtos Engenharia de Qualidade Ergonomia, Saúde e Higiene do Trabalho Estratégia e Planejamento Gestão da Cadeia de Suprimentos Introdução à Ciência dos Dados e à informação Noções de Administração e Gestão Noções Gerais dos Processos de Manufatura Oficinas Pesquisa operacional 1 Pesquisa operacional 2 Planejamento e Controle de Produção Simulação de Sistemas Tecnologia Mecânica Termodinâmica 1 Termodinâmica 2</p> |
| Especifico | | <p>Controle Estatístico do Processo Eletrotécnica Estatística e Probabilidade para Engenharia Fundamentos de Finanças e Custos Geometria Analítica e Álgebra Linear Gestão de Projetos Gestão Sustentável Introdução à Engenharia Laboratório de Engenharia 1 Manutenção Industrial Mecânica Geral Metrologia Industrial Sistemas de Apoio à Decisão e aprendizado de Máquina Sistemas Produtivos Trabalho de Graduação</p> |

Conteúdo

| | MEC | USP |
|---------------------------|---|--|
| Básico | <p>Administração; Ciência e Tecnologia dos Materiais; Ciências do Ambiente; Comunicação e Expressão; Economia; Eletricidade Aplicada; Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania. Informática; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; Química;</p> | <p>Álgebra Linear para Engenharia 1 Álgebra Linear para Engenharia 2 Automação e Controle Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia 1 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia 2 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia 3 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia 4 Cálculo Numérico Economia de Empresas Eletricidade Geral Engenharia e Sociedade Engenharia Econômica e Finanças Física Geral e Experimental para Engenharia 1 Física para Engenharia 2 Física para Engenharia 3 Física para Engenharia 4 Introdução à Computação para Engenharia Introdução à Economia Introdução à Engenharia Ambiental Introdução à Mecânica dos Sólidos Laboratório de Eletricidade Geral 2 Laboratório de Física para Engenharia 2 Mecânica dos Fluidos 1 Química Tecnológica Geral</p> |
| Profissionalizante | <p>Algoritmos e Estruturas de Dados; Ciência dos Materiais; Engenharia do Produto; Ergonomia e Segurança do Trabalho; Estratégia e Organização; Gerência de Produção; Gestão Ambiental; Gestão de Tecnologia; Máquinas de fluxo; Mecânica Aplicada; Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas; Operações Unitárias; Pesquisa Operacional; Processos de Fabricação; Processos Químicos e Bioquímicos; Qualidade; Sistemas de Informação; Sistemas Mecânicos; Tecnologia Mecânica; Termodinâmica Aplicada; Transporte e Logística.</p> | <p>Administração e Organização Controle da Qualidade Ergonomia, Saúde e Segurança no Trabalho Gestão da Qualidade de Produtos e Processos Gestão da Tecnologia da Informação Gestão Estratégica da Produção Introdução à Ciência dos Materiais para Engenharia Introdução ao Projeto de Sistemas Mecânicos Laboratório de Sistemas de Informação Logística e Cadeias de Suprimento Modelagem e Ottimização de Sistemas de Produção Modelagem Probabilística e Simulação de Sistemas de Produção Organização do Trabalho na Produção Planejamento, Programação e Controle da Produção Processos Químicos Projeto do Produto e Processo Termodinâmica e Suas Aplicações</p> |
| Especifico | | <p>Contabilidade e Custos Estatística Estatística 1 Geometria Gráfica para Engenharia Gestão de Operações em Serviços Gestão de Projetos Instituições de Direito Introdução à Engenharia Introdução à Manufatura Mecânica Mecânica A Mecânica B Mática de Formulação e de Projetos para Problemas Estruturais de Desenvolvimento Brasileiro Princípios de Marketing para a Engenharia de Produção Probabilidades Produção e Sustentabilidade Projeto da Fábrica Projeto Integrado de Sistemas de Produção Projeto, Processo e Gestão da Inovação Representação Gráfica para Engenharia Técnicas de Gerenciamento de Operações Industriais Trabalho de Formatura e Estágio Supervisionado I Trabalho de Formatura e Estágio Supervisionado II</p> |

Conteúdo

MEC

UNESP

| | |
|---|--|
| <p>Básico</p> <p>Administração; Ciência e Tecnologia dos Materiais; Ciências do Ambiente; Comunicação e Expressão; Economia; Eletricidade Aplicada; Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania. Informática; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; Química;</p> | <p>Administração Administração da Manutenção Administração da Produção 1 Administração da Produção 2 Administração da Produção 3 Administração da Produção 4 Administração de Recursos Humanos Cálculo Diferencial e Integral 1 Cálculo Diferencial e Integral 2 Cálculo Diferencial e Integral 3 Cálculo Diferencial e Integral 4 Cálculo Numérico Computacional Desenho Básico Economia 1 Economia 2 Economia Industrial Eletricidade Básica Engenharia Econômica Ética e Cidadania Fenômenos de Transporte Física 1 Física 2 Física 3 Laboratório de Física 1 Laboratório de Física 2 Laboratório de Física 3 Laboratório de Química Geral 2 Matemática Aplicada à Engenharia Materiais 1 Materiais 2 Metodologia Científica Projeto Assistido por Computador - CAD Química Geral 2 Resistência dos Materiais</p> |
|---|--|

| | |
|--|---|
| <p>Profissionalizante</p> <p>Algoritmos e Estruturas de Dados; Ciência dos Materiais; Engenharia do Produto; Ergonomia e Segurança do Trabalho; Estratégia e Organização; Gerência de Produção; Gestão Ambiental; Gestão da Tecnologia; Máquinas de fluxo; Mecânica Aplicada; Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas; Operações Unitárias; Pesquisa Operacional; Processos de Fabricação; Processos Químicos e Bioquímicos; Qualidade; Sistemas de Informação; Sistemas Mecânicos; Tecnologia Mecânica; Termodinâmica Aplicada; Transporte e Logística.</p> | <p>Ergonomia Gestão Ambiental Introdução à Sistemas de Informação Integrados - ERP Logística Organização do Trabalho Pesquisa Operacional 1 Pesquisa Operacional 2 Processos de Fabricação Projeto de Fábrica e de Produto Qualidade 1 Qualidade 2 Sistemas de Informação Teoria e Modelagem de Sistemas Termodinâmica Gestão do Desenvolvimento de Produtos (optativa)</p> |
|--|---|

| | |
|--------------------------|--|
| <p>Especifico</p> | <p>Automação Industrial Ciências Jurídicas e Sociais Controle de Processos Industriais Custos Direito Internacional Aplicado a Negócios Empreendedorismo Estágio 1 Estágio 2 Estatística Aplicada à Produção Estatística e Probabilidade Geometria Analítica e Álgebra Linear Gestão de Energia Gestão Organizacional 1 Gestão Organizacional 2 Higiene e Segurança do Trabalho Introdução à Ciência da Computação Introdução à Engenharia de Produção Marketing Trabalho de Graduação 1 Trabalho de Graduação 2 Gestão de Projetos (optativa) Tópicos Avançados de Gestão (optativa) Consultoria Empresarial (optativa) Auditoria de Sistemas Empresariais (optativa) Tópicos em Engenharia de Produção I (optativa) Tópicos em Engenharia de Produção II (optativa) Tópicos em Engenharia de Produção III (optativa) Tópicos em Engenharia de Produção VI (optativa)</p> |
|--------------------------|--|

Conteúdo

MEC

IFSP

| | | |
|---------------------------|--|---|
| Básico | Administração; Ciência e Tecnologia dos Materiais; Ciências do Ambiente; Comunicação e Expressão; Economia; Eletricidade Aplicada; Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania. Informática; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; Química; | Administração de Serviços Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia 1 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia 2 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia 3 Cálculo numérico Ciências Ambientais Comunicação e Expressão Desenho Assistido por Computador Desenho para Engenharia 1 Desenho para Engenharia 2 Direito, Cidadania e Ética Economia para Engenheiros Eletricidade 1 Eletricidade 2 Engenharia Econômica Expressão Gráfica 3 Fenômenos dos transportes Fenômenos dos transportes - Avançado Física Experimental Para Engenharia 1 Física Experimental Para Engenharia 2 Física Geral e Experimental 4 Física Teórica para Engenharia 1 Física Teórica para Engenharia 2 Materiais para Construção Mecânica 1 Materiais para Construção Mecânica 2 Química Experimental para Engenharia Química Teórica para Engenharia Resistência dos Materiais 1 Resistência dos Materiais 2 Resistência dos Materiais 3 |
| | Algoritmos e Estruturas de Dados; Ciência dos Materiais; Engenharia do Produto; Ergonomia e Segurança do Trabalho; Estratégia e Organização; Gerência de Produção; Gestão Ambiental; Gestão de Tecnologia; Máquinas de fluxo; Mecânica Aplicada; Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas; Operações Unitárias; Pesquisa Operacional; Processos de Fabricação; Processos Químicos e Bioquímicos; Qualidade; Sistemas de Informação; Sistemas Mecânicos; Tecnologia Mecânica; Termodinâmica Aplicada; Transporte e Logística. | Desenho por Modelagem de Sólidos Ergonomia e Segurança do Trabalho Gerenciamento dos Sistemas da Qualidade Gestão de Sistemas Logísticos Gestão do Conhecimento e Tecnologia Gestão dos Sistemas de Informação Laboratório de Tecnologia Mecânica Máquinas de Fluxo Motores de Combustão Interna Organização e Produção do Trabalho Pesquisa Operacional 1 Pesquisa Operacional 2 Projeto e Planejamento de Produto 1 Teoria de Máquinas e Ferramentas Termodinâmica e Transmissão de Calor 1 Termodinâmica e Transmissão de Calor 2 |
| Profissionalizante | | |
| Específico | | Álgebra linear Automação de Sistema de Produção e Operações 1 Automação de Sistema de Produção e Operações 2 Elementos de Máquinas e Mecanismos Estatística 1 Estatística 2 Estudos de Tempos e Métodos Física Teórica para Engenharia 3 Geometria Analítica e Vetores Gerencia da Cadeia de Suprimentos Gerência e Planejamento Industrial 1 Gerência e Planejamento Industrial 2 Gerenciamento Moderno da Manutenção Gestão de Projetos Introdução à Engenharia Introdução à Engenharia 2 (Produção) Jogos de Empresas (simulação) Laboratório de Conformação Mecânica Laboratório de Manufatura Marketing Mecânica Geral Mecânica Geral Avançada Metodologia do Trabalho Científico Metrologia Dimensional Planejamento Programação e Controle da Produção Planejamento Programação e Controle da Produção 2 Prática de Usinagem Processo de Soldagem, Fundição e Modelação Processos de Conformação Mecânica Programação de Computadores 1 Programação de Computadores 2 Projeto de Automação na Manufatura Projeto de Fábrica Sistemas Estocásticos e Previsão Sistemas Hidro-Pneumáticos e Refrigeração |

Anexo 2**RESOLUÇÃO Nº 218, DE 29 DE JUNHO DE 1973**

Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

O CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA, usando das atribuições que lhe conferem as letras "d" e "f", parágrafo único do artigo 27 da Lei nº 5.194, de 24 DEZ 1966, CONSIDERANDO que o Art. 7º da Lei nº 5.194/66 refere-se às atividades profissionais do engenheiro, do arquiteto e do engenheiro agrônomo, em termos genéricos; CONSIDERANDO a necessidade de discriminar atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia em nível superior e em nível médio, para fins da fiscalização de seu exercício profissional, e atendendo ao disposto na alínea "b" do artigo 6º e parágrafo único do artigo 84 da Lei nº 5.194, de 24 DEZ 1966,

RESOLVE:

Art. 1º - Para efeito de fiscalização do exercício profissional correspondente às diferentes modalidades da Engenharia, Arquitetura e Agronomia em nível superior e em nível médio, ficam designadas as seguintes atividades:

- Atividade 01 - Supervisão, coordenação e orientação técnica;
- Atividade 02 - Estudo, planejamento, projeto e especificação;
- Atividade 03 - Estudo de viabilidade técnico-econômica;
- Atividade 04 - Assistência, assessoria e consultoria;
- Atividade 05 - Direção de obra e serviço técnico;
- Atividade 06 - Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico;
- Atividade 07 - Desempenho de cargo e função técnica;
- Atividade 08 - Ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica; extensão;
- Atividade 09 - Elaboração de orçamento;
- Atividade 10 - Padronização, mensuração e controle de qualidade;
- Atividade 11 - Execução de obra e serviço técnico;
- Atividade 12 - Fiscalização de obra e serviço técnico;
- Atividade 13 - Produção técnica e especializada;
- Atividade 14 - Condução de trabalho técnico;

Atividade 15 - Condução de equipe de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção;

Atividade 16 - Execução de instalação, montagem e reparo;

Atividade 17 - Operação e manutenção de equipamento e instalação;

Atividade 18 - Execução de desenho técnico.

RESOLUÇÃO Nº 235, DE 09 DE OUTUBRO DE 1975

Discrimina as atividades profissionais do Engenheiro de Produção.

O CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E

AGRONOMIA, usando das atribuições que lhe conferem a letra "f" do artigo 27 da Lei nº 5.194, de 24 DEZ 1966, CONSIDERANDO que o artigo 7º da Lei nº 5.194/66 refere-se às atividades profissionais do engenheiro, do arquiteto e do engenheiro agrônomo em termos genéricos; CONSIDERANDO a necessidade de discriminar atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia, para fins de fiscalização do seu exercício profissional,

RESOLVE:

Art. 1º - Compete ao Engenheiro de Produção o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º da Resolução nº 218, de 29 JUN 1973, referentes aos procedimentos na fabricação industrial, aos métodos e sequências de produção industrial em geral e ao produto industrializado; seus serviços afins e correlatos.

Art. 2º - Aplicam-se à presente Resolução as disposições constantes do artigo 25 e seu parágrafo único da Resolução nº 218, de 29 JUN 1973.

Art. 3º - Os engenheiros de produção integrarão o grupo ou categoria de engenharia na modalidade industrial prevista no artigo 6º da Resolução nº 232, de 18 SET 1975.

Art. 4º - A presente Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 5º - Revogam-se as disposições em contrário.