

**UNIVERSIDADE PAULISTA**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ADAPTAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA PARA**  
**INDÚSTRIA 4.0: adequação do corpo docente**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

**LUIS ANTONIO MENDES DE MESQUITA ARAUJO**

**São Paulo**

**2022**

**UNIVERSIDADE PAULISTA**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ADAPTAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA PARA**  
**INDÚSTRIA 4.0: adequação do corpo docente**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Márcia Terra da Silva.

Área de concentração: Gestão de Sistemas de Operação.

Linha de pesquisa: Redes de empresas e planejamento da produção.

Projeto de pesquisa: Gestão de operações de serviços - formas organizacionais, métodos e ferramentas para a gestão.

**LUIS ANTONIO MENDES DE MESQUITA ARAUJO**

**São Paulo**

**2022**

Araujo, Luis Antonio Mendes de Mesquita.

Adaptação dos cursos de engenharia para indústria 4.0 / Luis Antonio Mendes de Mesquita Araujo. – 2022.

90 f. : il. + CD-ROM.

Tese de Doutorado Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2022.

Área de concentração: Gestão de Sistemas de Operação.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Terra da Silva.

1. Indústria 4.0. 2. Docência. 3. Engenharia. I. Silva, Márcia Terra da (orientadora). II. Título.

**LUIS ANTONIO MENDES DE MESQUITA ARAUJO**

**ADAPTAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA PARA  
INDÚSTRIA 4.0: adequação do corpo docente**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Márcia Terra da Silva - Orientadora  
Universidade Paulista - UNIP

---

Prof. Dr. Rodrigo Franco Gonçalves  
Universidade Paulista - UNIP

---

Prof. Dr. Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto  
Universidade Paulista - UNIP

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Danielle Miquilim  
Faculdade de Tecnologia Termomecânica

---

Prof. Dr. Marcio Costa  
CBC/ICmbio

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho, Levi, e a minha esposa, Lia.

Aos meus amigos.

Aos meus irmãos e ao meu pai, por tudo que fazem por mim.

À minha querida mãe, luz que me ilumina.

Ao meu primo Danylo, saudades eternas.

À minha sogra, dona Narlete, e ao meu sogro, seu Raimundinho, que sempre estiveram comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus.

Agradecimentos especiais à professora e orientadora Dr.<sup>a</sup> Marcia Terra da Silva.

Aos amigos Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, em especial, ao professor Basante e à Daiane.

Aos meus amigos Márcio, Ítalo, Luciana, Jéssika e Indira por sempre terem me ajudado quando precisei deles.

Aos professores do programa que, com sabedoria, me conduziram por todo o curso.

## RESUMO

A Indústria 4.0 ganhou considerável importância nos últimos anos e o mix de tecnologia por ela implementado tornou-se objeto de uso pelas mais diferentes empresas. É necessário adequar os colaboradores a essas novas matrizes produtivas. Diante de tal situação, esta pesquisa tem como foco o estudo da formação de um corpo docente que proporcione aos profissionais de engenharia a capacidade de atuar na indústria 4.0 de forma plena. Para sua execução, foi realizado um estudo bibliográfico e a utilização da metodologia DELPHI para realização de entrevistas com profissionais vinculados à profissão de engenharia ou formação de engenheiros de nível superior. Por meio do estudo dos resultados, foi possível compreender alguns fatores relevantes sobre a avaliação dos cursos de engenharia frente às demandas da indústria 4.0, o entendimento das competências exigidas dos engenheiros, que atuam no ambiente desta nova metodologia produtiva, além da composição do corpo docente preparado para formar os técnicos que atuam nesse modelo de produção.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Professor; Engenharia; Ensino; Educação.

## **ABSTRACT**

Industry 4.0 has gained considerable importance in recent years and the technology mix implemented by it has become an object of use by most different companies. Therefore, it is necessary to adapt employees to these new production matrices. Faced with such a situation, this research focuses on the study of the formation of a faculty that provides engineering professionals with the capacity to act in industry 4.0 fully. For its execution, a bibliography study was carried out, and the use of DELPHI methodology to carry out interviews with professionals linked to the engineering profession or training of engineers at a higher level. Through the study of the results, it was possible to understand some relevant factors about the evaluation of engineering courses in the face of the demands of industry 4.0, the understanding of the skills required for engineers working in the environment of this new productive methodology, in addition to the composition of the prepared teaching staff to train technicians who work in this production model.

**Key-words:** Industry 4.0; Teacher; Engineering; Teaching; Education.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Revoluções Industriais .....	12
Figura 2 – Operação de Serviço .....	13
Figura 3 – Serviço Educacional do Engenheiro 4.0 .....	14
Figura 4 – Sequência de alterações impostas pela Indústria 4.0 .....	17
Figura 5 – Organização do Trabalho .....	18
Figura 6 – Etapas Aplicação da Metodologia DELPHI .....	33
Figura 7 – Apresentação dos Resultados .....	34

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos de Indústria 4.0 .....	20
Quadro 2 – Tecnologias da Indústria 4.0.....	21
Quadro 3 – Componentes de Suporte da Indústria 4.0 .....	23
Quadro 4 – Componentes Complementares da Indústria 4.0 .....	24
Quadro 5 – Especialistas e seus Atributos .....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPS	Cyber-Physical Systems
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
IES	Instituição de Ensino Superior
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IoS	Internet of Services
IoT	Internet of Things
IoTS	Internet of Things and Services
PNE	Plano Nacional de Educação
PIB	Produto Interno Bruto
RUF	Ranking Universitário Folha
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>PERGUNTA DE PESQUISA</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
1.3.1	Objetivo Geral.....	16
1.3.2	Objetivos Específicos .....	16
<b>1.4</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>17</b>
<b>1.5</b>	<b>DISPOSIÇÃO DO TRABALHO</b> .....	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>INDÚSTRIA 4.0</b> .....	<b>19</b>
2.1.1	Componentes de Suporte da Indústria 4.0 .....	22
2.1.2	Componentes Complementares da Indústria 4.0 .....	24
<b>2.2</b>	<b>Serviços</b> .....	<b>25</b>
2.2.1	Serviço Educacional .....	26
<b>2.3</b>	<b>Docência na Engenharia</b> .....	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Procedimentos metodológicos</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Sequência de apresentação dos resultados</b> .....	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>35</b>
4.1	Artigo 1 - “Ranking analysis of production engineering courses against industry 4.0”	35
4.2	Artigo 2 - “Competências dos Engenheiros na Indústria 4.0” .....	48
4.3	Artigo 3 – “Docente de Engenharia na Indústria 4.0” .....	64
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>80</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>86</b>
	<b>APÊNDICE 1 - Primeiro questionário para o MÉTODO DELPHI “Aptidões Docentes na Indústria 4.0”</b> .....	<b>86</b>
	<b>APÊNDICE 2 - Segundo questionário para o MÉTODO DELPHI “Aptidões Docentes na Indústria 4.0”</b> .....	<b>89</b>

# 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## 1.1 Introdução

Foi vivenciado, nos últimos séculos, um conjunto de modificações que alteraram as dinâmicas econômica e social. Ainda no século XVIII, teve início a Primeira Revolução Industrial, que tinha o uso de máquinas a vapor como tecnologia fundamental de sua força produtiva. Almeida e Martins (2018) destacam que a troca da tração animal, o uso do vento e da água como força motora promoveram performance e celeridade na produção. Além do uso de novas tecnologias, teve início um grande fluxo de pessoas do campo para a cidade, ocorrência que resultou em uma extensa transformação nas dinâmicas social e econômica mundiais (DE LIMA; DE OLIVEIRA NETO, 2017).

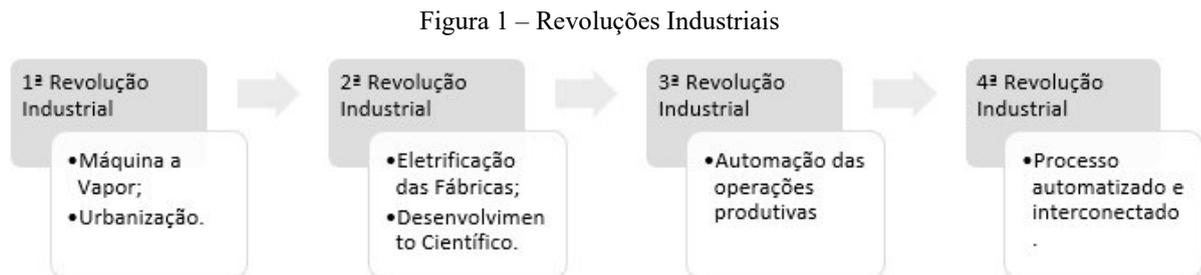
Em 1747, na França, foi criada a primeira escola de Engenharia do mundo, a *École Nationale des Ponts et Chaussées*, com papel importante no treinamento de engenheiros, que trabalhavam na construção e na manutenção de pontes, de canais, de estradas e, posteriormente, de ferrovias (PICON, 1991).

Em meados do século XIX, aconteceu a Segunda Revolução Industrial. Esse período foi notabilizado por avanços nas áreas de beneficiamento de aço, eletricidade e itens químicos. Além de várias outras áreas, a eletrificação mudou o mundo para sempre, pois essa tecnologia tinha sua utilização tanto nas operações fabris como também na iluminação das cidades, fazendo com que existisse, a partir daquele momento, uma vida noturna (AGARWAL, H.; AGARWAL, R., 2017).

A Terceira Revolução Industrial é um evento do século XX, teve início em 1960 e ficou marcada pela introdução do uso das tecnologias de informação e pelo emprego da eletrônica na automatização do processo produtivo (LI, 2019).

No século XXI, a Quarta Revolução Industrial se tornou a matriz das modificações. Com o advento de uma mescla de tecnologias, os modelos de confecção de bens e serviços passaram por uma nova abordagem, convencionalmente denominada de Indústria 4.0. O termo designa um processo de produção centrado em tecnologias de informação e comunicação, bem como em sistemas de automação, possibilitando uma alta conectividade entre elementos de toda a cadeia que compõe um processo produtivo tradicional, interligando desde os fornecedores, passando pelo processo de transformação, até os clientes. Essa nova disposição irá impactar a forma como as pessoas irão se relacionar com as organizações e como elas devem se adequar para continuarem sendo relevantes no ambiente de trabalho (SACOMANO *et al.*, 2018).

As revoluções industriais aconteceram dentro de um processo de avanço tecnológico, e esses avanços contribuíram para o surgimento de um contexto de adaptações, que impactaram a ação dentro das indústrias e no contexto social. A Figura 1 representa o agrupamento das revoluções com suas características mais observáveis.



Fonte: O autor (2021).

Na última década, houve um conjunto de modificações que promoveu uma nova interação dos indivíduos em nível pessoal e profissional, e a Indústria 4.0 se encontra no cerne dessa remodelação.

Esse novo momento demanda novos profissionais polivalentes, que possuam aperfeiçoamentos de tecnologias de informação a serem utilizadas nas transformações produtivas. Deve ocorrer uma modificação nas instituições de ensino para que exista a formação desse novo conceito de técnico, capaz de atuar em plenitude no ambiente Industrial 4.0 (SOUZA; QUELHAS, 2020).

As instituições de ensino superior (IES) serão submetidas a instruir como os técnicos deverão operar várias máquinas. Essas instituições ainda devem ter maleabilidade para se adequarem às demandas por novas tarefas e ambientes de trabalho, bem como trabalhar a interdisciplinaridade continuada (SACKEY; BESTER, 2016).

Um dos profissionais mais impactado pelas modificações, que o arcabouço de tecnologias da Indústria 4.0 impõe é o profissional de Engenharia, pois participa de maneira direta da transformação dos produtos, tanto em nível de manufatura como em nível de serviço. Logo, a construção e adaptação do serviço educacional na formação desse profissional se torna objeto de atenção. Dentro dessa atual estruturação da cadeia produtiva, o profissional de engenharia se depara com a necessidade de modificação da abordagem profissional (MIQUILIM, 2019). E as instituições de ensino, com suas estruturas componentes, seja de recursos humanos ou materiais, devem adequar seus serviços para atender às novas demandas do mercado.

Esses serviços podem ser definidos como uma cadeia de procedimentos executados com competências específicas, gerando benefícios a outro indivíduo ou a si mesmo (CORREA; CAON, 2011; VARGO; LUSCH, 2008). A Figura 2 representa essa ideia, detalhando os elementos componentes de uma operação de serviço.



Fonte: Autor (2021).

Diferentemente de uma manufatura, um sistema de serviço depende do cliente iniciar o processo. A partir desse início, o sistema identifica a necessidade e opera a transformação desejada, existindo operações de linha de frente, em que se encontram os elementos de cenários, e os profissionais dessa linha de frente devem ser preparados para realizar os procedimentos técnicos e gerenciar o cliente; os processos são planejados para serem operados na presença do comprador.

A categoria de serviço, que será analisada nesta tese, é a de formação no ensino de Engenharia. A lógica de serviço educacional obedece à mesma dinâmica de forma geral. Dessa forma, a escola que atua na formação do engenheiro 4.0 é constituída pelas etapas: entrada do aluno, processo de transformação e saída (Figura 3).

O serviço de formação de profissionais para a Indústria 4.0 está inserido em uma conjunção maior, em que o parâmetro digital tecnológico tem papel fundamental nas dinâmicas social e produtiva.

Os elementos como cenários, linha de frente e processos apresentam peculiaridades nos serviços de educação, bem como estruturas fundamentais na formação superior de agora.

O cenário, nesse contexto de formação superior no ensino de engenharia, é composto por instalações, formada pela estrutura física a disposição ao se oferecer o serviço; o laboratório tem relevância fundamental, são componentes na perspectiva de simulação e, de acordo Garbin

e Kampff (2021), é uma forma de aproximação entre teoria e ação prática; O Ambiente Virtual de Aprendizagem se caracteriza por um ambiente online, permitindo a coordenação dos estudos através da troca de conteúdos, informações executadas pelos docentes e discentes de modo síncrono e assíncrono (VASCONCELOS; DE JESUS; DE MIRANDA SANTOS, 2020).

A linha de frente é composta por professores que, dentro desse modelo de serviço, desempenham papel fundamental, já que efetivam a principal operação da empresa e mantém contato direto com os clientes. Também funcionários que atendem o corpo discente fazem parte da linha de frente, dando suporte na execução de serviços dos cursos de engenharia. Esses profissionais necessitam de capacitação profissional específica para atualização das competências.

Os processos são constituídos pelas metodologias, instrumentos de exposição e disseminação do conhecimento e também pelas normas de todo o arcabouço de legislação que regem os cursos de engenharia, bem como as tecnologias que promovem modificação na realidade e por consequência, na dinâmica educacional.

As empresas são presenças constantes no processo, estabelecendo padrões de demanda das características dos profissionais, oferecendo estágios e projetos compartilhados com as escolas e selecionando e contratando os novos engenheiros, com o perfil profissional desejado pelo mercado. Dessa forma, reforçando o perfil profissional desejado.

Figura 3 – Serviço Educacional do Engenheiro 4.0



Fonte: Autor (2021).

Esses novos engenheiros devem estar aptos a absorverem conhecimentos para operarem de forma consistente num cenário em constante mudança. Esses engenheiros serão atores essenciais na implantação de processos de estabelecimento da Indústria 4.0 (SOUZA; QUELAS, 2020). Entender o processo de formação desses engenheiros é fundamental no ambiente de mudança da Indústria 4.0.

Por outro lado, o mercado de trabalho na Indústria 4.0 atravessa uma série de transições, exigindo habilidades específicas dos trabalhadores, que irão agir nesse novo modelo produtivo (SACOMANO *et al.*, 2018). As instituições de ensino monitoram quais qualificações são exigidas nesse novo contexto, construindo uma aproximação entre elas.

Dentro do curso, as disciplinas de estágio também promovem essa ligação da formação escolar com as empresas, ambientes em que ocorre a troca de experiências e monitoramento das necessidades mercadológicas, mesmo havendo situações em que os alunos já estão atuando profissionalmente.

Esse novo profissional necessitará de uma forte fundamentação de conhecimento tecnológico, além de ter especialização para atuar e ter progressos cognitivos (RIBEIRO; DOS SANTOS; WALKER, 2019). Mas vale entender que esses aspectos se estendem para qualquer área de atuação das Engenharias.

Nesse cenário da Indústria 4.0 observa-se a vivência de um novo momento, em que a tecnologia é fundamental e abrange as mais variadas esferas, com destaque para o ambiente produtivo, exigindo uma nova postura profissional e, conseqüentemente, a readequação dos serviços que oferecem formação superior.

O foco de discussão desta tese é a formação de engenheiros voltados para indústria 4.0, estendendo-se para o papel das instituições de ensino superior e especificamente, na adequação do quadro de professores para a oferta de cursos de engenharia, compreendendo a capacitação dos profissionais e o aproveitamento de sua experiência profissional.

## **1.2 Pergunta de Pesquisa**

As instituições de ensino são elementos essenciais na construção da aprendizagem, do poder de inovação e conhecimento, requisitos imprescindíveis para produção de bens e serviços e necessários na formatação profissional (DE MORAES CORDEIRO; POZZO, 2015).

As universidades são primordiais para o desenvolvimento econômico, para a transmissão de conhecimento e para a evolução de competências profissionais, que elevam a

produção (GOLDSTEIN; DRUCKER, 2006). E os profissionais de Engenharia, formados nas universidades, geram a construção de bens e serviços que serão consumidos pelas pessoas.

Nesse sentido, aprimorar o processo pelo qual as instituições formam os engenheiros se torna mais importante no atual momento, pois a ambientação tecnológica imposta pela Indústria 4.0 modifica tanto o que se consome quanto a forma como os bens e serviços são produzidos.

A Indústria 4.0 causará uma grande mudança na profissão de Engenharia e irá alterar a maneira como instituições de ensino formarão esses profissionais para a inserção no mercado de trabalho (NØRGAARD; DE CARVALHO GUERRA, 2018).

No entanto, observa-se que as mudanças para as novas diretrizes do curso de Engenharia ainda são lentas, de tal forma que o arcabouço de disciplinas e o currículo para o novo engenheiro ainda não são claros. Por essa razão, os atores educacionais envolvidos (pesquisadores, educadores, escolas de Engenharia) devem se antecipar e adaptar sua estrutura educacional para responder às demandas da Indústria 4.0.

Dentro desses elementos há o destaque para o professor, que é o principal *link* entre o curso e o aluno. Pressupondo que o engenheiro irá trabalhar em um ambiente de incertezas e de mudanças constantes, espera-se também que os docentes estejam inseridos nesse mesmo processo. Diante desse cenário, qual é o perfil do corpo docente para formação do engenheiro que irá atuar na Indústria 4.0?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo é analisar as mudanças necessárias no corpo docente para a adequação do ensino de profissionais de Engenharia na Indústria 4.0.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral deste estudo, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar se os Sistemas de Avaliação de Cursos de Engenharia são adequados para medir a eficácia da formação de engenheiros para a Indústria 4.0 no Brasil;
2. Identificar as características profissionais dos engenheiros, que atuarão no ambiente de Indústria 4.0;

3. Caracterizar as necessidades de mudanças do corpo docente quanto ao conhecimento técnico, metodologias de ensino e vivência da prática profissional.

#### 1.4 Justificativa

A Indústria 4.0 assegura uma melhora produtiva, além da possibilidade de novas variedades de empreendimentos. Essa nova metodologia produtiva proporciona um conjunto de alterações, que devem ser absorvidas da maneira efetiva pelos atores produtivos (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Com a evolução da Indústria 4.0, manifesta-se a necessidade de adequação do ensino de Engenharia, de maneira a prover para o mercado de trabalho um técnico, que possua conhecimentos para atuar e progredir de maneira competitiva (FERREIRA *et al.*, 2020).

Diante disso, existe um ambiente de mudança, que altera a dinâmica produtiva e exige profissionais aptos a atuarem de modo pleno nesse novo contexto. A Figura 4 resume essa sequência interligada:

Figura 4 – Sequência de alterações impostas pela Indústria 4.0



Fonte: Autor (2021).

Operando a mudança dentro dos cursos superiores estão os docentes. Esses profissionais interligam os aspectos da construção de serviço das instituições de ensino com os clientes, os alunos, especificamente. Entretanto, a ação dos professores é permeada de dificuldades. Segundo Borges e González (2017), a performance do professor é um ato bem complexo, pois precisa dominar o que está ministrando, dar destaque ao que está sendo exposto, atuar de maneira metodológica para transformar o momento de aula em algo que chame a atenção dos alunos, bem como submeter avaliações que atestem os conhecimentos.

Portanto, este trabalho justifica-se pelo interesse de entender os fatores, que compõem a construção do profissional de Engenharia no contexto da Indústria 4.0, em especial como os professores dos cursos de Engenharia têm seus perfis definidos para

participarem desse processo de formação de um profissional tão relevante.

## 1.5 Disposição do trabalho

Esse trabalho está disposto em cinco capítulos, de acordo com a Figura 5.

Figura 5 – Organização do Trabalho



Fonte: Autor (2021).

O capítulo I é constituído pelas considerações iniciais, apresentando o contexto da pesquisa, o problema principal apresentado na tese, hipóteses e questões de pesquisa, bem como os objetivos e justificativa do trabalho.

No capítulo II, é apresentada fundamentação teórica com a exposição do *background* do tema estudado.

O capítulo III é formado pelos procedimentos metodológicos, pontuando a estrutura de procedimentos utilizada para construção do trabalho.

No capítulo IV, estão os resultados e discussões, apresentação do produto da pesquisa, bem como as análises sobre os resultados obtidos.

O capítulo V fecha com a considerações finais sobre a temática da tese, além de posicionamentos sobre trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capítulo tem o intuito de promover uma contextualização acerca da temática abordada no trabalho.

### 2.1 Indústria 4.0

As progressões tecnológicas têm conduzido aperfeiçoamentos consideráveis na produtividade manufatureira desde a eclosão da Revolução Industrial (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Há uma etapa de ruptura tecnológica caracterizada por uma acentuada ascensão e congruência sistêmica de tecnologias, sendo esse conjunto de inovações conceituado como Indústria 4.0. Os progressos em Machine Learning e Big Data estão alterando o processo manufatureiro convencional para um momento de concepção produção inteligente (RAI *et al.*, 2021).

A Quarta Revolução Industrial tem implicações nas atividades das indústrias: mudança no desejo dos clientes, mudança nos produtos que estão sendo aperfeiçoados pelo uso de dados, formação de novas cooperações (isso devido à percepção da importância de comportamentos colaborativos) e, por fim, os modelos de negócios operacionais estão se tornando modernas atividades pautadas no digital (SCHWAB, 2017).

A Indústria 4.0 é uma metodologia produtiva caracterizada pela ação de atualização dos conceitos industriais em nível mundial, tendo como base as tecnologias de comunicação e informação (TIC's), tais como: modernos métodos e regulamentos de comunicação, protocolos de proteção cibernética, monitoramento de inúmeros dispositivos, além do emprego de inteligência artificial. Concomitantemente a esses progressos, a internet expandiu em escalas sem precedentes, ocupando espaço nas dinâmicas social e econômica das pessoas (DIEZ-OLIVAN *et al.*, 2019).

Na última década, vários autores dedicam-se a entender e a conceituar a Indústria 4.0. O quadro 1 lista alguns conceitos referentes a essa recente metodologia produtiva.

Quadro 1 – Conceitos de Indústria 4.0

<b>Autor</b>	<b>Artigo</b>	<b>Ano</b>	<b>Conceito</b>
Rivera <i>et al.</i>	The Sustainable Development Goals (SDGs) as a Basis for Innovation Skills for Engineers in the Industry 4.0 Context	2020	É a representação de um novo modelo de digitalização e automação na ação produtiva manufatureira, não tendo seu foco apenas na otimização da produção em si, mas busca promover a ordenação do todo, agindo para a construção de um paradigma de negócio digital.
Schwab	The Fourth Industrial Revolution	2017	Junção de processo de manufatura com transformação digital, dispositivos de inteligência artificial, internet das coisas e com todo o aparato de dispositivos inteligentes.
Xu e Duan	Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey	2019	É a recente orientação em controle, automação e mineração de dados de processamentos de manufatura.
Rojko	Industry 4.0 Concept: Background and Overview	2017	É um procedimento de interligação dos processos de manufatura e negócios, além da interconexão de todos os participantes (clientes e fornecedores) da cadeia de valor.
Anderl	Industrie 4.0 -Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production	2014	Paradigma estratégico que busca a interconexão dos sistemas de controles com a internet, proporcionando a interlocução dos sistemas, produtos e os indivíduos.
Yamada e Martins	Indústria 4.0: Comparativo da Indústria Brasileira Perante o Mundo	2019	Abordagem de fábricas inteligentes ligada ao entendimento presente de automação industrial, onde sistemas, máquinas e pessoas estão conectados dentro da extensão da cadeia produtiva através da internet.
De Oliveira Morais <i>et al.</i>	A evolução da qualidade na Indústria 4.0	2020	Existência de matriz inteligente, que utiliza de maneira maciça conceitos de robótica, compostos de processamento e armazenamento de dados, bem como acompanhamento e domínio das ações produtivas simultaneamente.

Fonte: Autor (2021).

Os autores trazem uma visão de sistematização produtiva sustentada por componentes de natureza tecnológica, incrementando não só o processo produtivo, mas a ligação dos elementos, que estão antes e depois da transformação de bens e serviços.

A Indústria 4.0 leva a manufatura automatizada a outro patamar, pois aplica a customização e a flexibilidade a estruturas produtivas em massa. Nesse novo ambiente produtivo, as máquinas se tornam independentes e coletam dados, analisam e dão conselhos sobre ações, que devem ser tomadas (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Para dar prosseguimento e para uma maior compreensão, é essencial citar quais são as tecnologias mais observadas na Indústria 4.0. O quadro 2 organiza os autores e as tecnologias citadas por eles.

Quadro 2 – Tecnologias da Indústria 4.0

Autor	Tecnologia
Rüßmann et al. (2015)	Análise de Big Data, Robôs Autônomos, Simulação, Integração Vertical e Horizontal, Internet das Coisas (IoT), Segurança Cibernética, Computação em Nuvem, Impressão 3D e Realidade Aumentada.
Sacomano et al. (2018)	Automação, Comunicação Máquina a Máquina, Inteligência Artificial, Análise de Big Data, Computação em Nuvem, Integração de Sistemas e Segurança Cibernética, Internet das Coisas (IoT), Sistemas Ciber-Físicos (CPS) e Internet de Serviços (IoS).
Santos e Martinho (2019)	Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), Sistemas Ciber-Físicos (CPS), Internet de Coisas e Serviços (IoTS), Inteligência Artificial (IA), Equipamento autônomo e Impressão 3D.
León García e Baez Landeros (2020)	Análise de Big Data, Simulação, Impressão 3D, Internet das Coisas (IoT), Computação em Nuvem, Pagamentos Weireless e Inteligência Artificial.

Fonte: Autor (2021).

Dentro do composto tecnológico da Indústria 4.0, existe uma abrangência invadindo tanto as estruturas produtivas manufatureiras quanto as de serviços. Nos componentes de tecnologia apresentados, há um foco no Sistemas Ciber-Físicos (*CPS- Cyber-Physical Systems*), na Internet das Coisas (*IoT- Internet of Things*) e na Internet dos Serviços (*IoS- Internet of Services*). De acordo com Sacomano *et al.* (2018), essas tecnologias são fundamentos em que

o conceito de Indústria 4.0 se sustenta e sem as quais não seria capaz de funcionar.

Os Sistemas Ciber-Físicos (*CPS- Cyber-Physical Systems*) são constituídos de elementos tecnológicos revolucionários, que manejam ativos do mundo físico com elementos computacionais, são integrados por uma superfície com avançada conectividade, compostos por sensores ligados em todo o sistema produtivo, bem como interligados com atores externos (clientes e fornecedores), promovendo a obtenção de dados em tempo real do mundo físico e a entrega de um retorno em termos de respostas do ambiente cibernético, permitindo tomadas de decisões ao analisarem uma grande quantidade de dados, levando a empresa a ter resposta às problemáticas de forma ágil (LEE; BAGHERI; KAO, 2015).

Os sistemas Ciber-Físicos (*CPS- Cyber-Physical Systems*) são os elementos que conectam o mundo físico ao virtual, armazenando dados sobre sua situação e execução das operações (PEREIRA; DE OLIVEIRA SIMONETTO, 2018).

Outra tecnologia associada à base da indústria é a Internet das Coisas (*IoT- Internet of Things*). Na comunicação habitual da internet, os emissores e receptores são humanos. No conceito de Internet das Coisas (*IoT- Internet of Things*), essa ação é executada através da interconexão de coisas (SACOMANO *et al.*, 2018).

A Internet das Coisas (*IoT- Internet of Things*), com máquinas relacionando-se entre si, recolhendo e examinando dados, sendo capaz de guardá-los em nuvem, além de constatar e eliminar problemas sem a mediação humana, é uma inovação na ideia de arranjo físico das indústrias (COLOMBO; DE LUCCA FILHO, 2018).

A Internet dos Serviços (*IoS- Internet of Services*) possibilita que os fornecedores ofereçam seus serviços, utilizando a internet e é formada pelos modelos de negócios, serviços e infraestrutura de funcionamento desses serviços (BUXMANN; HESS; RUGGABER, 2009).

O uso da Internet das Coisas (*IoT- Internet of Things*) com a Internet dos Serviços (*IoS- Internet of Services*) permite a execução de processos produtivos inteligentes, com a existência de transferência de informações sincronicamente entre operadores e sistemas de produção, melhorando a qualidade e a produtividade, que são algumas das vantagens da Indústria 4.0 (MONOSTORI, 2014).

### 2.1.1 Componentes de Suporte da Indústria 4.0

Componentes de suporte estão expostos em várias utilidades e são eles que promovem a estruturação da Indústria 4.0 (SACOMANO *et al.*, 2018). O quadro 3 agrega elementos de suporte da metodologia de ação da Indústria 4.0:

Quadro 3 – Componentes de Suporte da Indústria 4.0

<b>Componente</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Conceito</b>
Big Data Análises	Rüßmann <i>et al.</i> (2015)	<i>Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries</i>	Tecnologia que é baseada na coleta e na análise de dados de várias fontes distintas (sistemas produtivos, sistemas da corporação e de gestão de clientes) para alicerçar as tomadas de decisões.
Segurança Cibernética	De Oliveira e Simões (2017)	A Indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da Engenharia	Com uso de tecnologias e informações disponíveis na nuvem, é importante dispor de segurança dos dados armazenados.
Comunicação Máquina a Máquina	Dos Santos e Volante (2018)	A importância da tecnologia sem fio na Indústria 4.0	As máquinas se comunicam de maneira independente, determinando ações e atribuições a serem realizadas para o efetivo funcionamento da fábrica.
Automação	Sacomano <i>et al.</i> (2018)	Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos	Execução de tarefas sem a participação do homem, com dispositivos que operam de forma autônoma e têm capacidade de se autogovernarem.
Inteligência Artificial	Peres <i>et al.</i> (2020)	Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook	É uma área interdisciplinar de exploração que abrange elementos, tais como: Programação Neurolinguística, Aprendizado da Máquina e Robótica.
Integração de Sistemas	Pereira e De Oliveira Simonetto (2018)	Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas para o Brasil	Sistemas entre as empresas estarão conectados, permitindo uma automação maior.
Computação em Nuvem	Da Cruz, Maluf e CichaczEwski (2021)	Iot e computação na nuvem: o aproveitamento de sistemas legados para Indústria 4.0	É um recurso de infraestrutura de tecnologia da informação que promove mobilidade, escala e segurança aos processos, pois usa servidores virtuais que concedem conexão e acesso independente do lugar.

Fonte: Autor (2021).

### 2.1.2 Componentes Complementares da Indústria 4.0

São componentes entendidos como acessórios, mas nem por isso têm menor importância em relação às outras tecnologias já apresentadas, pois acabam complementando uns aos outros (SACOMANO *et al.*, 2018). O Quadro 4 organiza os componentes tecnológicos complementares da Indústria 4.0:

Quadro 4 – Componentes Complementares da Indústria 4.0

<b>Componente</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Conceito</b>
Realidade Aumentada	Mesquita e Moreira (2018)	Indústria 4.0: Aplicação de Realidade Aumentada	Tecnologia de interação do meio real com o virtual, possibilitando a exibição de componentes virtuais sobre a imagem do mundo real por meio de dispositivos, tais como: Tablet, Computador, Celular etc.
Código QR	Fernández-Caramés e Fraga-Lamas (2018)	A Review on Human-Centered IoT-Connected Smart Labels for the Industry 4.0	São códigos semelhantes aos códigos de barras, mas com capacidade de armazenamento de dados maior (habitualmente mais de 1800 caracteres) e com processamento mais complexo, mas que, apesar disso, têm sua leitura facilitada, pois podem ser decifrados por câmeras de <i>smartphones</i> , dispensando aparelhos especiais.
Etiquetas de RFID	Karacay (2018)	Talent Development for Industry 4.0	São identificadores por radiofrequência que possibilitam o acompanhamento em tempo real, facilitando de maneira exponencial a Internet das Coisas.
Realidade Virtual	Liagkou, Salmasa e Stylios (2019)	Realizing Virtual Reality Learning Environment for Industry 4.0	Tecnologia que tem capacidade de originar e integralizar qualquer tipo de ambiente, refiná-lo, redesenhá-lo e fazer testes sustentados por tecnologias de computação virtual.
Manufatura Aditiva	Chong <i>et al.</i> (2018)	Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching	É um processo de produção de aditivos que fabrica objetos camada por camada.

Fonte: Autor (2021).

Foi levantado um conjunto de benefícios do uso da indústria 4.0 pelas sociedades em nível global, mas existem variáveis danosas, devendo ser apontadas. Nesse sentido, cita-se o trabalho de Junqueira, Lima e Souza (2021), de acordo com pesquisa desenvolvida, 97% dos entrevistados concordam que as novas tecnologias podem substituir a força produtiva humana, ainda 49% não acreditam na possibilidade da criação de novos empregos com adoção de novos instrumentos tecnológicos, além de não acharem que haverá melhoria na remuneração. O uso de componentes de alta sofisticação oriundos da indústria 4.0 também são questionados no sentido de promoverem dificuldades no aumento no nível de emprego.

## 2.2 Serviços

O serviço tem importância na dinâmica social. Correa e Caon (2002) afirmam que o setor de serviços desempenha lugar de relevância na esfera econômica, respondendo também pela maior parte dos empregos.

Os serviços são compostos de uma variada gama de negócios e, no caso brasileiro, representam 78,7% do Produto Interno Bruto (PIB), segundo o IBGE (2021).

A definição clássica identifica os serviços como ação intangível ou performance imprescindível para satisfazer a necessidade do cliente (KOTLER; ARMOSTRON, 1998).

Para Fitzsimmons, J. e Fitzsimmons, M. (2010), os serviços são uma vivência transitória, impalpável, criados para um consumidor, que realiza a função de coprodutor.

Para Correa e Caon (2011), os serviços são processos constituídos por uma cadeia de procedimentos e etapas, possuindo variados níveis de estocabilidade e intangibilidade, que acontecem ou não com a presença do cliente no processamento.

O papel do usuário dos serviços é exponencialmente diferente de uma operação de manufatura, pois na área manufatureira, os clientes são apenas seus consumidores e compradores. Nos serviços, eles participam da criação do produto, e, dessa forma, nenhuma ação na área de serviços é concebida de maneira idêntica para duas pessoas, pois existe a interação entre quem oferece e quem usufrui do serviço (OSBORNE; RADNOR; NASI, 2013).

Entende-se que os serviços são atividades intangíveis, e o cliente participa da sua produção; são uma variante social relevante, solucionando e incrementando aspectos na vida das pessoas, fazendo-se presente e tendo papel fundamental também na educação dos indivíduos, com o oferecimento dos serviços educacionais.

### 2.2.1 Serviço Educacional

O serviço educacional pode ser visto como um processo de transformação que obedece à dinâmica tradicional dos processos de produção de serviços, analisando o progresso de necessidades e interesses mercadológicos, estruturando um planejamento para propor soluções para as problemáticas existentes na sociedade e transformando seu cliente em profissionais com preparo adequado para enfrentar desafios, que se mostram cada vez desafiadores.

No Brasil, a área ganhou relevância, pois nas últimas duas décadas o ensino, no caso o superior, passou por um momento de extenso crescimento, tendo isso ocorrido pela ação do setor privado, que abriu uma grande quantidade de instituições, oferecendo cursos nas mais variadas modalidades, fazendo com que houvesse o ingresso de uma grande parcela da população (PONTES *et al.*, 2018).

O setor de serviço educacional é um componente importante no universo de serviços oferecidos atualmente. Corroborando com isso, Pontes *et al.* (2018) destacam que o Plano Nacional de Educação (PNE) definiu como objetivo para o ano de 2024 a matrícula de 33% da população entre 18 e 24 anos na educação superior, e em 2013 o contingente de pessoas matriculadas nesse espaço de idade já representava 16,5%.

Conseqüentemente, a área de serviços educacionais tem relevância e é fundamental para o desenvolvimento social e econômico do país, pois dela advém soluções para entraves observados na sociedade.

Porém, no caso brasileiro, o setor de educação tem dificuldades em adaptar seu modelo de serviço e, com as exigências da Indústria 4.0, são necessárias reflexões que consolidem adequações de qualidade.

A qualidade no serviço é uma maneira de ação relacionada, mas não análoga à satisfação. É entendida também como a confrontação da expectativa dos resultados com o desempenho oferecido (TEEROOVENGADUM *et al.*, 2019). Os autores colocam essa dimensão de qualidade para o serviço no âmbito educacional e destacam que não é somente prestar um serviço, mas sim realizar um processo contínuo de transformação dos discentes. E a interpretação é que esse processo trabalhe para a busca da satisfação do cliente. Na operação de serviços, o aluno e essa satisfação estão ligados com o alcance de metas.

Os objetivos dos discentes é ter bons resultados educacionais, consistindo em um aprimoramento das suas competências após o processo de formação a que foram submetidos. Isso depende da qualidade da operação de serviços educacionais, tais como: Instalações, Ambiente Educacional e as Atividades de Ensino (DINH *et al.*, 2021).

Ao indicarem as instalações e o ambiente educacional como peças fundamentais na qualidade dos serviços, os autores trazem elementos que se situam na dimensão física. Por causa das propriedades de intangibilidade dos serviços, os compradores buscam indícios palpáveis para mensurar o serviço, antes de ser adquirido e para que consigam analisar sua satisfação durante e após a utilização (ZEITHAML; BITNER, 2003).

Clark e Johnston (2002) reiteram a importância da presença dos aspectos físicos nos processos produtivos de serviços. Afirmam que a tangibilidade oferece evidências materiais para que o cliente fortaleça o conceito do serviço. Estes cenários podem ser entendidos como bens facilitadores.

Os bens facilitadores constituem os instrumentos obtidos ou absorvidos pelos clientes (FITZSIMMONS, J.; FITZSIMMONS, M., 2005).

A grande relevância dos bens facilitadores no pacote de serviços possibilita agrupá-los em uma equivalência, que se estende desde o serviço até a manufatura. E esses bens facilitadores constituem o “pacote de valor” (CORREA; CAON, 2002).

O fato é que nem sempre as instituições educacionais têm se adequadamente às demandas presentes, fato presente também no ensino de Engenharia, pois, além dos desafios tradicionais, enfrentam as demandas exigidas pela Indústria 4.0, que predeterminam a execução de estratégias de ensino-aprendizagem e desenvolvam as competências requeridas por essa metodologia de produção (DA SILVA *et al.*, 2020).

Entender as características do ensino de Engenharia com os aspectos que compõem sua docência são fundamentais. Ao docente de Engenharia não é suficiente ter compreensão técnica e científica dos conteúdos ou o procedimento para aplicar esses conteúdos, é fundamental que o professor conheça e utilize metodologias e técnicas de ensino/aprendizagem organizadas e consistentes, que presumam a acomodação do conhecimento, sem o que não poderá somar para a composição de técnicos em condições de renovar-se constantemente e suprir as necessidades da sociedade (PINTO *et al.*, 2010).

### **2.3 Docência na Engenharia**

À medida que a globalização gera novas ameaças, aumenta também a necessidade da qualificação para agir.

Os professores têm o papel fundamental de incentivar os alunos a lidar com questões globais, pois elas estão no centro da aprendizagem. Se os professores não possuírem competências suficientes, deles não se espera encontrar soluções para problemas que surgem.

Mercado (2008) afirma que o professor não é um profissional concluído e, sim, um profissional em contínua formação, constantemente procurando aperfeiçoamento que lhe proporcione domínio para lidar com as tecnologias de informação e comunicação, sendo pontos fundamentais para uma educação concatenada com a imersão digital dos discentes.

Com o decorrer do tempo, a carreira docente foi passando por um processo de mudança, cada vez mais relevante na vida dos profissionais experientes. Em muitos casos, eles acabam trocando as empresas pelas instituições de educação superior (IES), muito a partir do enaltecimento da dedicação exclusiva e do aporte de incentivos para a realização de pesquisas, especialmente no caso das instituições públicas. Mas há um fato preocupante, a instrução para atividade docente em muitas situações fica colocada de lado (PINTO; OLIVEIRA, 2012).

Essa característica é observada também na docência dos cursos de Engenharia, que atravessam um período de exigências. Acompanha-se um vertiginoso progresso tecnológico, coligado ao fator de obsolescência programada de produtos, o que reivindica do profissional de engenharia uma instrução com foco nos conteúdos primordiais e, somado a isso, conhecimentos específicos para promover uma vertiginosa adequação aos novos entendimentos e aptidões técnicas (MOLISANI, 2016).

Miñano Rubio *et al.* (2019) asseguram que a formação do engenheiro passa por entender a função do ensino superior. Os cursos superiores são personagens centrais na sociedade, que passa por transformações causadas, em especial pela Indústria 4.0, e o profissional de engenharia, dada a sua natureza de atuação, é elo central na discussão, e a sua formação não deixa de ter relevância.

Anteriormente se pensava que um profissional de engenharia com sucesso, automaticamente, seria um excelente professor. Posteriormente, essa impressão foi para a ideia da titulação. A interpretação era que um engenheiro com doutorado ou com pesquisas relevantes seria imediatamente um professor competente. Essa visão foi alterada: para ser um docente eficaz, além de compreender os entendimentos inerentes da área, deve-se ter conhecimento das didáticas de cunho pedagógico que compõem a ação docente (PINTO; OLIVEIRA, 2012).

Corroborando com essa perspectiva, segundo Molisani (2016), o preparo didático-pedagógico do “professor-engenheiro” é altamente discutido, e a incapacidade no campo pedagógico do docente impede a constituição de engenheiros com aptidão para atuarem no presente mercado de trabalho.

É necessário que os docentes de engenharia usem com maestria estratégias de ensino, fazendo dos engenheiros transformadores sociais e ambientais. A conjuntura ainda reivindica dos professores formação contínua, competências de comunicação, eficiência na escrita,

capacidade de trabalhar em múltiplas equipes, além de responsabilidade social e ética (RABELO; ROCHA; BARRETO, 2012).

O docente deve absorver novas metodologias de ensino-aprendizagem que promovam a produção à replicação do conhecimento, objetivando-se aprimorar a instrução do aluno de engenharia, melhorando sua capacidade profissional, resultando em ganhos tecnológicos, mesmo sendo aplicados na manufatura (MOLISANI, 2016).

### 3 METODOLOGIA

O capítulo tem como meta apresentar os métodos trabalhados para a construção da tese.

#### 3.1 Procedimentos metodológicos

A construção do trabalho se deu inicialmente pelo estudo bibliográfico, que forneceu compreensão do tema abordado na tese, seguido do método DELPHI, para conhecer as visões de especialistas sobre o problema de pesquisa.

O estudo bibliográfico inicial foi usado para definição do tema. Começou por artigos de conceitos básicos da Indústria 4.0, tais como: Ensino de Engenharia, Perfil do Engenheiro, Ensino Superior. As bases científicas utilizadas foram: Portal de Periódicos da Capes, *SciElo*, *Web Of Science* e *Scopus*. Em seguida, a pesquisa de literatura foi afinada com as palavras-chaves (“*industry 4.0*” OR “*industrial internet*” OR “*digital transformation*”, por exemplo). Além desse conjunto, outro conjunto de palavras foi cruzado para identificar artigos, que tratam da qualificação do engenheiro (“*engineering 4.0*”, “*engineering competence*”). A leitura inicial redundou na definição dos objetivos de pesquisa.

Em seguida, para identificar o estado da arte do ensino de engenharia que foi necessário para a construção do primeiro artigo, uma segunda revisão bibliográfica foi executada. Nessa revisão, foram utilizadas as palavras-chave: “*engineering teaching*” e “*engineering education 4.0*” para descobrir as premissas das principais escolas de engenharia do mundo. Nessa fase, foram utilizadas as bases científicas: *Scielo*, *Scopus* e *Google Acadêmico*, possibilitado pelo portal de periódicos da CAPES. A partir dos resultados dessas buscas, elaborou-se uma revisão do tipo narrativa que, de acordo com Rother (2007), é apropriada para debater o progresso do “estado da arte” de uma referida temática. As palavras-chaves na língua inglesa utilizadas nessa etapa foram: *Industry 4.0*, *Cyber-Physical Systems*, *Internet Of Things*, *Big Data*, *Engineer Profile*, *Higher Education*, *Engineering Education*. Executou-se uma pesquisa descritiva que, segundo Mosavi, Ozturk e Chau (2018), tem como meta primordial retratar as características de uma determinada população ou fenômeno e construir associações entre as dimensões. Foram analisadas publicações nacionais que tratavam da temática Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE. Para executar essa busca, foi utilizado novamente o portal de periódicos da CAPES. As palavras-chaves foram: Avaliação de Cursos, ENADE, Censo Educacional, *Rankings of Universities* e *Education e Industry 4.0*. Foi feita também uma investigação

documental sobre o RUF (*Ranking* Universitário Folha), além de pontos acerca do exame ENADE.

Aplicou-se o método DELPHI, que deve seu nome ao Oráculo de Delphos e foi criado em órgãos ligados à Defesa Norte-Americana no início da década de 1950, no período da Guerra Fria (TUROFF; LINSTONE, 2002). A técnica DELPHI teve sua implantação na área acadêmica no início dos anos 1960, construída pelos pesquisadores Olaf Helmer e Norman Dalker. Esse método é usado para tomada de decisões feita por um conjunto de especialistas, sem a interação direta entre eles (OSBORNE *et al.*, 2003).

Existem alguns aspectos para definir os especialistas que irão participar das entrevistas: trabalha-se com a ideia de grupos heterogêneos, pois produzem posicionamentos de melhor qualidade e concordância (POWEL, 2003).

Em contraponto a esse argumento, de acordo com Wright e Giovinazzo (2000), a heterogeneidade é um ponto importante; todavia, a qualidade do resultado depende primordialmente dos participantes implicados.

Os entrevistados foram escolhidos, levando-se em consideração a expertise que possuem no ensino de engenharia, na direção de escolas de engenharia e na vivência como engenheiros, e como contratantes de engenheiros.

Os especialistas entrevistados foram 2 professores e 1 coordenador de instituições de ensino, que possuem cursos de engenharia. As instituições são privadas, sendo duas do estado do Piauí, uma da capital e outra do interior, e uma universidade do estado de São Paulo. No total, foram contactos 9 profissionais do ensino.

Também foram convidados para a pesquisa dois executivos de empresas, sendo um do estado de São Paulo e outro do estado do Piauí. O total de 6 alunos e egressos de cursos de engenharia completam o grupo de entrevistados. Foram feitas duas rodadas de questionários, sendo que a primeira tinha 6 questões, a partir da análise das respostas foi criado um segundo questionário para cobrir questões que geraram divergências ou que não tinham sido bem compreendidas na nossa análise, essa segunda rodada era composta por 5 questões. Os questionários foram concebidos no *Google Docs* e enviados por e-mail, e podem ser visualizados nos anexos. O quadro 5 identifica os atributos desses especialistas:

Quadro 5 – Especialistas e seus Atributos

<b>Especialista</b>	<b>Perfil</b>
01	Doutoranda em Engenharia de Produção. Diretora de Ensino de uma faculdade do interior do Piauí que tem o curso de Engenharia Civil.
02	Administradora, diretora de uma empresa que produz móveis hospitalares e de escritório no estado do Piauí.
03	Experiência de 30 anos em empresas multinacionais atuando no gerenciamento das funções envolvidas no processo de manufatura com ênfase na gestão de produção, processos, logística, qualidade, manutenção e melhoria contínua. Graduado em Administração, Mestre em Engenharia de Produção e Doutorando em Engenharia de Produção. Participante de Grupo de Pesquisa (CNPQ) sobre indústria 4.0: Aspectos Tecnológicos e Econômicos. Professor nas áreas de Administração, Produção e Logística.
04	Graduada em Matemática, Mestre em Matemática e Doutoranda em Engenharia de Produção.
05	Graduado em Engenharia Civil, Mestre e Doutor em Engenharia de Produção. Experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em planejamento e gerenciamento de obras, análise de projetos, controle de produção, verificação de serviços e mão de obra. Docente no curso de Bacharelado em Engenharia Civil e Arquitetura e Engenharia de Produção e de Especialização <i>Latu Sensu</i> em Engenharia de Segurança do Trabalho, Gestão de Obras e Gestão e Educação Ambiental.
06	Professor da graduação que está sendo contactado.
07	Engenheiro de Produção formado em um centro universitário privado do estado do Piauí.
08	Graduado em Engenharia de Produção, Mestre em Engenharia dos Materiais. Professor de cursos de Engenharia.
09	Graduação em Licenciatura Plena em Matemática, Mestre em Matemática. Professor do curso de Engenharia Civil.
10	Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia dos Materiais, Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações, Especialista em Docência do Ensino Superior. Coordenadora do Curso de Engenharia Civil.
11	Graduado em Engenharia Mecânica, Mestre em Engenharia de Produção. Professor e Coordenador de Engenharia e de Produção.
12	Técnico em Edificações, cursando o último período do curso de Engenharia Civil.
13	Cursando o último período do curso de Engenharia Civil.
14	Engenheiro de Produção Mecânica e Doutor em Engenharia de Produção. Possui pós-doutorado em engenharia. Professor de Engenharia.
15	Graduada em Engenharia Agrônoma, graduação em Processamento de Dados, Especialização em Ciência Ambiental, Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Especialização em Docência do Ensino Superior. Professora do curso de Engenharia
16	Aluno contactado.
17	Aluno contactado.

Fonte: Autor (2021).

Destacam-se as vantagens dessa metodologia que, de acordo com Massaroli *et al.* (2018), são:

- Potencialidade para a investigação de diversos temas em variadas áreas do conhecimento;
- O anonimato;
- A interação de diferentes pessoas de lugares próximos ou distantes;
- A possibilidade de repensar a sua opinião por meio do *feedback* controlado e a possibilidade de chegar a um caminho para a resolução de um problema ou definição de um consenso.

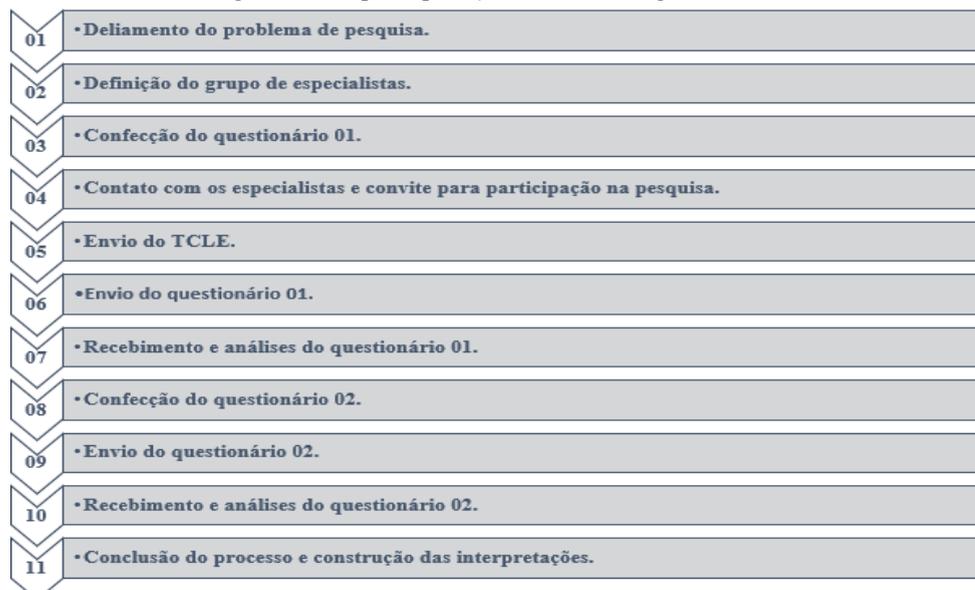
Existem também pontos de desvantagens, que de acordo, novamente, com Massaroli *et al.* (2018) são:

- Não existem orientações universais para a condução desse método;
- A obtenção do consenso entre os participantes pode ser influenciada pela condução do pesquisador;
- A opinião mais forte pode influenciar os participantes de opiniões divergentes, sem que necessariamente esse ponto represente a sua percepção sobre o tema.

Mesmo existindo questões que apontam para desvantagens, entende-se que os benefícios se sobrepõem, justificando a escolha da metodologia no trabalho.

As etapas que foram realizadas, conforme o método DELPHI, estão apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Etapas Aplicação da Metodologia DELPHI



Fonte: Adaptado de Grisham (2009) e Massaroli *et al.* (2018).

### 3.2 Sequência de apresentação dos resultados

O capítulo IV apresenta os resultados do trabalho, com os respectivos objetivos. A sequência de resultados é apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Apresentação dos Resultados



Fonte: Autor (2021).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O capítulo intenciona expor os resultados da tese em formato de artigos, e cada resultado da investigação feita é validado através de um artigo aprovado ou submetido.

### 4.1 Artigo 1 - “*Ranking analysis of production engineering courses against industry 4.0*”

Diante das alterações ocasionadas pela Indústria 4.0, é importante a verificação da instrução em Engenharia.

O artigo busca indicar a efetividade dos instrumentos de avaliação dos cursos de Engenharia de Produção diante das exigências da Indústria 4.0, analisando o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes – ENADE, uma avaliação aplicada pelo Estado brasileiro e o *Ranking* Universitário da Folha – RUF, realizado por um grande jornal do Brasil. O ENADE objetiva avaliar a retenção de conteúdos de acordo com as diretrizes nacionais, além de analisar conhecimentos gerais e de cunhos social e econômico. É obrigatório e realizado em todo o País. O RUF é um *ranking* que classifica os cursos e as instituições.

O resultado identificado é que a aplicação conjunta desses dois instrumentos entrega uma visão adequada da adaptação dos cursos à realidade da metodologia da Indústria 4.0.

O artigo responde ao Objetivo Específico 1.

O trabalho está submetido para revista do centro Universitário Santo Agostinho e está reproduzido na sua formatação original.

## Ranking analysis of production engineering courses against industry 4.0

### RESUMO

Em meio às mudanças relacionadas à Indústria 4.0, a preparação dos engenheiros é essencial. Assim, este trabalho tem como objetivo apontar a eficácia dos instrumentos de avaliação das universidades ou cursos brasileiros para retratar a adequação da formação dos engenheiros de produção às necessidades dos métodos de produção para a Indústria 4.0. Este artigo analisa dois sistemas: o ENADE, avaliação oficial do ensino superior, e o RUF, ranking universitário aplicado por um grande jornal brasileiro. O ENADE pretende avaliar a absorção de conteúdos programáticos específicos de acordo com as diretrizes nacionais, além da avaliação de conhecimentos gerais relacionados a questões contemporâneas de impacto social e econômico; é obrigatório e aplicado em todo o território nacional. O RUF é uma avaliação anual do ensino superior brasileiro e é subdividido por instituições e cursos. Como resultado, identificou-se que a aplicação conjunta desses dois sistemas promove uma leitura da adequação dos cursos à indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Avaliação. Eficácia. Classificação. Brasil.

### ABSTRACT

In the midst of changes related to Industry 4.0, the preparation of engineers is essential. Thus, this paper aims to point out the effectiveness of evaluation instruments of Brazilian universities or courses to portray the adequacy of production engineers' training to the needs of production methods for Industry 4.0. This paper analyzes two systems: the ENADE, an official evaluation of higher education, and the RUF, a university ranking applied by a large Brazilian newspaper. ENADE intends to evaluate the absorption of specific program content in accordance with national guidelines, in addition to the assessment of general knowledge related to contemporary issues of social and economic impact; it is mandatory and applied throughout the National territory. The RUF is an annual assessment of Brazilian higher education and is subdivided by institutions and courses. As a result, it was identified that the joint application of these two systems promotes a reading of the adequacy of the courses to industry 4.0.

**Keywords:** Evaluation. Effectiveness. Ranking. Brazil.

## 1 INTRODUCTION

Industry 4.0 is more than the implantation of technology; it is also about having trained personnel, adequate culture, and instruments (human and technological) to absorb change, which is increasingly present and profound. So, as an essential point of this new production matrix, engineers must master different aspects of the operation process design and management, both technology and human-based.

Preparing new professionals for these activities demands knowing the industry transformation scenario. Industry 4.0, the predetermined operating environment for future engineers, provides the digitization and aggregation of technological procedures that cover the entire production network, as well as after-sales services (Turkyilmaz et al., 2021). This digital transformation allows new productive dynamics, with the possibility of manufacturing customized products in a large-scale process.

Moreover, combining production machines with computational technologies enables the complete system, including employees, to transmit information efficiently within all supply chains, shrinking costs (Borowski, 2021). Table 1 condenses an overview of selected technologies according to their occurrence in individual key studies. These technologies are the most critical ones, identified with a significant impact on the economy over the next ten years (Laciok et al., 2021).

**Table 1 - Selected technologies overview**

Technologies	
Artificial Intelligence	Cloud Computing
Blockchain	Smart electrical network
Internet of Things	Communication between machines
Augmented reality	Advanced production
Virtual reality	Interface human-machine
Robotics	Advanced storage energy
3D printing	Nanomaterials
Drones	Nanotechnologies
Big data	Autonomous automobiles
Cyber security	Advanced production

Source: Laciok et al., 2021.

Analyzing the Industry 4.0 concept, Frank et al. (2019) organizes technologies into two layers: one comprises the technologies related to their front-end purpose, named Front-end technologies; the other includes the base technologies that permit the connectivity and the intelligence of the Front-end technologies. This organization is helpful to understand the

application of the technologies of which engineers should have a thorough understanding. On the other hand, the Front-end layer comprises four areas: Smart Manufacturing, that is, the operational process transformation and management; Smart Product, meaning the design of connected products; Smart Supply Chain, considering the acquisition and delivery of raw materials and products; and Smart Working, concerning the planning of the way the work will change.

To summarize, Industry 4.0 can be understood as the use of technological devices that combine production equipment with computational technologies and the production process organization, aiming at improving flexibility, customization, and efficiency. The industry 4.0 organization demands technical and human competencies development to design, implement, operate, and maintain its complex operating system. It can be seen, then, that there are a set of modifications that become increasingly necessary, changing not only production technologies but also the way people work within companies. Therefore, the transformation towards a digitalized production process depends on workforce qualification and technical personnel recruitment.

To meet the progressive demand for technical workers, several engineering schools are redesigning their curricula tailored for Industry 4.0, increasing trend points such as Cyber Physical Systems, virtualization, robotics, and advanced computing tools (Sahman et al., 2019). However, it is still hard to identify the course fit to the industry 4.0 demands. Thus, this paper analyses two evaluation systems of Brazilian universities or courses to portray the adequacy of production engineers' training to the needs of the industry 4.0 context.

The central assumption of this investigation is that engineering courses influence the profile of the graduates regarding technical knowledge, mindset, and worldview. Thus, the evaluation systems are analyzed considering if they contemplate the three aspects.

## **2 CONTEXT AND THEORETICAL BACKGROUND**

The development and implementation of technologies are part of technicians and engineers' jobs, who, therefore, need to master the technological environment of Industry 4.0. The engineering schools are supposed to accommodate this knowledge, and, for a permanent and official change, it is necessary that the course evaluation instruments also adapt to the new reality.

The following subsections present two evaluation systems – an official system carried out by the Brazilian Ministry of Education and the University ranking applied by a Brazilian

newspaper.

## 2.1 ENADE – Students' Performance National Exam

In Brazil, a periodic evaluation named ENADE is carried out by the Brazilian Ministry of Education to identify whether higher education schools respond to existing market demands. ENADE is a large-scale assessment of undergraduate systems, applied every three years to all courses of some areas of knowledge (with their courses/qualifications). The results of ENADE / 2019, from the Production Engineering Area, present, in addition to the quantitative measurement of the student's performance in the test, qualitative indicators of their economic and social conditions (INEP, 2020).

As for the quantitative measurement, the ENADE aims to measure students' performance on the contents provided in the curriculum guidelines of the undergraduate areas, the skills needed to adapt to the evolution of the knowledge, and skills to understand the professional cross-cutting issues (INEP, 2020).

The analysis reports of the production engineering ENADE / 2019 maintained, in principle, the structure adopted in the previous exams. Among these, the following stand out: (i) a specific report on the performance of the different Areas in the General Training test; (ii) an analysis of the profile of the course coordinators; (iii) an analysis of the perception of course coordinators and students about the training process during graduation; (iv) an analysis of the linguistic performance of the graduates, based on the discursive answers in the General Formation test; and (v) a separate analysis for face-to-face and distance courses (when applicable). In addition, the ENADE was applied to students of engineering courses that were expected to be concluded by July 2020.

More broadly, this type of evaluation also supports decisions about public investments in Higher Education, the adequacy of national guidelines, and the general policies of the body of directors of educational institutions. Therefore, decision-makers in higher education schools tend to use ENADE's analysis axes to guide the strategies of pedagogical projects and other aspects of educational institutions. Moreover, from the students' point of view, they are interested in the outstanding performance of the institution, whose name they will carry through their professional life.

Hence, the ENADE's capacity to evaluate the compatibility of the courses with Industry 4.0 principles can enable a faster transformation of engineers' courses towards the new paradigm.

## 2.2 RUF – University Ranking of Folha de São Paulo

The major known international university rankings include Times Higher Education World University Rankings, QS World University Rankings and Academic Ranking of World Universities (ARWU)(WIECHETEK and PASTUSZAK, 2022). The Times Higher Education lists 1,400 universities in 92 countries and measures the performance of institutions on criteria such as teaching, research, knowledge transfer, and international outlook (TIMESHIGHEREDUCATION, 2020).

The Folha de São Paulo newspaper ranks Brazilian schools along the lines of these global rankings and publishes the RUF, a university ranking that evaluates schools, including the ones that do not enter the international level.

This assessment is carried out annually, covering 196 Brazilian universities, public and private. The RUF takes into account five references: Education, Market, Re-search, Innovation and Internationalization.

The ranking assesses market adequacy through interviews carried out with Human Resources professionals from companies of different natures. Research on the innovation aspect covers patents and partnerships with companies and, in terms of inter-nationalization, evaluate international citations by professors and publications in international co-authorship. Finally, the research framework analyzes published articles and quotes from professors, in addition to their evaluation by research funding agencies. In addition to Universities, the RUF also evaluates 40 degrees of Universities, Colleges and University Centers with the highest number of entrants in the country according to the latest Higher Education Census available and, therefore, Production Engineering courses are evaluated in this classification (RUF, 2019).

This paper discusses the training of production engineers and whether the assessment tools of the schools that prepare them are adapting to new education/training proposals. It is assumed that assessment instruments, whether administered by government agencies or the rankings of independent media, by making public any inadequacies in the practices of training professionals with solid analyzes, can shape the educational strategies of schools.

## 3 METHODOLOGY

About the research methodology, this study has a descriptive purpose, given that its primary objective is to describe the characteristics of a given population or phenomenon or establish relationships between variables (MOSAVI et al., 2018).

Some descriptive research goes beyond identifying relationships between variables,

aiming to determine the nature of that relationship, and, in this way, coming close to an explanatory investigation. On the other hand, there are studies that, although de-fined as descriptive based on their objectives, end up serving more to provide a new view of the problem, which brings them closer to exploratory research. Descriptive research is, along with the exploratory ones, the one that social researchers usually carry out with a view to practical action.

This research seeks a new view of the problem, as explained above, based on bibliographic and documentary research. Firstly, it was searched national publications on ENADE, using the CAPES journal basis with the keywords in Portuguese: ENADE, educational Census, and evaluation of courses. Within the search scope, these ex-pressions provided the satisfactory return rate for the construction of the analysis.

A second search was made on the industry 4.0 and education, as well as on the rankings of universities. For this search it was used the Web of Science and Scopus bases. The search for Industry 4.0 aimed to identify the profile of the Engineer suitable for this production model, as well as aspects of his training; for that, it was used the keywords: professional profile of the engineer, engineering education. To search for publications on the teaching of engineers for Industry 4.0, it was used the key-words: Industry 4.0, production engineering, professionalism in the labor market. The most cited texts were selected, and the abstracts were read to choose those that sup-ported this research about the Production Engineering course. This area is chosen because it is indelibly integrated into the production systems, the central point of debate in Industry 4.0.

In addition to the bibliographic research, a documental investigation about the ENADE examination and the RUF ranking was realized. This investigation used the following documents: Area Synthesis Report - Production Engineering and the School Census 2019, available on the site <http://portal.inep.gov.br/web/guest/results-and-summaries>. The study searched the online records for the performance reports of production engineering courses and the examinations carried out from 2012 to the present date.

The Folha University Ranking - RUF references are available at <https://ruf.folha.uol.com.br/2019/>, where the study looked for the dimensions and indicators used and the procedures for their construction.

#### **4 RESULTS AND ANALYSIS**

Schislyaeva et al. (2022) establish that industry 4.0 is qualified by the use of cyber-physical systems in production processes. It should be noted that these systems will be

connected to a network, will talk to each other, will self-adjust and will learn new operating models.

Industry 4.0 has gained a leading role in industrial design and is causing profound changes in production engineering. However, to respond to the industry 4.0 design, an essential foundation must be available, both technical and human. Therefore, necessary action is to reconcile the educational structure to this new way of producing, with special attention to engineering education (COSKUN et al., 2019).

The author highlights a tripod that supports the differentiated course to prepare young people to work in Industry 4.0. The first pillar is focused on the curriculum, which covers the technical areas for industry 4.0, including an interdisciplinary project. For this project, the teachers should gather students from different degrees and various courses. This inclusion is key in integrated learning and, with a systemic focus, a condition for the performance of a technological production structure. In addition, the curriculum reinforces the disciplines of statistical analysis and computer systems, as computer technology is the basis of the fourth industrial revolution. The second pillar is the activities and use of laboratories. These are important pieces in the proposal, as they provide practical knowledge through simulated and monitored experiences supervised by the teachers. In addition, the laboratory projects can help the learner understanding the production process while improving the operating skills of new technologies. Finally, the third pillar is scenario-based learning, which uses real problems to promote knowledge acquisition in which the student plays a leading role (COSKUN et al., 2019). Thus, these authors combine the learning of technical content with the need for some essential social skills for constant development during professional life.

Likewise, Erol et al. (2016) argue that the industry 4.0 professional must have social and interaction skills to participate and lead interdisciplinary projects, as the teams are composed of a range of professionals from different backgrounds and experiences. For this reason, having socializing tools becomes essential for the engineer in this environment. Consequently, it would be necessary to understand how schools offering production engineering courses adapt their services to meet these demands. The challenge that lies ahead is how to assess the ability of schools to develop skills that address the social dimension.

Marik (2016) draws attention to the fact that the fourth Industrial Revolution is a fundamental change in people's thinking rather than a modification in technology. As a result, a number of new education requirements are placed on universities, which will, in turn, have to change the content and style of teaching at the burden of additional economic investments. In short, these movements point towards education, which will have to face a significant change

in the way students learn and are evaluated. Moreover, engineering schools will have to invest in laboratories and equipment, and the most critical is the training of professors and mentors.

Graduating students will have to be proactive, have independence and seek knowledge, which will come from actual experiences that influence students to discover, research, propose, question, and problematize (MIQUILIM and SILVA, 2019).

However, some authors point out that even though there is an effort to mold engineering schools to the demands of the current moment, several gaps remain to be solved. For example, Carvalho and Tonini (2017) understand that the current engineering courses incorporate many competencies in their curricula requested by traditional industries, while some critical characteristics of the new engineer are still absent. The main aspects mentioned by the authors are related to people management, a feature investigated in detail in their work.

#### 4.1 Rankings and Industry 4.0

Decuypere and Landri (2021) rankings do not only measure educational performance, but they also provide status, as well as enhance competition between institutions.

Lukman et al. (2010) also highlight that one of the purposes of measurement through rankings is the perception of quality gaps in schools that offer higher education, helping them improve their service. Moreover, each adaptation developed to adjust to the current requirements can be assessed concerning the whole concept of the professional profile, which is key to reaching the job market's fit.

Therefore, these evaluations permit a vision that makes it easier to ponder the courses' weaknesses, strengths, and opportunities, being a helpful tool for strategic change (Lukman et al., 2010). So, considering the need to verify the suitability of these professionals for the job market, a query to be posted is whether the rankings are structured and executed to indicate the best professional trainers for the industry 4.0.

Initially, what can be seen among the rankings presented is that there are many similarities between them in the topics observed, since the RUF uses ENADE data to start its application, but the calculation equalized by the Folha de S. Paulo newspaper extends to variables more consistent with the real desire of the industry, as in addition to taking into account the aspects of teaching, research, internationalization, it is also attentive to the development of innovations, and this point is fundamental in the current industry, in addition to verifying how the market judges professionals "manufactured" in these courses.

It should be noted that the RUF meets some points highlighted by Erol et al. (2016) e Coskun et al. (2019) as it seeks to point out which courses provide professionals with problems' solving capacity, such as those who have social resourcefulness de-manded by team working and networking.

#### 4.2 ENADE and Industry 4.0

The assessments applied to the Production Engineering course were accessed from 2012, the year that the term industry 4.0 was coined for the first time. In this period (2012 to 2019) three exams were performed, the years of application were 2014, 2017, and 2019.

In 2014, a question (out of a total of 40) was found on the concept of innovation, which is important for Industry 4.0, as pointed out by Bonilla et al. (2018), though not exclusive. Also, as observed by the authors, the concept of sustainability was found in all the evaluated exams. The 2017 test does not appear to have questions that converge to the "universe" of industry 4.0. Already in the year 2019, five questions (out of 40) are related to the content discussed by authors dealing with industry 4.0 (Erol et al., 2016 e Coskun et al., 2019): Additive Manufacturing, Internet of Things, Technology and Artificial Intelligence.

It is noteworthy that there were no questions that evoked important points about knowledge and skills related to the development of the concept of leadership. In addition, it is observed that the exams also did not perform the analyzes that stand out: Block Chain, augmented reality, virtual reality, robotics, Drones and big data.

It is noteworthy that the evaluations do not monitor the quality of the laboratories available in the institutions, this non-supervision ends up compromising the reading of the training of professionals who graduated from the courses, Ferreira et al. (2020), highlights that laboratories improve the capabilities of future professionals who will work in organizations, therefore, being essential in the construction of technical training, an observation made in the work of Erol et al. (2016) and Coskun et al. (2019).

It is also noteworthy that despite some gaps, as defended above, ENADE assesses interdisciplinarity, an important focus for Coskun et al. (2019), as revealed by some exam questions that have sustainability at their heart. The exam also asks questions about the use of technologies, a key point in industry 4.0, but does not develop aspects that Erol et al. (2016) address as relevant, these points being a list of skills that are: personal skills, social skills, action skills and mastery skills, points of social and personal dimension. In this case, the RUF can

develop this assessment, by using data that the market makes available as information that includes the notes defended by Erol et al. (2016).

## 5 CONCLUSIONS

To summarize, the courses must transform themselves to face a period of intense changes, and the rankings are beacons for possible decision-making.

The results show that the two evaluations are related to essential aspects of Industry 4.0 but leave gaps that must be completed. For example, the evaluations cannot verify the training of leaders, which is a vital requirement acknowledged by the literature. Moreover, the approaches inherent to the sociability of professionals are not assessed either, though engineers are no longer "just" technicians; they are also managers. The challenge of evaluating soft skills can justify those restrictions. Still, the ability to lead and participate in teams is an inevitable condition, and the schools should care for its development.

It is understood, therefore, that the RUF incorporates the market assessment, and this is positive. Still, in contrast, it does not have the impact that ENADE has since the evaluation carried out by INEP is a state policy. Its performance throughout the national territory is required, and in many cases, higher education institutions tailor their content exhibition to that requested by the referred exam. This evaluation covers a set of concepts, including the students' grades average, as parameters for the results.

It is noteworthy that an assessment model that sums up the main points of each exam would improve the evaluation of the training for the industry 4.0 production model.

## REFERENCES

- Bonilla, S. H., Silva, H. R., Terra da Silva, M., Franco Gonçalves, R., & Sacomano, J. B. (2018). Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability*, 10(10), 3740.
- Carvalho, L. D. A., & Tonini, A. M. (2017). Uma análise comparativa entre as competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo e aquelas previstas nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia. *Gestão & Produção*, 24, 829-841.
- Como é feito o Ranking Universitário Folha. RUF, 2019. Disponível em: <<https://ruf.folha.uol.com.br/2019/noticias/como-e-feito-o-ranking-universitario-folha.shtml>>. Acesso em: 17 de mar.de 2021.
- Coşkun, S., Kayıkcı, Y., & Gençay, E. (2019). Adapting engineering education to industry 4.0 vision. *Technologies*, 7(1), 10.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CiRp*, 54, 13-18.
- Ferreira, P. J. G., Bonilla, S. H., Gonçalves, R. F., FRUGOLI, A. D., Frugoli, P. A., Papalardo, F., & Sacomano, J. B. (2020). INDÚSTRIA 4.0: MODELO DE ENSINO PARA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO. *Revista de Ensino de Engenharia*, 38(3).
- INEP Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Resultados ENADE 2019, Conceito ENADE e IDD 2019, Brasília, outubro 2020. PowerPoint Presentation ([inep.gov.br](http://inep.gov.br))
- Lukman, R., Krajnc, D., & Glavič, P. (2010). University ranking using research, educational and environmental indicators. *Journal of cleaner production*, 18(7), 619-628.
- Laciok, V., Sikorova, K., Fabiano, B., & Bernatik, A. (2021). Trends and Opportunities of Tertiary Education in Safety Engineering Moving towards Safety 4.0. *Sustainability* 2021, 13, 524.
- Mařík, V. (2016). *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Management Press.
- Miquilim, D., & Da Silva, M. T. (2019). The teaching of innovative entrepreneur engineers: key factors that contribute to teaching-learning processes and university management. *The International journal of engineering education*, 35(5), 1480-1492.

- Mosavi, A., Ozturk, P., & Chau, K. W. (2018). Flood prediction using machine learning models: Literature review. *Water*, 10(11), 1536.
- SAHMAN, H., KARABULUT, A., SAHMAN, M. A., KOKLU, M., & TTUTUNCU, K. Survey of Engineering Students' Cognitive Level of Industry 4.0.
- WIECHETEK, Łukasz; PASTUSZAK, Zbigniew. Academic social networks metrics: an effective indicator for university performance?. *Scientometrics*, p. 1-21, 2022.
- SCHISLYAEVA, Elena et al. Integrated Estimation of a Cyber-Physical System's Sustainability. *Energies*, v. 15, n. 2, p. 563, 2022.
- DECUYPERE, Mathias; LANDRI, Paolo. Governing by visual shapes: University rankings, digital education platforms and cosmologies of higher education. *Critical Studies in Education*, v. 62, n. 1, p. 17-33, 2021
- BOROWSKI, Piotr F. Digitization, digital twins, blockchain, and industry 4.0 as elements of management process in enterprises in the energy sector. *Energies*, v. 14, n. 7, p. 1885, 2021.
- FRANK, Alejandro Germán; DALENOGARE, Lucas Santos; AYALA, Néstor Fabián. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, v. 210, p. 15-26, 2019.
- World University Rankings 2020. *timeshighereducation*, 2020. Disponível em: <[https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2020/world-ranking#!/page/0/length/25/sort\\_by/rank/sort\\_order/asc/cols/stats](https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2020/world-ranking#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats)>. Acesso em: 17 de mar.de 2020.
- TURKYILMAZ, Ali et al. Industry 4.0: challenges and opportunities for Kazakhstan SMEs. *Procedia CIRP*, v. 96, p. 213-218, 2021.

## 4.2 Artigo 2 - “Competências dos Engenheiros na Indústria 4.0”

O artigo denominado “Competências dos Engenheiros na Indústria 4.0” trata das características que devem ser inerentes aos engenheiros que atuam no ambiente 4.0.

O artigo foi publicado na revista Research, Society and Development, *link*: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30695/26463>.

Diante dos progressos vivenciados nos últimos anos, faz-se necessária uma readequação tanto em nível profissional quanto comportamental. Diante de tal conjuntura, é necessário entender quais aptidões os engenheiros inseridos 4.0 devem ter.

O trabalho foi concebido através de uma revisão da literatura. Responde ao objetivo 2 da tese e tem sua contribuição na identificação do produto construído pelo professor de Engenharia na presente conjuntura, trazendo as características, que o serviço educacional do docente deve conceber aos alunos formados nos cursos de Engenharia aptos a responderem às demandas da Indústria 4.0.

**Competencies of Engineers in Industry 4.0**  
**Competências dos Engenheiros na Indústria 4.0**  
**Competencias de los Ingenieros en la Industria 4.0**

**Resumo**

A Indústria 4.0 ganhou destaque na última década, tornando-se fundamental em ambientes fabris; essa conjuntura impôs mudanças nas competências exigidas dos funcionários que atuam nas instituições. O artigo pretende compreender quais as competências que os profissionais de engenharia devem ter para atuar nesta recente metodologia de produção. O trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão sistemática da literatura, utilizando a base de dados Scopus como mecanismo de busca, e teve como strings expressões relacionadas à indústria 4.0, habilidades de engenharia e treinamento em engenharia. O software Iramuteq também foi utilizado para apoiar as interpretações da pesquisa. Os resultados mostraram um conjunto de habilidades necessárias para que os engenheiros trabalhem na indústria 4.0: habilidades pessoais, sociais, de ação, metodológicas e técnicas. Além disso, com o uso do software Iramuteq, foi possível criar nuvens de palavras utilizando artigos da pesquisa; essa nuvem destacou as expressões: Industry, Competency, Learn, Technology, Education and Research., concluindo que dentro do tema, esses aspectos são de fundamental importância.

Palavras-chaves: Indústria 4.0, Competências, Engenharia.

**Abstract**

Industry 4.0 has gained prominence in the last decade, becoming fundamental in manufacturing environments; this situation imposed changes in the skills required of employees working in the institutions. The article intends to understand what skills engineering professionals must have to work in this recent production methodology. The work was developed through a systematic literature review, using the Scopus database as a search engine, and had as strings expressions related to industry 4.0, engineering skills and engineering training. Iramuteq software was also used to support research interpretations. The results showed a set of skills necessary for engineers to work in Industry 4.0: personal, social, action, methodological and technical skills. Furthermore, using the Iramuteq software, it was possible to create word clouds using research articles; this cloud highlighted the expressions: Industry, Competence, Learning, Technology, Teaching and Research., concluding that within the theme, these aspects are of fundamental importance.

Keywords: Industry 4.0, Competencies, Engineering.

**RESUMEN**

La Industria 4.0 ha ganado protagonismo en la última década, convirtiéndose en fundamental en los entornos de fabricación; esta situación impuso cambios en las competencias requeridas a los empleados que laboran en las instituciones. El artículo pretende comprender qué habilidades deben tener los profesionales de la ingeniería para trabajar en esta reciente metodología de producción. El trabajo se desarrolló a través de una revisión sistemática de la literatura, utilizando la base de datos Scopus como motor de búsqueda, y tuvo como cadenas expresiones

relacionadas con la industria 4.0, las habilidades de ingeniería y la formación en ingeniería. El software Iramuteq también se utilizó para respaldar las interpretaciones de la investigación. Los resultados mostraron un conjunto de habilidades necesarias para que los ingenieros trabajen en la Industria 4.0: habilidades personales, sociales, de acción, metodológicas y técnicas. Además, utilizando el software Iramuteq fue posible crear nubes de palabras a partir de artículos de investigación; esta nube destacó las expresiones: Industry, Competence, Learning, Technology, Teaching and Research., concluyendo que dentro del tema, estos aspectos son de fundamental importancia.

Palabras clave: Industria 4.0, Competencias, Ingeniería.

### Introdução

Neste trabalho são debatidas as adaptações contínuas que os avanços da tecnologia no processo produtivo impõem aos operadores que atuam na indústria 4.0, especificamente, na atuação dos engenheiros.

Nos últimos anos, o surgimento dos sistemas de digitalização das operações produtivas, promoveu um conjunto de mudanças que transformaram a realidade das manufaturas, tendo recebido o nome de Indústria 4.0 na Alemanha, termo que se espalhou rapidamente na literatura. Apesar da literatura abrangente tratando de diferentes aspectos da Indústria 4.0, não há consenso sobre uma definição dessa abordagem produtiva, como pode ser visto no quadro 1.

Observa-se que os autores diferem quanto às tecnologias mais importantes nessa transformação e quanto à ênfase dada aos aspectos tecnológicos ou aos benefícios que proporcionam.

Quadro 1 – Conceitos de Indústria 4.0

Conceito de Indústria 4.0	Autor	Ano
Ambiente industrial onde as fábricas são automatizadas e inteligentes, nas quais as máquinas, produtos, serviços, dispositivos, operadores e os clientes estão conectados.	Kleindienst et al.	2016
Processo de fabricação automatizado, com elementos conectados por meio de sensores e reguladores, para o uso de Internet das Coisas (IoT) e sistemas Ciber-Físicos (CPS), possibilitando especialização e flexibilidade da produção.	Nigam e Talcoot	2022
São manufaturas munidas de tecnologias como Inteligência Artificial (IA), Sistemas Ciber-Físicos, Internet das Coisas e Computação em Nuvem. As tecnologias são integradas para assegurar o automonitoramento do processo.	Cao et al.	2022
Na indústria 4.0 os maquinários são equipados com sensores, atuadores, além de outros aparatos digitais, que possibilitam que se conectem autonomamente para um sistema autogerenciado e com a mínima ação humana.	Panda, Mondal e Kumar	2022
A indústria 4.0 é impulsionada por elementos tecnológicos, como Internet das Coisas, Sistemas Ciber-Físicos, que propicia automação, conectividade, aprendizado de máquina e diagnóstico simultâneo.	Yuan et al.	2022

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Constata-se que as operações produtivas aumentam a utilização dos novos mecanismos tecnológicos para se posicionarem competitivamente, fazendo com que o arcabouço de conhecimentos técnicos que permeiam a indústria 4.0 seja questão fundamental em qualquer ambiente produtivo.

Diante do exposto, questiona-se como se modifica o papel dos operadores que trabalham nesse ambiente produtivo, especificamente, a atuação dos profissionais de engenharia, técnicos que para Cala e Borowski (2018) agem na geração, produção, alteração e manutenção de mecanismos, procedimentos e sistemas, empregando conhecimentos técnicos e científicos.

Miquilim e Silva (2019) defendem a necessidade de uma instrução mais abrangente para os engenheiros, englobando a capacitação para o empreendedorismo inovador, pois em virtude das alterações tecnológicas vividas, entende-se que o profissional de engenharia deve indicar as inovações que serão fundamentais para a sociedade.

A mudança tecnológica do ambiente fabril impacta a atuação do engenheiro, principalmente no que se refere às competências utilizadas para suas atividades no ambiente manufatureiro. No contexto dessa pesquisa, competência é entendida como a capacidade do operador cumprir as tarefas a ele designado (EROL et al., 2016).

Sendo assim, sabendo que a matriz tecnológica industrial foi alterada, o objetivo desse artigo é identificar as competências necessárias para os engenheiros que operam no ambiente industrial 4.0.

#### **Perfil do engenheiro na indústria 4.0**

A alta competição global e o acelerado desenvolvimento tecnológico, aliados à percepção dos clientes acerca da qualidade dos bens e serviços, promoveram a necessidade de estratégias e métodos avançados de produção. Para responder a esses obstáculos, as organizações tradicionais estão se utilizando de tecnologias digitais para chegarem a uma maior automação e produtividade (CAO et al., 2022).

Corroborando com esses aspectos, Cala e Borowski (2018) afirmam que as economias globais estão atravessando um momento de enormes transformações, gerando adversidades para empresas, que só podem ser enfrentadas com o apoio de experiência, competência e habilidades dos funcionários.

Assim, fica evidente que as empresas precisam de profissionais que estejam adaptados às conjunturas tecnológicas e que o profissional de engenharia, por seu perfil de concepção de bens e serviços, além da organização do ambiente produtivo, está intimamente ligado a essas questões. Portanto, nesse artigo são exploradas as características que devem permear a ação do engenheiro no ambiente da Indústria 4.0.

Erol et al. (2016) apontam um conjunto de competências que são essenciais para o desenvolvimento das atividades de engenharia dentro de um ambiente produtivo no âmbito de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0: competências pessoais, sociais, de ação e de domínio.

Já Hecklau et al. (2016) defendem um conjunto de quatro competências importantes para analisar os requisitos do trabalho: competências técnicas, metodológicas, sociais e pessoais.

O quadro 2 a seguir resume e compara as competências para a Indústria 4.0 segundo esses dois autores.

Quadro 2 – Conceituação dos tipos de Competências de acordo com os autores citados.

<b>Competências</b>	<b>Conceitos para Erol et al.</b>	<b>Conceitos para Hecklau et al.</b>
Competências pessoais	Compreendida como a capacidade de um indivíduo atuar de maneira reflexiva e independente, também pode ser entendida	São valores e motivações pessoais, como flexibilidade, tolerância à ambiguidade, motivação para

	como a capacidade de aprimorar habilidades cognitivas, bem como agir com autonomia e um composto de valores éticos.	aprender, capacidade de trabalhar sob pressão e mentalidade sustentável.
Competências sociais/interpessoais	Relaciona-se à competência de comunicação, cooperação e conexão com os outros indivíduos e grupos, sempre que a circunstância assim o exigir.	Referem-se às habilidades de linguagem e de comunicação, habilidades interculturais, habilidades de criação de rede, habilidade de trabalhar em equipe, capacidade de compreensão e de manter cooperação, capacidade de transferência de conhecimento e habilidades de liderança.
Competências de ação	Refere-se à capacidade de tornar planos em ações reais, não apenas no nível pessoal, mas também no nível organizacional.	
Competências metodológicas		Abrangem criatividade, pensamento empreendedor, capacidade de resolução de problemas e conflitos, poder de tomada de decisão, habilidades analíticas, habilidades de pesquisa e orientação para buscar eficiência.
Competência de domínio ou Competências técnicas	Capacidade de uso de conhecimento para realização de tarefa específica, como metodologias, linguagens, ferramentas que são fundamentais para um problema que vai além das tarefas básicas.	Dizem respeito ao conhecimento necessário para a realização do trabalho, como habilidades técnicas, compreensão do processo, habilidades de uso das mídias, capacidade de codificações e entendimento de segurança em tecnologias de informação.

Fonte: a partir de Erol et al. (2016) e Hecklau et al. (2016).

As duas conceituações são bastante semelhantes, com uma pequena diferença entre as competências de ação e as metodológicas, já que Hecklau et al. Especificam mais detalhadamente os tipos de competências. As duas conceituações serão levadas em conta ao analisar a bibliografia.

### **Metodologia**

O trabalho foi construído por meio de uma revisão sistemática da literatura, que, de acordo com Coutinho et al. (2015), é uma ação guiada por protocolos e resumos de estudos com atenção a um assunto de pesquisa e centrado em questões-chaves. Para Petticrew, M., & Roberts, H. (2008) as revisões sistemáticas são um

método de pesquisa científica em que são efetivadas revisões de literatura, objetivando identificar, avaliar e sintetizar os estudos pertinentes acerca de um tema para responder a uma ou mais questões de pesquisas formuladas. Para isso, a revisão foi organizada em quatro etapas: Planejamento, Ação de busca no motor de pesquisa escolhido, a Seleção e Exclusão de artigos e Análise dos resultados, que foram detalhados em passos operacionais da estrutura de Sampaio e Mancini (2007):

No Planejamento é definida a pergunta de pesquisa, especificando as variáveis de interesse, as bases de dados, as palavras-chave e estratégias de busca, além de estabelecer critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos artigos a serem analisados.

Nesta revisão, buscou-se responder à pergunta de pesquisa: quais as competências necessárias para os engenheiros que operam no ambiente da Indústria 4.0? Foi utilizada a base de dados SCOPUS, em 26 de abril de 2022, por reunir artigos revisados por pares e de fácil acesso. As strings que contemplaram as demandas da pesquisa foram: “engineering”, “industry 4.0”, education e competenc\*. Como critério de inclusão foi definido ter acesso ao artigo completo e ser escrito em língua inglesa. Foi prevista a verificação e exclusão de artigos duplicados.

Na etapa de ação de busca, dois pesquisadores executaram a pesquisa e compararam resultados para diminuir o risco de erros. A seleção inicial resultou em 171 artigos, depois de excluídos aqueles sem acesso. A análise bibliométrica desses artigos buscou descrever a abrangência e importância do tema.

Em seguida foi executada análise de conteúdo dos resumos, feita com a ajuda do software IRAMUTEQ (Interface of R pour les Analyses multidimensionnelles de textes et de Questionnaires), software de apoio para análise de dados qualitativos. Para essa fase, foram selecionados os artigos com mais de 10 citações, entendendo serem as citações um indicador adequado da relevância do texto, processo que resultou em 27 artigos. A redução do número de artigos foi fundamental para viabilizar a análise de conteúdo, pois os testes efetuados mostraram a dificuldade de processar os 171 artigos coletados. O processamento dos 27 artigos finais permitiu uma abordagem descritiva de contagem de palavras e a análise de similaridade dos textos. Os resultados gerados pela análise de conteúdo foram aplicados na releitura dos resumos para aprimorar e definir os grupos de artigos.

Para examinar com mais detalhes os artigos relevantes, limitou-se a leitura e análise daqueles com 10 ou mais citações, que totalizaram 27 artigos. Em seguida, foram lidos todos os resumos. Pontua-se que alguns termos de busca foram sendo utilizados de acordo com o desenvolvimento das buscas.

A análise dos artigos utilizou o *software IRAMUTEQ*. Souza et al. (2018) apontam que este software é concebido na linguagem Python e usa funções fornecidas pelo programa de estatística R. Este programa computacional abre a possibilidade de variadas investigações de dados de texto; o programa viabiliza diferentes tipos de análise de dados textuais, desde as mais simples, tais como a lexicografia básica (cálculo de repetição de palavras), até análises multivariadas (classificação hierárquica descendente e análises de similitude). Ele estabelece o arranjo do vocabulário de maneira compreensível e visualmente clara (análise de similitude e nuvem de palavras) CAMARGO e JUSTO (2013).

### **Resultados e Discussão**

A busca resultou em 171 artigos publicados entre 2014 e 2022 com as palavras “engineering”, “industry 4.0”, competenc\* e education. As métricas da busca apresentadas pelo site da SCOPUS ajudam a entender a importância e disseminação das pesquisas. Os 171 artigos foram publicados por autores de 51 países diferentes,

sendo que 12 publicaram mais do que 5 documentos nesse período, conforme o Gráfico 1 extraído da plataforma SCOPUS (SCOPUS, 13 de maio de 2022).

Tabela 1 - Distribuição de publicações entre os países que mais publicaram sobre o tema (a partir de SCOPUS, 2022).

Tabela 1. Países com mais Publicações

Países	Publicações
Alemanha	27
México	20
Rússia	18
Estados Unidos	14
Espanha	11
Áustria	9
Indonésia	8
França	6
Itália	6
Austrália	5
Eslovênia	5
Turquia	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Três países concentram o maior número de publicações nessa área, a Alemanha, o México e a Rússia, com 61 documentos. Os demais 48 países publicaram menos de 15 artigos ao longo dos 8 anos.

A distribuição no tempo, como pode ser visto pelo Gráfico 1, mostra um crescimento rápido nos primeiros anos e, depois de 2020 uma queda e estabilização.

Gráfico 1. Quantidade de Publicações por Ano.



Fonte: Scopus (2022).

Constata-se que houve uma crescente no número de publicações nos primeiros 7 anos observados, com um pico em 2020. É possível que as organizações estivessem absorvendo as tecnologias aos poucos e as competências dos engenheiros para manuseá-las tornaram-se um debate importante. Há um decréscimo em 2021, no entanto, convém esperar o fechamento de 2022 para verificar se a queda na quantidade de publicações é apenas circunstancial, causada por fatores atípicos como a pandemia, ou se o debate está chegando a um final.

### Análise de Conteúdo

Dos 171 artigos foram selecionados aqueles com mais de dez citações para proceder à análise de conteúdo. O produto dessa ação pode ser visto na Quadro 3:

Quadro 3 – Artigos com mais de 10 citações

n. Art.	Título	Autores	Ano	Citações
1	Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production	Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., Sihn, W.	2016	280
2	Learning in the AutFab – The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt	Simons, S., Abé, P., Nesper, S.	2017	57
3	Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age	Richert, A., Shehadeh, M., Plumanns, L., (...), Schuster, K., Jeschke, S.	2016	56
4	Jobs and skills in industry 4.0: An exploratory research	Pinzone, M., Fantini, P., Perini, S., (...), Taisch, M., Miragliotta, G.	2017	47
5	Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs – a conceptual study in perspective of Industry 4.0	Dutta, G., Kumar, R., Sindhvani, R., Singh, R.K.	2020	41
6	Engineering Education 4.0: proposal for a new Curricula	Ramirez-Mendoza, R.A., Morales-Menendez, R., Iqbal, H., Parra-Saldivar, R.	2018	40
7	Emerging learning environments in engineering education	Hadgraft, R.G., Kolmos, A.	2020	37
8	Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0	Salah, B., Abidi, M.H., Mian, S.H., (...), Alkhalefah, H., Abdo, A.	2019	37
9	Planning and Evaluation of Digital Assistance Systems	Hold, P., Erol, S., Reisinger, G., Sihn, W.	2017	37
10	Integration of 3D printing and Industry 4.0 into engineering teaching	Chong, S., Pan, G.-T., Chin, J., (...), Yang, T.C.K., Huang, C.-M.	2018	36
11	Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework	Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., Abellán, J.V.	2017	36

12	Competencies for Industry 4.0	Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C.A., McGovern, M.	2020	25
13	Mobile learning applications for technical vocational and engineering education: The use of competence snippets in laboratory courses and Industry 4.0	Jaschke, S.	2014	25
14	Open Innovation Laboratories as Enabling Resources to Reach the Vision of Education 4.0	Miranda, J., Lopez, C.S., Navarro, S., (...), Molina, J.M., Molina, A.	2019	23
15	Smart education in the context of industry 4.0	Assante, D., Caforio, A., Flamini, M., Romano, E.	2019	23
16	Engineering education for smart 4.0 technology: a review	Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C.A., Morales-Menendez, R.	2020	20
17	Transitioning to engineering practice	Trevelyan, J.	2019	20
18	Designing a curriculum for the Internet-of-Things-Laboratory to foster creativity and a maker mindset within varying target groups	Lensing, K., Friedhoff, J.	2018	18
19	A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories	Jerman, A., Bach, M.P., Bertoneclj, A.	2018	16
20	Technologies for the future of learning: state of the art	Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C., Morales-Menendez, R.	2020	15
21	Creativity-focused Technology Education in the Age of Industry 4.0	Cropley, A.	2020	14
22	Analysis of ICT Application in Technology Transfer Management within Industry 4.0 Conditions (Education Based Approach)	Prokopenko, O., Kudrina, O., Omelyanenko, V.	2018	13
23	Industry 4.0 diagnosis from an imillennial educational perspective	Cotet, G.B., Carutasu, N.L., Chiscop, F.	2020	11
24	Active Learning based Laboratory towards Engineering Education 4.0	Prieto, M.D., Sobrino, A.F., Soto, L.R., (...), Biosca, P.F., Martínez, L.R.	2019	11
25	Paradigm of Managerial Education for a Technological Breakthrough in the Economy	Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V.	2018	11
26	Trends in preparing cyber-physical systems engineers	Lieu Tran, T.B., Törngren, M., Nguyen, H.D., (...), Gleason, N.W., Duong, T.H.	2019	10
27	Problem-based learning (PBL) in industry 4.0: Improving learning quality through character-based literacy learning and life career skill (LL-LCS)	Nurtanto, M., Sofyan, H., Fawaid, M., Rabiman, R.	2020	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O quadro 3 apresenta o conjunto de 27 artigos que tiveram os resumos analisados pelo *software IRAMUTEQ*. Os textos permaneceram em inglês, da forma como foram coletados, e o software foi configurado para a língua inglesa. Os resumos foram tratados de maneira que cada um fosse entendido como uma unidade de análise pelo software. A massa total de texto analisada é chamada de *corpus* e é composta pelos 27 resumos.

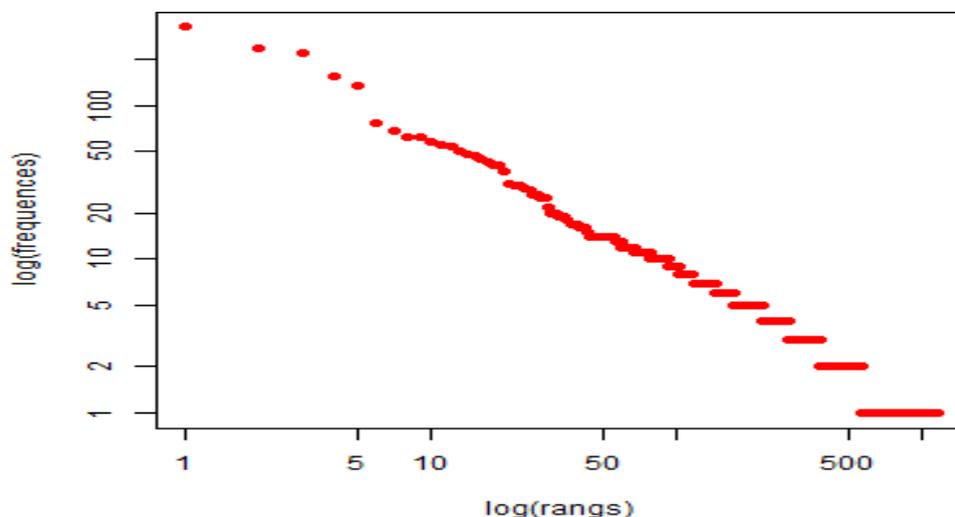
Inicialmente, o software indicou dados descritivos gerais do conjunto de textos analisados:

- Número de textos: 27.
- Número de Ocorrências: 5227.
- Número de formas: 1142.
- Número Hapax (expressões usadas uma única vez): 582 (11.13% ocorrências – 50.96% formulários).
- Média de ocorrências/texto: 193.59.

As informações acima resumem as características básicas do *corpus*. Número de ocorrências mostra o número total de palavras de todos os abstracts analisados. Desprezando termos que agregam pouco significado, como artigos e advérbios, o corpus tem 1142 substantivos, verbos, aqui denominados de formas.

Hápx se refere a expressões usadas uma única vez e pode indicar a sofisticação da linguagem empregada (BONETTE e REIS, 2021). O diagrama Zipf da Figura 1, é a interpretação gráfica da repetição de uma palavra. Observa-se na descrição e no gráfico, termos que são frequentemente repetidos, e que 582 termos são falados apenas uma única vez. Interpreta-se, portanto, a profusão de vocabulário por parte da base acadêmica Scopus.

Figura 1. Diagrama Zipf sobre competências dos engenheiros na indústria 4.0.



Fonte: Iramuteq (2022).

No meio das expressões mais empregadas nos 27 artigos, o software indicou as seguintes com mais de 30 ocorrências:





termo que partilha com a classe vizinha. Esse pequeno grupo chama a atenção para a palavra conhecimento (knowledge), dando ênfase para a necessidade de conhecimento mais abrangente, não só operacional ou técnico. Para ilustrar o que distingue essa classe das outras, alguns trechos do corpus analisado são reproduzidos a seguir.

*“A universidade surge como um agente relevante e essencial para assegurar o conhecimento e o desenvolvimento das competências na Quarta Revolução Industrial.”* [6] (RAMIREZ-MENDOZA et al., 2018)

*“Para fazer um melhor uso da inteligência artificial será necessário não só conhecimento prático e técnico, mas também fluência e criatividade focada na tecnologia.”* [21] (CROPLEY, 2020)

Também ligada à classe **“Industry”**, pode ser vista a classe **“Learn”**, conjunto de artigos que exploram métodos e modelos de ensino focados no estudante. O artigo [10], por exemplo, *“propõe um modelo misto de aprendizagem para integrar Indústria 4.0 no ensino de engenharia, usando aprendizagem online tradicional e classe de aula invertida.”* O autor prossegue explicando que dessa forma se cria um *“ambiente de aprendizagem centrada no aluno, em que os alunos são gradualmente treinados a se tornarem proativos e manterem a motivação para a aprendizagem continuada.”* Outros artigos dessa classe se referem a outros modelos de ensino- aprendizagem, mas todos com foco em aprendizagem centrada no estudante.

Já a classe **“Technology”**, também ligada a **“Industry”**, reúne grande número de termos, muitos remetendo ao processo técnico, como digital (“digital”), técnico (“technical”), informação (“information”), processo (“process”) e produção (“production”), mas também trabalho (“work”) e humano (“human”). O artigo [3], por exemplo, baseia sua pesquisa na noção que o uso de novas tecnologias e de inteligência artificial na produção são centrais na Indústria 4.0 e que *smart robots* vão dividir o trabalho com seres humanos. A partir dessa premissa, o artigo investiga como preparar os engenheiros para as novas competências necessárias para o cenário de equipes mistas robôs-humanos.

Curiosamente, a classe **“Education”** se posiciona mais próxima da classe **“Technology”** do que da classe **“Learn”**. Observando as palavras dessa classe, principalmente aquelas mais acima na figura – currículo (“curriculum”), treinar (“train”) e prática (“practice”), transparece o significado que nesse caso os textos devem relacionar educação com práticas profissionais tratadas no currículo e nas práticas escolares. Realmente, o artigo 17 expõe um bom exemplo: *“A transição entre educação e prática pode ser problemática para muitos engenheiros recém formados, devido ao conflito entre expectativas, valores e práticas de trabalho comuns e a realidade dos trabalhos.”* O autor prossegue, argumentando que as práticas do ensino do engenheiro não se assemelham às práticas da sua futura vida profissional e propõe mudanças que extrapolam a matriz curricular e englobam intervenções nas práticas escolares.

A última classe, **“Research”** reúne termos em que o sentido partilhado não fica claro. Um único artigo, o [26], se adequa a esses termos, propondo um objetivo bastante específico de preparar a força de trabalho do futuro com treinamento sobre CPS (Sistemas Físico-cibernéticos) e incentivar o foco de pesquisas de doutorado nesses sistemas. Para isso, propõe a reorganização de universidades e mudanças nos currículos. Este artigo foi considerado atípico em comparação com os demais e a classe que o continha foi retirada.

Assim, é possível falar de 5 classes sugeridas pelo software para classificar os artigos. A seguir será realizada a comparação dessa classificação com os conceitos da literatura.

## Discussão e Conclusão

Comparando-se com as conceituações do Quadro 2, pode-se dizer que a classe **“Industry”** analisa as

competências pessoais e as sociais ou interpessoais necessárias na fábrica, tratando tanto de valores e motivações pessoais como capacidade de cooperação, comunicação e trabalho em equipe, de acordo com as categorizações de Erol et al. (2016) e Hecklau et al. (2016). São artigos que centram a análise no trabalho do engenheiro na fábrica e referem principalmente ao uso das competências pessoais e sociais para a realização do trabalho.

Já a classe “**Competency**” não se refere a como resolver problemas já conhecidos, mas de imaginar outras ligações de conhecimento, a sair do já trilhado e inovar, usar a criatividade. O artigo [21] por exemplo, cita que o trabalho na Indústria 4.0 exige ir além de conhecer a tecnologia e fortalecer as competências de pensamento criativo. Para Erol et al. (2016) e Hecklau et al. (2016), essas são competências de ação e metodológicas. Também os artigos da classe “**Competency**” investigam o trabalho do engenheiro na fábrica, focando o uso de competências para a realização do trabalho.

Nesse sentido, a classe “**Learn**” compreende estudos sobre o desenvolvimento das competências pessoais, interpessoais, de ação ou metodológicas. Essas competências são abordadas do ponto de vista das escolas e universidades, com o objetivo de apresentar soluções de ensino que ampliem a motivação para aprendizado continuado [10, 7] e autônomo [20] e pensamento crítico [20]. Da mesma forma que Miqulim e Silva (2019), os textos citam metodologias de sala de aula invertida e Aprendizado Baseado em Projetos ou em Problemas (PBL), de maneira que o ensino seja centrado no aluno como autor do seu aprendizado.

Já a classe “**Technology**” se aproxima bastante das competências de domínio de Erol et al. ou competências técnicas de Hecklau et al. (2016). São artigos que apresentam os conhecimentos necessários para a operação das tecnologias da Indústria 4.0, ou descrevem o cenário da manufatura mostrando como o trabalho muda em função da tecnologia [3, 15]. As tecnologias digitais que predominam como aspecto diferenciador do processo técnico impõem o desenvolvimento do conhecimento em tecnologias de informação e comunicação [5]. Para outro autor, os trabalhadores irão trabalhar lado a lado com robôs colaborativos, formando “equipes híbridas”, o que demanda a formação de novas competências para o trabalho [3].

Finalmente a classe “**Education**” corresponde ao desenvolvimento das competências técnicas ou de domínio típicas da Indústria 4.0. Há uma preocupação com a matriz curricular que deve atender os conceitos e tecnologias digitais, assim como às práticas no trabalho [17]. Além de tecnologias digitais, também nessa classe se insere artigo discutindo o aprimoramento de disciplina voltada para uma determinada tecnologia, como o artigo [27].

Portanto, pode-se concluir, que a classificação por similaridade dos termos resultou em classes que se alinham com os tipos de competência de Erol et al. E de Hecklau et al. (2016 e 2016) e apresentam uma linha apropriada para classificar artigos sobre competências de engenheiros para a Indústria 4.0. O quadro 4 a seguir relaciona as classes geradas pelo Iramuteq com os tipos de competências:

Quadro 4 – Classes geradas pelo IRAMUTEQ e tipos de competências

	<b>Pessoais e sociais</b>	<b>Ação ou metodológicas</b>	<b>De domínio ou técnicas</b>
<b>Uso da competência</b>	“Industry”		“Technology”
<b>Desenvolvimento da competência</b>	“Competency”	“Learn”	“Education”

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Concluindo, uma contribuição importante desse artigo é a classificação dos estudos de competências na Indústria 4.0 a partir dos tipos de competências tratadas na literatura e da divisão em uso no trabalho e desenvolvimento na escola. Embora fique claro que um artigo pode tratar vários tipos de competências quanto ao uso e quanto ao desenvolvimento, os artigos estudados revelaram uma predominância de uma ou duas das células do Quadro 4. Essa classificação auxilia assim no levantamento da literatura e busca por temas específicos.

Como considerações finais, cabe apontar que os artigos analisados são parte do conjunto de artigos com as palavras-chave apresentadas. Apesar de serem representativos do interesse no assunto, já que são os mais citados, podem não esgotar os temas tratados, representando uma limitação do estudo.

Por fim, como pesquisas futuras sugere-se uma nova busca de artigos de uso da competência na Indústria 4.0, alargando a gama de tecnologias e as competências necessárias. Seria interessante observar se pode haver uma diferenciação de competências por tecnologias investigadas.

### Referência Bibliográfica

- Assante, D., Caforio, A., Flamini, M., & Romano, E. (2019, April). Smart Education in the context of Industry 4.0. In 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1140-1145). IEEE.
- Bonette, L.B, do Reis, J.G.M. (2021) Available Technologies for Mass Transport Modes in Smart Cities.
- Cała, M., & Borowski, M. (2018). Experience in the Education of Engineers from Vietnam in the Faculty of Mining and Geoenvironmental Engineering AGH. In E3S Web of Conferences (Vol. 35, p. 06001). EDP Sciences.
- Camargo, B. V., & Justo, A. M. (2013). IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em psicologia*, 21(2), 513-518.
- Cao, Q., Zanni-Merk, C., Samet, A., Reich, C., de Beuvron, F. D. B., Beckmann, A., & Giannetti, C. (2022). KSPMI: A Knowledge-based System for Predictive Maintenance in Industry 4.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 74, 102281.
- Chong, S., Pan, G. T., Chin, J., Show, P. L., Yang, T. C. K., & Huang, C. M. (2018). Integration of 3D printing and Industry 4.0 into engineering teaching. *Sustainability*, 10(11), 3960.
- Cotet, G. B., Carutasu, N. L., & Chiscop, F. (2020). Industry 4.0 diagnosis from an imillennial educational perspective. *Education Sciences*, 10(1), 21.
- Coutinho, E. F., de Carvalho Sousa, F. R., Rego, P. A. L., Gomes, D. G., & de Souza, J. N. (2015). Elasticity in cloud computing: a survey. *annals of telecommunications-Annales des télécommunications*, 70(7), 289-309.
- Cropley, A. (2020). Creativity-focused technology education in the age of industry 4.0. *Creativity Research Journal*, 32(2), 184-191.
- Dutta, G., Kumar, R., Sindhvani, R., & Singh, R. K. (2020). Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs—a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *Competitiveness Review: An International Business Journal*.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*, 54, 13-18.
- Gitelman, L. D., & Kozhevnikov, M. V. (2018). Paradigm of managerial education for a technological breakthrough in the economy.
- Hadgraft, R. G., & Kolmos, A. (2020). Emerging learning environments in engineering education. *Australasian Journal of Engineering Education*, 25(1), 3-16.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia Cirp*, 54, 1-6.
- Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(4), 1511-1524.
- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C. A., & Morales-Menendez, R. (2020). Engineering education for smart 4.0 technology: a review. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(3), 789-803.
- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C., & Morales-Menendez, R. (2020). Technologies for the future of learning: state of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(2), 683-695.
- Hold, P., Erol, S., Reisinger, G., & Sihm, W. (2017). Planning and evaluation of digital assistance systems. *Procedia Manufacturing*, 9, 143-150.
- Jaschke, S. (2014, December). Mobile learning applications for technical vocational and engineering education: The use of competence snippets in laboratory courses and industry 4.0. In 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL) (pp. 605-608). IEEE.
- Jerman, A., Pejić Bach, M., & Bertoncelj, A. (2018). A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories. *Machines*, 6(3), 41.
- Kleindienst, M., Wolf, M., Ramsauer, C., & Pammer-Schindler, V. (2016, October). Industry 4.0: What workers need and what ICT can give-an analysis. In *i-Know 2016: 16th International Conference on Knowledge Technologies and Data-driven Business*.
- Lensing, K., & Friedhoff, J. (2018). Designing a curriculum for the Internet-of-Things-Laboratory to foster creativity and a maker mindset within varying target groups. *Procedia Manufacturing*, 23, 231-236.
- Lieu Tran, T. B., Törngren, M., Nguyen, H. D., Paulen, R., Gleason, N. W., & Duong, T. H. (2019). Trends in preparing cyber-physical systems engineers. *Cyber-Physical Systems*, 5(2), 65-91.
- Miranda, J., López, C. S., Navarro, S., Bustamante, M. R., Molina, J. M., & Molina, A. (2019, June). Open innovation laboratories as enabling resources to reach the vision of education 4.0. In 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) (pp. 1-7). IEEE.
- Nigam, V., & Talcott, C. (2022). Automated construction of security integrity wrappers for industry 4.0 applications. *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming*, 100745.
- Nurtanto, M., Fawaid, M., & Sofyan, H. (2020, July). Problem based learning (PBL) in Industry 4.0: Improving learning quality through character-based literacy learning and life career skill (LL-LCS). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1573, No. 1, p. 012006). IOP

Publishing.

- Panda, S., Mondal, S., & Kumar, N. (2022). SLAP: A Secure and Lightweight Authentication Protocol for machine-to-machine communication in industry 4.0. *Computers & Electrical Engineering*, 98, 107669.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Pinzone, M., Fantini, P., Perini, S., Garavaglia, S., Taisch, M., & Miragliotta, G. (2017, September). Jobs and skills in Industry 4.0: an exploratory research. In *IFIP international conference on advances in production management systems* (pp. 282-288). Springer, Cham.
- Prieto, M. D., Sobrino, Á. F., Soto, L. R., Romero, D., Biosca, P. F., & Martínez, L. R. (2019, September). Active learning based laboratory towards engineering education 4.0. In *2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (pp. 776-783). IEEE.
- Prokopenko, O., Kudrina, O., & Omelyanenko, V. (2018). Analysis of ICT application in technology transfer management within Industry 4.0 conditions (Education Based Approach). In *CEUR Workshop Proceedings* (pp. 258-273).
- Ramirez-Mendoza, R. A., Morales-Menendez, R., Iqbal, H., & Parra-Saldivar, R. (2018, April). Engineering Education 4.0:—proposal for a new Curricula. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1273-1282). IEEE.
- Richert, A., Shehadeh, M., Plumanns, L., Groß, K., Schuster, K., & Jeschke, S. (2016, April). Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age. In *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 142-149). Ieee.
- Salah, B., Abidi, M. H., Mian, S. H., Krid, M., Alkhalefah, H., & Abdo, A. (2019). Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0. *Sustainability*, 11(5), 1477.
- Salviati, M. E. (2017). *Manual do aplicativo Iramuteq*. Recuperado mar, 3, 2020.
- Sampaio, R. F., & Mancini, M. C. (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 11, 83-89.
- Simons, S., Abé, P., & Naser, 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.
- Souza, M. A. R. D., Wall, M. L., Thuler, A. C. D. M. C., Lowen, I. M. V., & Peres, A. M. (2018). O uso do software IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 52.
- Trvelyan, J. (2019). Transitioning to engineering practice. *European Journal of Engineering Education*, 44(6), 821-837.
- Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., & Abellán, J. V. (2017). Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. *Procedia manufacturing*, 13, 1269-1276.
- Yuan, C., Li, G., Kamarthi, S., Jin, X., & Moghaddam, M. (2022). Trends in intelligent manufacturing research: a keyword co-occurrence network based review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-15.

### **4.3 Artigo 3 – “Docente de Engenharia na Indústria 4.0”**

O trabalho intitulado “Docente de Engenharia na Indústria 4.0” versa sobre o perfil do docente na formação de engenheiros com aptidões para trabalharem na indústria 4.0. Ele está sob forma de artigo, devendo passar por formatação final e revisão das figuras para ser submetido à revista Produção Online.

O trabalho aplicou a metodologia DELPHI, para a qual foram utilizados dois questionários, que podem ser vistos no apêndice da Tese: o primeiro continha seis questões, sendo as cinco primeiras perguntas objetivas mais um pedido de justificativa e a última, subjetiva. Após o recebimento e análise da primeira rodada, foram geradas mais cinco questões para eliminar dúvidas e divergências acerca do tema trabalhado. Os especialistas são profissionais com ligação direta ou indireta com a educação em engenharia ou contratantes de engenheiros formados.

As conclusões mostraram que existe um conjunto de exigências desse novo profissional de engenharia e isso exige que os docentes que trabalham na formação desse técnico tenham adequações em seus perfis de atuação profissional.

## Docente de Engenharia na Indústria 4.0

### 1 Introdução

A última década ficou caracterizada pela adoção de um conceito que traduz o momento tecnológico dentro do ambiente produtivo, denominada indústria 4.0. De acordo com Rodrigues, Queiroga, Milhossi (2022), a indústria 4.0 tem a intenção de analisar dados do maquinário tornando os procedimentos produtivos mais efetivos, concebendo bens e serviços com mais qualidade e um menor custo, dessa forma os progressos nas tecnologias de informação e comunicação (TIC) em conjunto com avanços na engenharia são pontos cruciais para o seu aprimoramento.

Para isso, é fundamental dispor de engenheiros que respondam às perspectivas de produção atuais, caracterizadas por alterações contínuas e uso intensivo de tecnologia; os profissionais devem ter, portanto, profundo entendimento teórico para pontuar problemas que compactuem com a realidade, e a obtenção de boas respostas para estes questionamentos depende do êxito educacional universitário dessa área (ALMETOV *et al.*, 2020).

Assim, é necessário preparar as escolas de engenharia para formar esses profissionais, atualizando e modernizando recursos físicos e humanos para a educação de engenheiros. Dentre os recursos humanos necessários, os professores são críticos para a formação técnica de boa qualidade e, dessa forma, esse trabalho tem foco na ação dos docentes na formação do técnico em engenharia que irá trabalhar na indústria 4.0.

### 2 Fundamentação Teórica

Para a sustentação teórica desse trabalho serão abordados os temas indústria 4.0, com as tecnologias que são inerentes ao seu funcionamento, além dos pontos importantes no ensino de engenharia nesse contexto.

#### 2.1 Indústria 4.0

Termo que foi desenvolvido através de ações de cunho estratégico do governo alemão com a ideia de fortalecer o país como referência no âmbito tecnológico bem como consolidar competitividade a nível mundial (KAGERMANN *et al.*, 2013), a indústria 4.0 possibilita a adoção de conceitos de informatização no ambiente industrial e é baseada em inovações

tecnológicas, promovendo a conexão da automação, do controle e das tecnologias de informação que permitem o uso de metodologias de manufatura eficientes (DE OLIVEIRA e SIMÕES, 2017).

O aparato tecnológico tem lugar de destaque nessa perspectiva produtiva, e de acordo com Runmann *et al.*, (2015) existem nove fundamentos de tecnologia que dão sustentação a indústria 4.0, que são: Realidade Aumentada, Fabricação Aditiva, Nuvem, Integração de Sistemas, Cibersegurança, Internet das Coisas, Simulação, Robôs Autônomos e o *Big Data Analytics*. Embora alguns autores como Runmann *et al.* (2015) enfatizem a evolução da tecnologia, outros referem a necessidade de dispor de Recursos Humanos capacitados como prioridade estratégica para as indústrias (Fantinni *et al.*, 2016; Waschull *et al.*, 2020).

## 2.2 Ensino de Engenharia e Indústria 4.0

O ambiente da quarta revolução industrial induz uma nova metodologia de instrução dos técnicos, buscando o aprimoramento de competências e habilidades equalizadas às demandas da economia digitalizada (DA SILVA e OLAVA, 2020).

Corroborando com o apresentado, Mota (2019) argumenta que, por conta da indústria 4.0, adequações se fazem necessárias dentro do ambiente de sala de aula para que o discente seja o protagonista no seu procedimento de aprendizagem, fazendo que dessa forma o aluno busque uma composição multidisciplinar.

Diante do colocado, interpreta-se a necessidade da transformação no ambiente educacional concomitantemente com as mudanças na execução das atividades do processo de ensino-aprendizagem. Destaca-se aqui a necessária evolução da figura do docente, profissional que está na linha de frente do processo de formação e que conseqüentemente compõem elemento central na preparação de novos profissionais no mercado de trabalho.

Costa *et al.*, (2018) discorre sobre pontos que são importantes nessa mudança de ação docente nesse novo cenário, os autores afirmam que a contextualização é fator fundamental para o professor organizar suas exposições, é através dela que os discentes conseguem desenvolver aptidões que possibilitem resolver problemáticas do mundo real.

Portanto, percebe-se que o ambiente passou por modificações e isso exige um novo posicionamento, fazendo que mudanças sejam exigidas na ação profissional dos técnicos que atuam no mercado de trabalho, bem como na ação de quem os forma, especificamente como tema de interesse nesse trabalho no perfil dos docentes que atuam nos cursos de engenharia.

### **3 Metodologia**

O método utilizado foi o de levantar as opiniões de especialistas por meio da metodologia DELPHI. Meyrick (2003), define que o método DELPHI tem a intenção de acessar a percepção de especialistas acerca de determinado assunto, executando retornos controlados das opiniões colocadas, fazendo novamente o recolhimento das posições, consentindo, assim, que os entrevistados respondam aos pontos que foram originados por outros participantes.

Os especialistas foram selecionados tendo por base sua ligação com a engenharia e o ensino de engenharia. Foram contactados: professores, coordenadores e alunos, cursantes e egressos, de três instituições de ensino que oferecem cursos de engenharia, sendo duas dessas da esfera privada localizadas no estado do Piauí e uma, também privada, situada no estado de São Paulo. Além dos especialistas relacionados ao ensino, buscou-se também a opinião de executivos de fábricas que contratam engenheiros. No total, foram convidados 17 participantes.

O DELPHI passou por duas rodadas. Na primeira, o questionário tinha 6 questões fechadas, mas com necessidade de justificativa do posicionamento adotado. Num segundo momento, houve aplicação de um questionário constituído por perguntas para fechar pontos de divergência no primeiro conjunto de questões.

Os questionários foram feitos através de Google Docs e repassados por e-mail para os especialistas. Foi utilizada a escala Likert onde o 1 representa muito importante, o 2 importante, o 3 é neutro, o 4 configura algo sem importância e o 5 representa algo descartável. Além da análise dos gráficos gerados pelo software, as respostas dissertativas do primeiro questionário suprimiram uma visão mais crítica sobre o tema.

### **4 Resultados e Discussões**

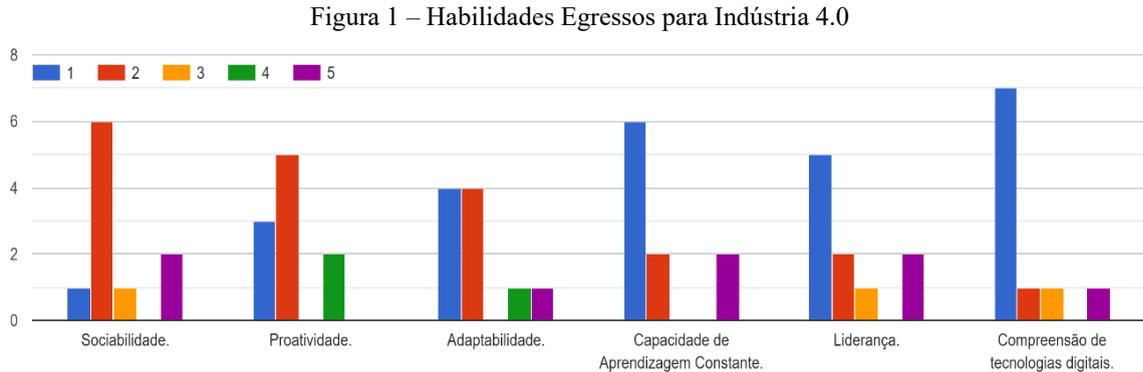
Aqui apresentam-se os resultados das entrevistas em dois itens. O item 4.1 apresenta e discute as respostas da primeira rodada e o item 4.2 fecha a análise do método DELPHI apresentando e discutindo as respostas da segunda rodada. Os dois questionários podem ser encontrados no Apêndice.

#### **4.1 Primeira rodada**

O primeiro questionário continha seis questões, e as cinco primeiras questões tinham

perguntas fechadas, mas com perguntas abertas para justificar as escolhas objetivas, frisando-se que a terceira questão era subdividida em cinco questões.

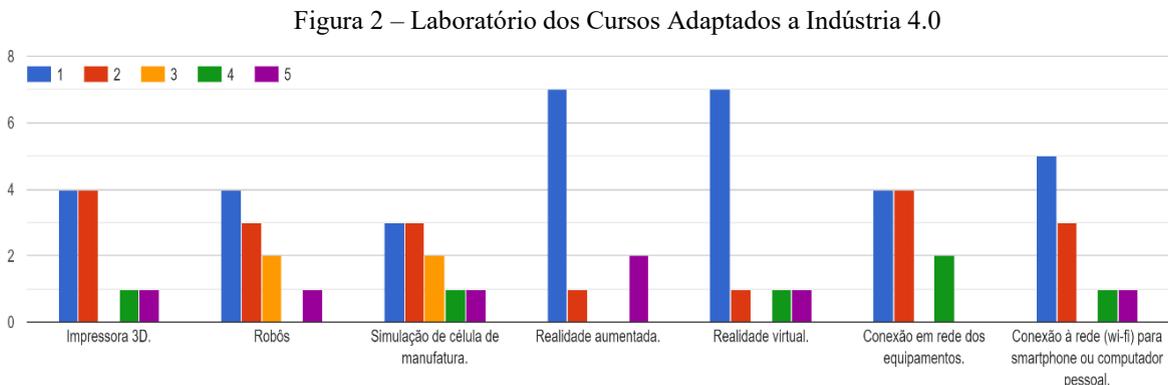
A primeira pergunta do questionário, abordava quais habilidades dos egressos devem dominar para atuarem na indústria 4.0. A Figura 1 apresenta a representação gráfica das respostas:



Fonte: Autor (2022).

Tendo como base tanto a análise das respostas objetivas, bem como a interpretação das justificativas, aponta-se que as respostas mais mencionadas tratavam da capacidade de adaptação, deixando claro que existe, na atual conjuntura, um conjunto de mudanças de base tecnológica e essa flexibilidade se faz necessária, bem como aprendizagem constante, apontando os desafios que as inovações tecnológicas impõem. Edwards e Ramirez (2016) defendem que o trabalhador se adapte ao composto tecnológico impresso pela indústria 4.0, bem como a reestruturação organizacional que essa metodologia produtiva exige.

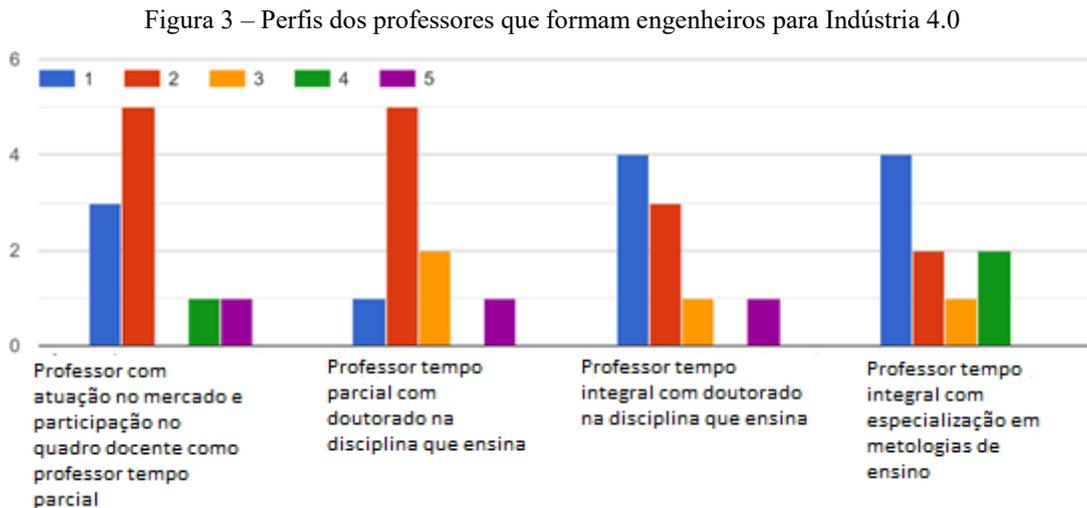
A segunda pergunta do questionário é sobre o que um laboratório de curso de engenharia deve ter para preparar os discentes a responderem as demandas da indústria 4.0. A Figura 2 expõe visualmente a opinião dos respondentes:



Fonte: Autor (2022).

Analisando as respostas objetivas e suas respectivas justificativas, entendem-se que os laboratórios devem possuir um agrupamento de tecnologias, mas de maneira prioritária, focuemos na possibilidade de uso de realidade aumentada e realidade virtual, artificios que promovem simulações de situações vivenciadas no ambiente de trabalho, Jimeno-Morenilla *et al.* (2016) assinalam que essas tecnologias dão sustentação a várias ações dentro do ambiente fabril, além de serem utilizadas nos cursos de engenharia em várias disciplinas.

A pergunta três é dividida em cinco partes, a primeira delas questiona os perfis profissionais para os docentes quanto a tempo de dedicação à escola, titulação acadêmica e participação no mercado. Na Figura 3, observa-se o posicionamento objetivo dos entrevistados quanto a questão.

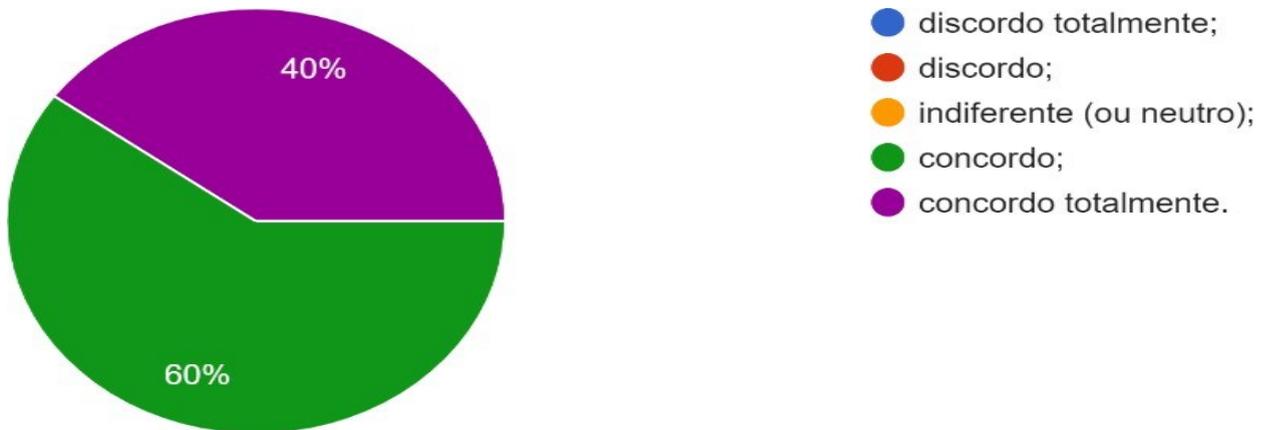


Fonte: Autor (2022).

As leituras das respostas indicam que o docente deve ter uma união entre bagagem acadêmica e experiência no mercado, entregando uma visão teórica aprofundada com a prática e indicação das reais necessidades do mercado, para formar engenheiros que tenham as mais variadas ferramentas propostas pela teoria, unidas a capacidade de resolução e conhecimento dos problemas que a vivência real possibilita.

A segunda pergunta contida na questão três é se o docente deve receber capacitação para o ensino baseado em resolução de problemas. A Figura 4 traz a exposição visual das respostas:

Figura 4 – Ensino baseado em problemas

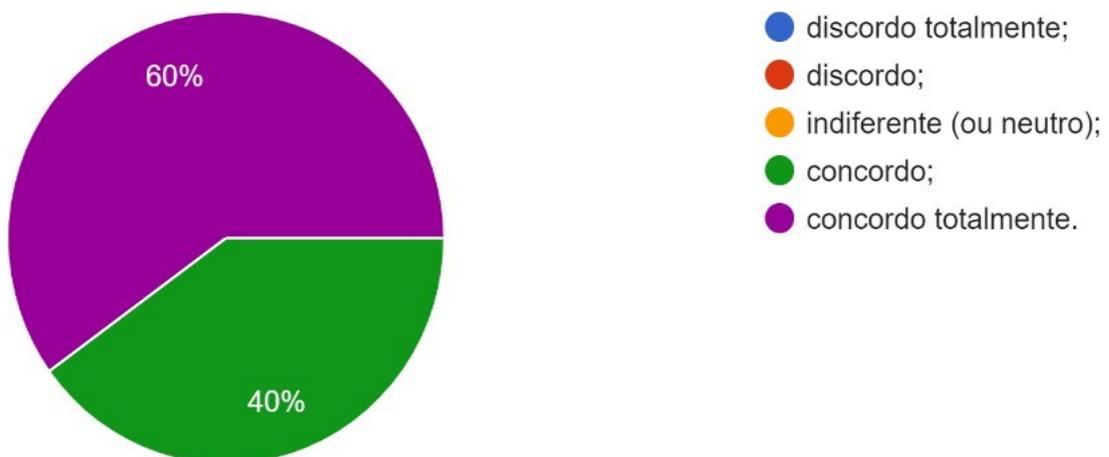


Fonte: Autor (2022).

Estudando as respostas entende-se que os docentes devem promover aos discentes as capacidades práticas de resolução de problemas. Cunha *et al.* (2018) defendem que a aprendizagem baseada em problemas é alteração no paradigma, pois faz com que o docente deixe de ser o “dono” do saber e seja um orientador da prática educativa, aspecto que ganha cada vez mais força.

A terceira questão presente na questão três é se deve fazer parte das atividades docentes buscar a aproximação da escola com empresas e sociedade. A Figura 5 traz a explanação visual das respostas:

Figura 5 – União entre os cursos e a sociedade

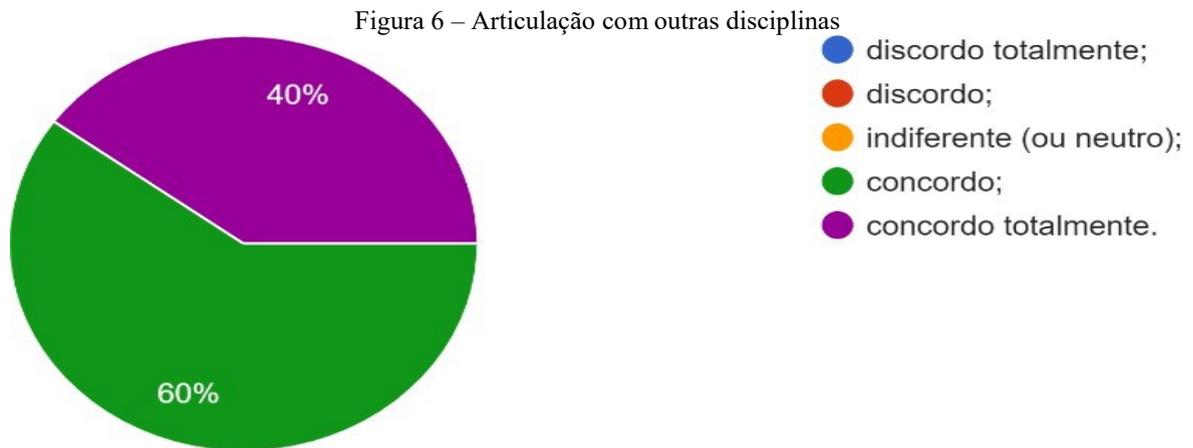


Fonte: Autor (2022).

Analisando as respostas, os docentes devem criar conexões entre a sociedade e o ambiente dos cursos; segundo Chou *et al.* (2018), os trabalhadores que irão atuar na indústria 4.0 precisam entender as demandas do mercado para se adaptarem aos seus reais interesses, e

a ligação empresa escola estreita e apresenta o que as organizações querem ainda quando o aluno está na academia.

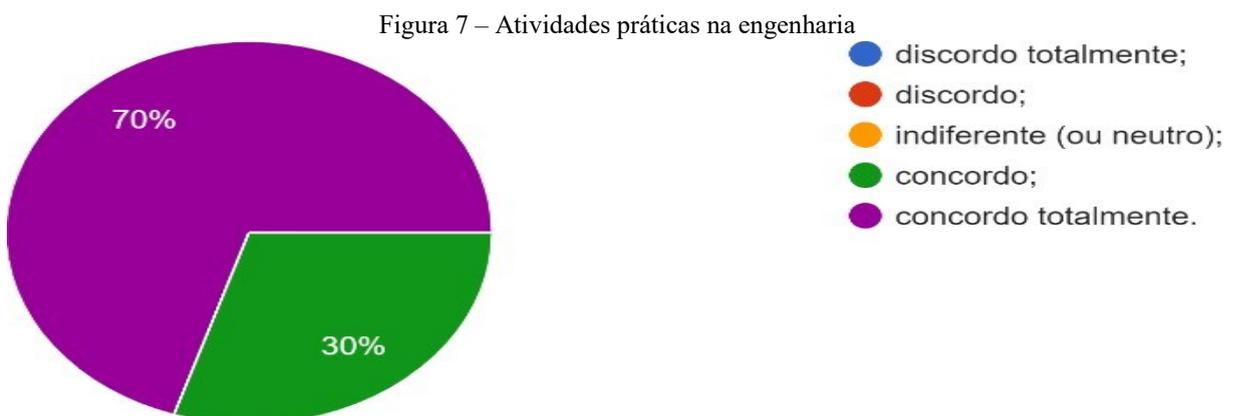
A quarta pergunta da questão três faz referência a ideia de o docente procurar a articulação da sua disciplina com outras disciplinas. A Figura 6 aponta a representação gráfica das respostas:



Fonte: Autor (2022).

Estudando o que foi colocado pelos especialistas, identifica-se que a interconexão das disciplinas proporciona o ambiente para formação de profissionais mais completos. Para *Faccaet al. (2019)*, a associação entre as disciplinas é necessária diante da complexidade da Indústria4.0.

E na última pergunta da questão três, questiona-se se o professor deve propor ações práticas. A Figura 7 traz a caracterização gráfica das respostas:

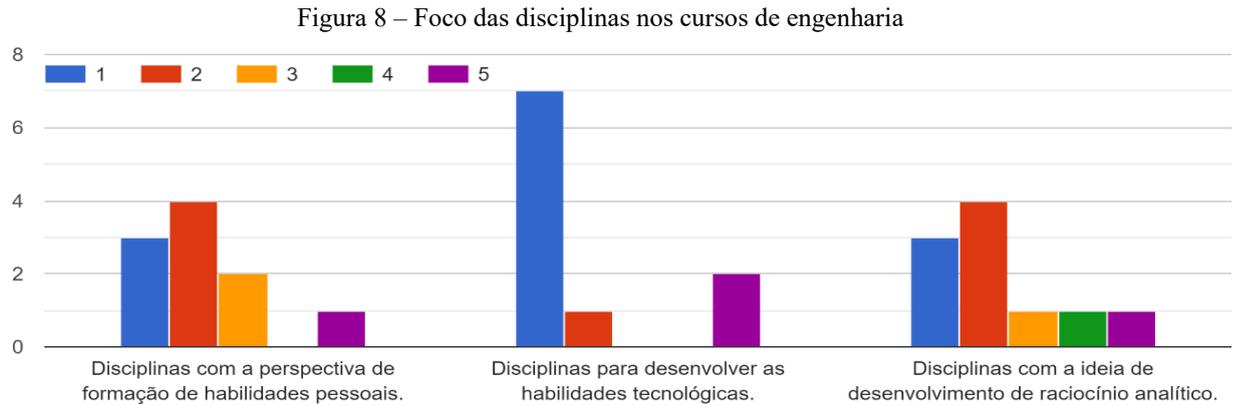


Fonte: Autor (2022).

Observa-se com as respostas que é imprescindível a conexão da teoria com a prática

dentro do ambiente dos cursos de engenharia. Teoria e prática se congregam e por consequentemente desenvolvem o pensamento crítico (CUNHA *et al.*, 2018).

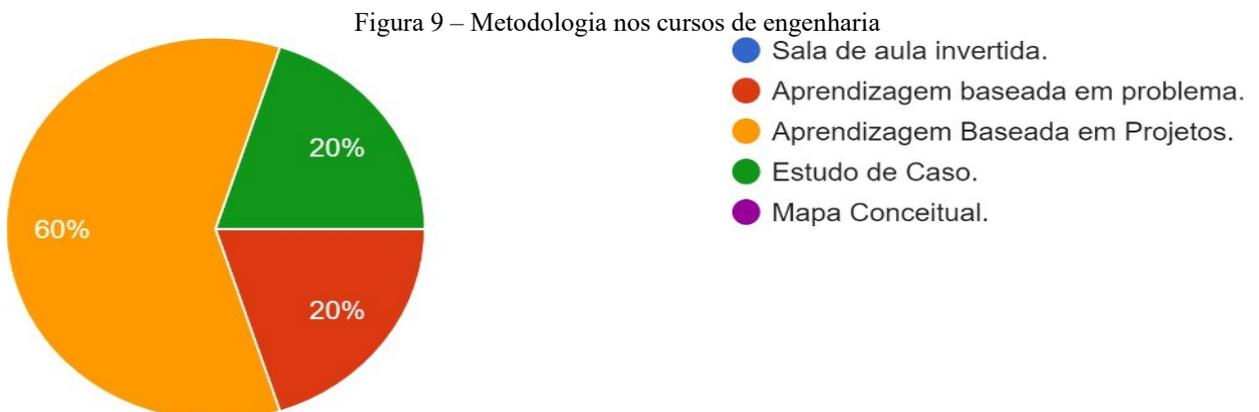
A quarta questão do primeiro questionário indaga quais focos as disciplinas dos cursos de engenharia devem ter para responder aos anseios da indústria 4.0. A caracterização gráfica das respostas está contida na Figura 8.



Fonte: Autor (2022).

De acordo com o exposto nas respostas, as disciplinas com base tecnológica têm uma importância maior no contexto de indústria 4.0. Segundo Ferreira *et al.* (2020), os conceitos tecnológicos devem ser colocados na instrução dos engenheiros, não só em termos de habilidades de uso, mas também para promoverem o aprimoramento de habilidades e competências que a indústria 4.0 precisa.

O quinto questionamento foi para perceber a opinião dos especialistas quanto as metodologias que poderiam ser aplicadas nos cursos de engenharia adaptados para fornecerem profissionais para a indústria 4.0. A Figura 9 traz uma perspectiva visual das respostas.



Fonte: Autor (2022).

Verifica-se que a aprendizagem baseada em projetos ganha importância dentro do contexto das metodologias, as justificativas apresentadas pelos especialistas giram em torno da ideia de que os discentes são colocados dentro de situações que desenvolvam a criatividade, como os projetos habitualmente exigem. A aprendizagem Baseada em Projetos é a produção de conhecimento conjuntamente, e os professores e alunos trabalham integrados de forma contínua (SILVA; SALGADO, 2019)

A última pergunta do primeiro questionário indaga qual o papel da direção da instituição para implantar um curso de engenharia voltado para a indústria 4.0. Os especialistas apontaram que os tomadores de decisões devem monitorar as modificações enfrentadas pelo mercado, para que haja constante adaptação no serviço educacional e devem atualizar constantemente a infraestrutura dos cursos de engenharia, no que se refere a laboratórios, bem como estrutura de ambientação virtual.

#### 4.2 Segunda rodada

O segundo questionário é uma evolução de interpretações das respostas do primeiro conjunto de perguntas, e houve a intenção de reforço de algumas observações, como também novos questionamentos.

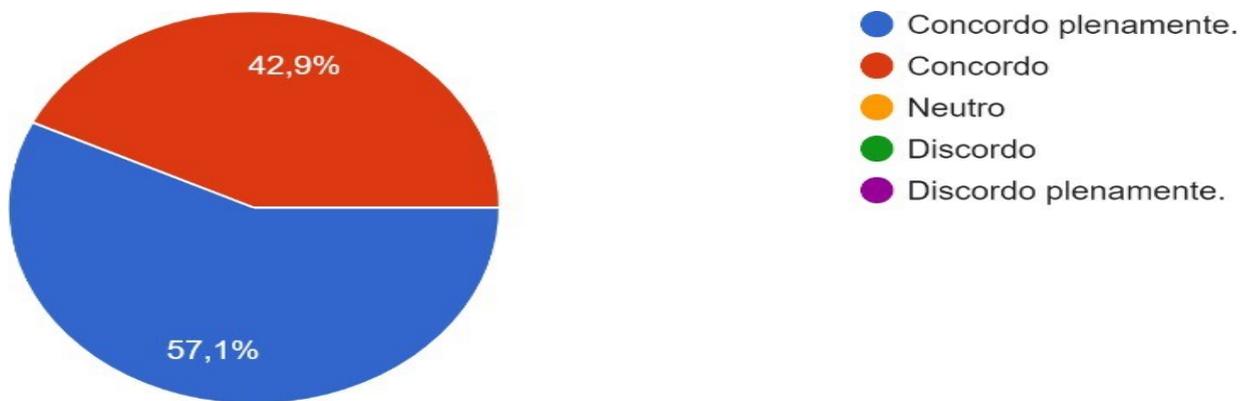
A primeira pergunta é uma reafirmação sobre a necessidade de aprendizagem constante do profissional de engenharia que irá trabalhar na indústria 4.0; a Figura 10 indica de maneira categórica que os especialistas têm uma posição muito clara sobre o assunto, concordando ou concordando totalmente com a necessidade do aprendizado constante, nas justificativas existe reafirmação na capacidade de aprender para se adaptar as novas tecnologias.



Fonte: Autor (2022).

Na segunda questão do segundo questionário é levantada a questão da simulação do ambiente de trabalho nos cursos de engenharia; os respondentes pontuam que sim, a simulação é fundamental para o desenvolvimento pleno dos alunos, na parte subjetiva o argumento é que o aluno aprende fazendo. A Figura 11 é a representação da posição dos entrevistados.

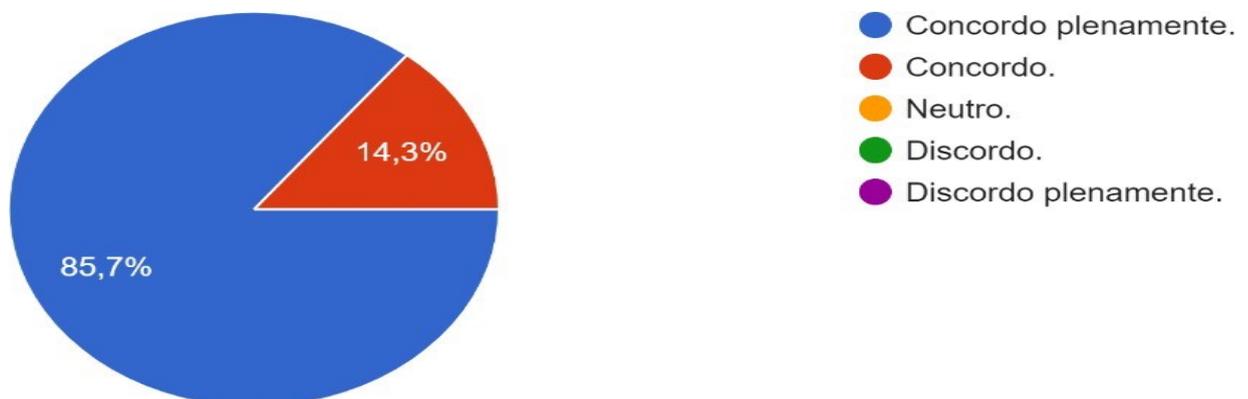
Figura 11 – Simulação nos cursos de engenharia



Fonte: Autor (2022).

O outro questionamento é sobre o perfil de instrução e atuação dos professores de engenharia, havendo o pedido de confirmação se o professor deve ser um profissional de mercado ao mesmo tempo que elevada titulação acadêmica. As respostas indicam que sim: os docentes que tem vivência de mercado com títulos acadêmicos são pessoas que podem unir a teoria à prática no momento de explanação em sala de aula. A Figura 12 configura graficamente a posição dos respondentes sobre o tema.

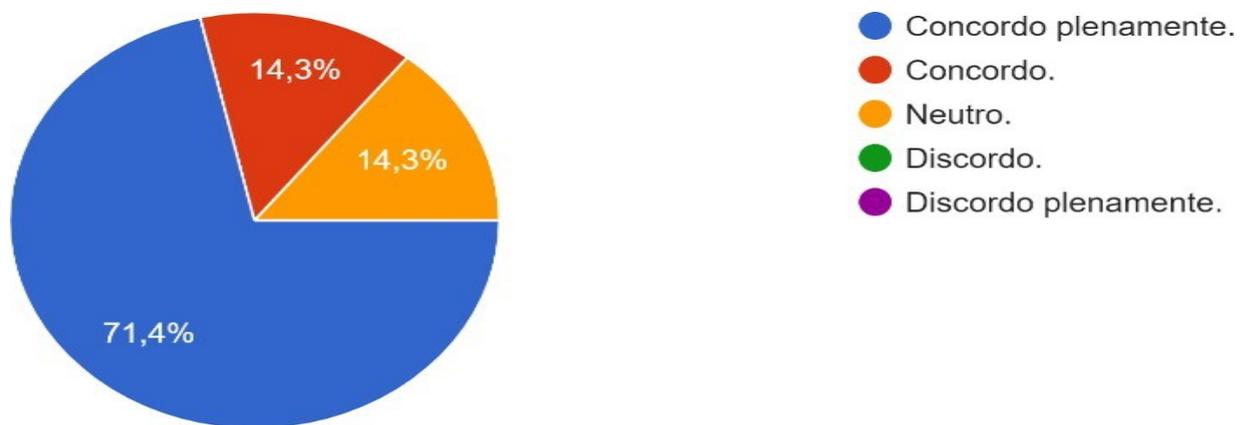
Figura 12 – Perfil de atuação e instrução dos professores de engenharia



Fonte: Autor (2022).

A próxima questão diz respeito a necessidade de promoção do trabalho em equipe ainda dentro do curso, se isso é importante. As respostas tiveram uma posição positiva na sua grande maioria, mas 14,3% se posicionaram de forma neutra, sendo um ponto de questionamento, pois as posições subjetivas relataram a importância do trabalho em grupo para o engenheiro, técnico que opera com vários outros profissionais na concepção de suas atividades. A Figura 13 demonstra essa realidade de maneira gráfica.

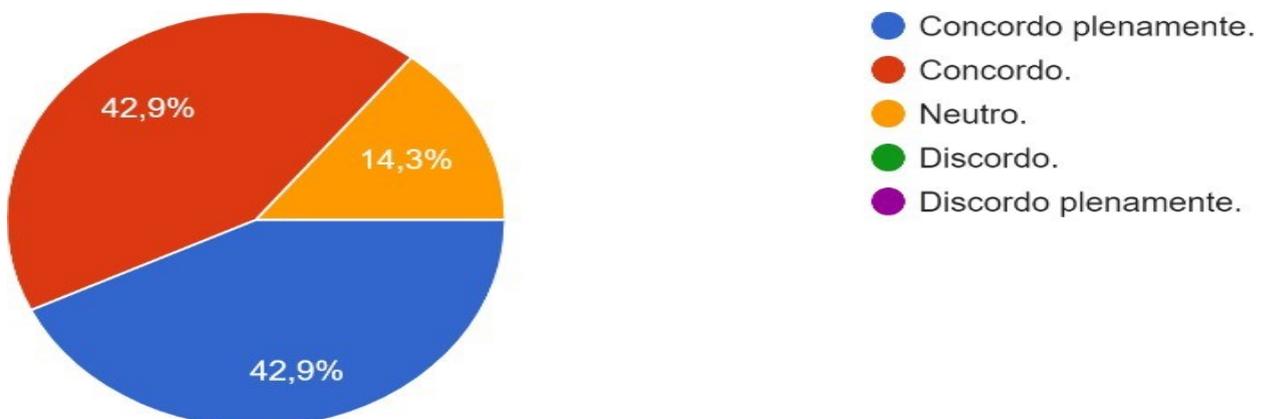
Figura 13 – Importância do trabalho em equipe nos cursos de engenharia



Fonte: Autor (2022).

A última questão fala sobre a interação não só das disciplinas, mas também do curso de engenharia com outros cursos (incluindo cursos da área de humanas), se isso é importante para formação dos estudantes. Novamente, houve uma posição positiva, mas diferentemente da questão anterior, existiu uma divisão entre concordo plenamente e concordo, ambos com 42,9% de respondentes, e novamente uma posição neutra de 14,3% como demonstra a Figura 14.

Figura 14 – Interação de disciplinas e de cursos com o curso de engenharia



Fonte: Autor (2022).

## 5 Considerações Finais

Em sínteses, esses questionários levantaram pontos importantes, como a necessidade dos alunos desenvolverem habilidade de aprendizagem constante para adaptação à tecnologia utilizada na indústria 4.0, posição defendida na primeira rodada de perguntas e reafirmada na segunda. Sendo assim, cabe ao corpo docente utilizar um tipo de abordagem em sala, que construa essa competência de aprendizagem constate e adaptação e a realidade.

Os entrevistados referem-se ao corpo docente como um conjunto de profissionais com perfis diferentes, alguns doutores, especialistas em assuntos, outros profissionais de mercado, alguns em tempo integral, outros em tempo parcial., e aqui, deixa-se claro que é a composição do grupo de professores, e não necessariamente todos formadores devam ter esse tipo de abordagem, deve imprimir uma atuação em sala, que construa essa competência de busca constante de conhecimento e readequação à realidade por parte do discente.

Tópico também de atenção, é uso por parte dos professores de situações que promovam simulação de situações reais, através das tecnologias disponíveis nos laboratórios, em especial, realidade virtual e aumentada, bem como o uso da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), pois é uma metodologia que desenvolve nos acadêmicos aptidões de resolução de situações e criatividade.

As ações práticas igualmente devem ser trabalhadas por integrantes do quadro docente, fazendo com que exista o vínculo com o que é trabalhado em níveis teóricos com a prática enfrentada no dia-a-dia organizacional. Defendendo-se da mesma forma a proximidade entre a academia e sociedade, só através dessa interconexão se saberá ao certo quais são os desafios do mundo real. Ligado a essas premissas, professores que se conectem com colegas de outras disciplinas e cursos são necessários para criar cenários de interligação encontrados nas instituições, que são compostas por profissionais das mais diversas origens e contribuem com o produto da empresa das mais diferentes maneiras, cada um da sua forma.

Docentes que estimulam trabalhos em equipe são do mesmo modo fundamentais, pois os alunos precisarão dessa habilidade mais tarde. Do ponto de vista do professor, ele deve ter habilidade de liderança para conduzir os trabalhos.

Entendimento relevante também é a exigência do enfoque tecnológico das disciplinas, assim sendo, professores que, independente da disciplina, aprimoram as habilidades tecnológicas dos discentes, são elementos primordiais na composição de cursos de engenharia que formam técnicos para indústria 4.0.

E por fim, um achado importante, tratando do perfil do docente, a pesquisa conclui

que deve existir a congruência de alta titulação acadêmica com a experiência prática do mercado de trabalho, ressalta-se, novamente, que é uma sugestão de formação de quadro de professores, sendo assim, dentro das peças que compõe o corpo docente, deve existir professores de elevada titulação acadêmica unidos a professores que não possuam tanta qualificação em termos de títulos, necessariamente, mas contenham uma bagagem profissional elevada.

## Referências

ALMETOV, Negmatzhan et al. Engineering Education: Problems of Modernization in the Context of a Competence Approach. *International Journal of Engineering Pedagogy*, v. 10, n. 6, 2020.

COSTA, Claiton et al. Prática docente na educação em engenharia: uso de tecnologia educacional com base em metodologia. *Brazilian Applied Science Review*, v. 3, n. 1, p. 503-514, 2019.

DA SILVA, Marcio Roque dos Santos; OLAVE, Maria Elena Leon. Contribuições das tecnologias digitais associadas à indústria 4.0 para a formação profissional. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, v. 17, n. 2, p. 82-110, 2020.

DE OLIVEIRA, Fernanda Thaís; SIMÕES, Wagner Lourenzi. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. *Simpósio de Engenharia de Produção, Brasil, 2017*.

EDWARDS, Paul; RAMIREZ, Paulina. When should workers embrace or resist new technology?. *New technology, work and employment*, v. 31, n. 2, p. 99-113, 2016.

Fantini, P., Pinzone, M., Taisch, M., & Altesa, J. (2016, September). Human-centric manufacturing workplaces: Aiming at increasing attractiveness and user experience. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 363-370). Springer, Cham.

JIMENO-MORENILLA, Antonio et al. Using virtual reality for industrial design learning: a methodological proposal. *Behaviour & Information Technology*, v. 35, n. 11, p. 897-906, 2016.

KAGERMANN, H. et al. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 2013.

MOTA, D. M. P., et al. O guindaste: uma metodologia ativa para as engenharias compatível com a indústria 4.0. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 19686-19696, 2019.

RODRIGUES, Luciene Cavalcanti; DE QUEIROGA, Ana Paula Garrido; MILHOSSI, José Fernando. Indústria 4.0 e a transformação digital Industry 4.0 and digital transformation. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 2, p. 14093-14101, 2022.

RUBMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group (BCG), 2015.

Waschull, S., Bokhorst, J. A., Molleman, E., & Wortmann, J. C. (2020). Work design in future industrial production: Transforming towards cyber-physical systems. *Computers & industrial engineering*, 139, 105679.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese buscou investigar a composição de um corpo docente de curso de engenharia apto a formar profissionais, que atuem de maneira adequada no ambiente de indústria 4.0. Para isso além do levantamento de literatura, buscou-se conhecer a visão de especialistas que operam de forma direta e indireta na engenharia.

Como resultados, a pesquisa aponta para ideia de que as avaliações de cursos no Brasil não fornecem uma visão clara da capacidade das instituições oferecem cursos de engenharia moldados para formar trabalhadores para indústria 4.0.

A investigação trouxe a concepção de que os profissionais de engenharia devem deter competências pessoais para lhe dar capacidade reflexiva, motivação de absorção constante, agir de forma autônoma, dentre outros aspectos; competências sociais que são importantes na comunicação diária das organizações, bem como agir de maneira cooperativa e com características de liderança; competências de ação concebem a possibilidade de tornar reais os objetivos propostos em planos; competências metodológicas: uma habilidade importante na organização das atividades de uma empresa e dão suporte para as tomada de decisões, além das competências técnicas, que diz respeito à realização das atividades tecnicamente.

Entende-se também ser importante o domínio tecnológico por parte dos professores, assim como ter docentes próximos ao mercado, para servirem de ponte para a integração do aluno com a realidade do trabalho. Ainda, cabe aos docentes propor ações práticas ou situações simuladas, com o uso de tecnologias presentes na Indústria 4.0, tais como realidade aumentada e virtual. Por fim, foi identificado que um quadro docente com diferentes perfis, de professores que tenham elevada titulação acadêmica e docentes que tragam expertise do mercado, é fundamental nos cursos de engenharia que pretendem entregar bons egressos para o mercado de trabalho.

Aponta-se que se teve como limitação o tempo de respostas entre os questionários trabalhados e para trabalhos futuros é interessante o desenvolvimento de pesquisa que abranjam outros elementos que constituem a estrutura do serviço docente, como: laboratórios, estrutura física.

## REFERÊNCIAS

- AGARWAL, Harshit; AGARWAL, Rashi. First Industrial Revolution and Second Industrial Revolution: Technological differences and the differences in banking and financing of the firms. **Saudi Journal of Humanities and Social Sciences**, v. 2, n. 11, p. 1062-1066, 2017.
- ALMEIDA, Eduardo Viana; MARTINS, Nicholas Felipe. **A Revolução Industrial e a Indústria 4.0**. Faculdade de Jaguariúna. Jaguariúna, 2018.
- ANDERL, Reiner. Industrie 4.0-advanced engineering of smart products and smart production. In: **Proceedings of international seminar on high technology**, 2014.
- BORGES, Robson Machado; GONZÁLEZ, Fernando Jaime. O início da docência universitária: a importância da experiência como monitor em disciplinas acadêmicas. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 7, n. 2, p. 50-62, 2017.
- BUXMANN, Peter; HESS, Thomas; RUGGABER, Rainer. Internet of services. **Business & Information Systems Engineering**, v. 1, n. 5, p. 341, 2009.
- CHONG, Siewhui *et al.* Integration of 3D printing and Industry 4.0 into engineering teaching. **Sustainability**, v. 10, n. 11, p. 3960, 2018.
- CHOU, Chun-Mei *et al.* Industry 4.0 manpower and its teaching connotation in technical and vocational education: Adjust 107 curriculum reform. **International Journal of Psychology and Educational Studies**, v. 5, n. 1, p. 9-14, 2018.
- CLARK, Graham; JOHNSTON, Robert. **Administração de operações de serviço**. São Paulo: Atlas, 2002.
- COLOMBO, Jamires Fátima; DE LUCCA FILHO, João. Internet das Coisas (IoT) e indústria 4.0: revolucionando o mundo dos negócios. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 72-85, 2018.
- CORREA, H.; CAON, M. **Gestão de serviços: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes**. São Paulo: Atlas, 2002.
- CORREA, Henrique L., CAON, Mauro. **Gestão de serviços: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes**. 1 ed. 9 reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.
- DA CRUZ, Fabio Batista; MALUF, Marcio Nassif; CICHACZEWSKI, Ederson. IOT computação na nuvem: o aproveitamento de sistemas legados para industria 4.0. **Caderno Progressus**, v. 1, n. 2, p. 49-64, 2021.
- DA CUNHA, Jarbas *et al.* O processo educativo baseado em problemas e a formação de competências do engenheiro. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 3, 2018.

DA SILVA, Adriano Moraes *et al.* **O ensino de engenharia em face às competências profissionais exigidas pela indústria 4.0.** 2020.

DE LIMA, Elaine Carvalho; DE OLIVEIRA NETO, Calisto Rocha. Revolução Industrial: considerações sobre o pioneirismo industrial inglês. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 17, n. 194, p. 102-113, 2017.

DE MORAES CORDEIRO, Marcelo; POZZO, Danielle Nunes. O processo de inovação na educação: um estudo em uma organização educacional. **Gestão e desenvolvimento**, v. 12, n. 2, p. 130-149, 2015.

DE OLIVEIRA MORAIS, Marcos *et al.* A evolução da qualidade na indústria 4.0. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e3929108634-e3929108634, 2020.

DE OLIVEIRA, Fernanda Thaís; SIMÕES, Wagner Lourenzi. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. **Simpósio de Engenharia de Produção**, Brasil, 2017.

DIEZ-OLIVAN, Alberto *et al.* Data fusion and machine learning for industrial prognosis: Trends and perspectives towards Industry 4.0. **Information Fusion**, v. 50, p. 92-111, 2019.

DINH, Hong-Van Thi *et al.* Vietnamese Students' Satisfaction toward Higher Education Service: The Relationship between Education Service Quality and Educational Outcomes. **European Journal of Educational Research**, v. 10, n. 3, p. 1397-1410, 2021.

DOS SANTOS, Diego Rafael Guedes; VOLANTE, Carlos Rodrigo. A importância da tecnologia sem fio na Indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 245-254, 2018.

FACCA, Claudia Alquezar *et al.* O design thinking como metodologia de projeto aplicada ao ensino de engenharia: o projeto “openfab” na disciplina de introdução à engenharia. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16085-16098, 2019.

FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M.; FRAGA-LAMAS, Paula. A review on human-centered IoT-connected smart labels for the industry 4.0. **IEEE access**, v. 6, p. 25939-25957, 2018.

FERREIRA, Pedro José Gabriel *et al.* Indústria 4.0: modelo de ensino para formação de engenheiros de produção. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 38, n. 3, 2020.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

FITZSIMMONS, James A., FITZSIMMONS, Mona J. **Administração de Serviços: Operações, Estratégia e Tecnologia de Informação.** 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

GARBIN, G. B.; KAMPFF, F. Adriana Justin Cerveira. Uso da simulação para o ensino de engenharia: aplicações em cursos de graduação brasileiros. In: **ANAIS do XLIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Brasil. 2021.

GOLDSTEIN, Harvey; DRUCKER, Joshua. The economic development impacts of universities on regions: Do size and distance matter?. **Economic development quarterly**, v. 20, n. 1, p. 22-43, 2006.

GRISHAM, Thomas. The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics. **International Journal of Managing Projects in Business**, 2009.

IBGE. **Brasil em tese**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/servicos.html>. Acesso em: 19 nov. 2021.

JUNQUEIRA, Alexandre; LIMA, Yuri; DE SOUZA, Jano Moreira. Potenciais impactos da Indústria 4.0 sobre os trabalhadores: percepções de brasileiros e portugueses. **RBEST Revista Brasileira de Economia Social e do Trabalho**, v. 3, p. e021010-e021010, 2021.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. **Acatech**, p. 13-78, 2013.

KARACAY, Gaye. Talent development for Industry 4.0. In: **Industry 4.0: Managing the digital transformation**. Springer, Cham, 2018. p. 123-136.

KOTLER, P. **Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1998.

KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. Trad. Ailton Bomfim Brandão, v. 5, 1998.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing letters**, v. 3, p. 18-23, 2015.

LEÓN GARCÍA, Omar Alexánder; BAEZ LANDEROS, Eliana Rocio. Analysis of the relationship between IT and Industry 4.0 technologies with internationalization and business performance. **Ingeniería e Investigación**, v. 40, n. 3, p. 89-99, 2020.

LI, Zhihong. Ways to Develop the Strategic Emerging Industry in Hubei Based on the Third Industrial Revolution. In: **2nd International Conference on Contemporary Education, Social Sciences and Ecological Studies (CESSSES 2019)**. Atlantis Press, 2019. p. 918-920.

LIAGKOU, Vasiliki; SALMAS, Dimitrios; STYLIOS, Chrysostomos. Realizing virtual reality learning environment for industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 79, p. 712-717, 2019.

MARIK, V. **Industry Challenge 4.0. for Czech Republic.** Management Press, 2016.

MARQUES, Joana Brás Varanda; FREITAS, Denise de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação1. **Pro-Posições**, v. 29, p. 389-415, 2018.

MASSAROLI, Aline *et al.* Método delphi como referencial metodológico para a pesquisa em enfermagem1. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 26, 2018.

MERCADO, Luís Paulo Leopoldo. **Práticas de formação de professores.** UFAL, 2008.

MESQUITA, Viviane Balieiro; MOREIRA, Farney Coutinho. Indústria 4.0: Aplicação de Realidade Aumentada. **Simpósio em Excelência em Gestão e Tecnologia (XVSEGeT)**, 2018.

MIÑANO RUBIO, Rafael *et al.* Embedding sustainability competences into engineering education. The case of informatics engineering and industrial engineering degree programs at Spanish universities. **Sustainability**, v. 11, n. 20, p. 5832, 2019.

MIQUILIM, Danielle. **O processo de ensino aprendizagem e gestão universitária para a formação de engenheiros empreendedores inovadores.** São Paulo, 2019.

MOLISANI, André Luiz. Evolução do perfil didático-pedagógico do professor-engenheiro. **Educação e Pesquisa**, v. 43, p. 467-482, 2016.

MONOSTORI, László. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. **Procedia Cirp**, v. 17, p. 9-13, 2014.

MOSAVI, Amir; OZTURK, Pinar; CHAU, Kwok-wing. Flood prediction using machine learning models: Literature review. **Water**, v. 10, n. 11, p. 1536, 2018.

NØRGAARD, Bente; DE CARVALHO GUERRA, Aida Olivia Pereira. Engineering 2030: Conceptualization of Industry 4.0 and its implications for Engineering Education. In: **7th International Research Symposium on PBL: Innovation, PBL and Competences in Engineering Education.** Aalborg Universitetsforlag, 2018. p. 34-47.

OSBORNE, Jonathan *et al.* What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of research in science teaching**, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

OSBORNE, Stephen P.; RADNOR, Zoe; NASI, Greta. A new theory for public service management? Toward a (public) service-dominant approach. **The American Review of Public Administration**, v. 43, n. 2, p. 135-158, 2013.

PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PERES, Ricardo Silva *et al.* Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. **IEEE Access**, v. 8, p. 220121-220139, 2020.

PICON, Antoine. **L'invention de l'ingénieur moderne: l'École des Ponts et Chaussées: 1747-1851**. 1991. Tese de Doutorado. Paris, EHESS.

PINTO, D. P.; PORTELA, J. C. S.; OLIVEIRA, V. F.; SILVEIRA, M. H. Reflexões sobre a prática docente no ensino de engenharia. In: **Educação em engenharia: evolução, bases, formação**, Juiz de Fora: Ed. Fórum Mineiro de Engenharia De Produção, 2010.

PINTO, Danilo Pereira; OLIVEIRA, V. F. de. Reflexões sobre a prática do engenheiro-professor. In: **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. 2012. p. 1-11.

PONTES, Emiliano Sousa *et al.* Atratividade no Ensino Superior: Estudo com Alunos Ingressantes no Curso de Secretariado Executivo. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 17, n. 4, p. 520-531, 2018.

POWELL, Catherine. The Delphi technique: myths and realities. **Journal of advanced nursing**, v. 41, n. 4, p. 376-382, 2003.

RABELO, Patrícia Fraga Rocha; ROCHA, Nívia Maria Fraga; BARRETO, Maribel Oliveira. Formação de professores de engenharia: competências e habilidades básicas. In: **Congresso Brasileiro de Educação Em Engenharia**, 2012. p. 1-10.

RAI, Rahul *et al.* Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications. **International Journal of Production Research**, v. 59, n. 16, p. 4773-4778, 2021.

RIBEIRO, Wallace Lima; DOS SANTOS, Marcos; WALKER, Rubens Aguiar. Análise das competências necessárias ao futuro engenheiro de produção: minerando dados com o software weka. **XXVI SIMPEP**, 2019.

RIVERA, Muñoz-La *et al.* The sustainable development goals (SDGs) as a basis for innovation skills for engineers in the industry 4.0 context. **Sustainability**, v. 12, n. 16, p. 6622, 2020.

ROJKO, Andreja. Industry 4.0 concept: Background and overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, v. 11, n. 5, 2017.

ROTHER, Edna Terezinha. Revisión sistemática X Revisión narrativa. **Acta Paul Enferm.**, v. 20, n. 2, p. 9-10, 2007.

RÜßMANN, Michael *et al.* Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.

SACKEY, Samuel Mensah; BESTER, Andre. Industrial engineering curriculum in Industry 4.0 in a South African context. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 27, n. 4, p. 101-114, 2016.

SACOMANO, José Benedito *et al.* **Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos**. Blucher, 2018.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SANTOS, Reginaldo Carreiro; MARTINHO, José Luís. An Industry 4.0 maturity model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019.

SCHWAB, Klaus. **The fourth industrial revolution**. Currency, 2017.

SILVA, Rogéria Maria Rodrigues; SALGADO, Tania Denise Miskinis. Aprendizagem baseada em projetos (abp) em curso de engenharia de materiais: o que dizem os discentes?. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 38, n. 1, 2019.

SOUZA, Rodrigo Gris de; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. Model Proposal for Diagnosis and Integration of Industry 4.0 Concepts in Production Engineering Courses. **Sustainability**, v. 12, n. 8, p. 3471, 2020.

TEEROOVENGADUM, Viraiyan *et al.* **Higher education service quality, student satisfaction and loyalty: Validating the HESQUAL scale and testing an improved structural model**. Quality Assurance in Education, 2019.

TUROFF, Murray; LINSTONE, Harold A. **The Delphi method-techniques and applications**. 2002.

VARGO, Stephen L.; LUSCH, Robert F. Service-dominant logic: continuing the evolution. **Journal of the Academy of marketing Science**, v. 36, n. 1, p. 1-10, 2008.

VASCONCELOS, Cristiane Regina Dourado; DE JESUS, Ana Lúcia Paranhos; DE MIRANDA SANTOS, Carine. Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) na educação a distância (EAD): um estudo sobre o Moodle. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15545-15557, 2020.

WRIGHT, James TC; GIOVINAZZO, Renata A. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de pesquisas em administração**, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000.

XU, Li Da; DUAN, Lian. Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey. **Enterprise Information Systems**, v. 13, n. 2, p. 148-169, 2019.

YAMADA, Viviane Yukari; MARTINS, Luís Marcelo. Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 95-109, 2019.

ZEITHAML, Valerie; BITNER, Mary J. **Marketing de serviços: a empresa com foco no cliente**. Porto Alegre: Bookman, 2003.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 - Primeiro questionário para o MÉTODO DELPHI “Aptidões Docentes na Indústria 4.0”

01) Quais habilidades o egresso deve dominar para atuar na indústria 4.0? \*

1- Muito Importante 2-Importante 3-Neutro 4-Descartável 5-Muito Descartável

- Sociabilidade.
- Proatividade.
- Adaptabilidade.
- Capacidade de Aprendizagem Constante.
- Liderança.
- Compreensão de tecnologias digitais.

Justifique a alternativa que marcou como mais importante. \*

02) O que um laboratório de curso de engenharia deve ter para preparar os discentes a responderem as demandas da indústria 4.0? \*

1- Muito Importante 2-Importante 3-Neutro 4-Descartável 5-Muito Descartável

- Impressora 3D.
- Robôs
- Simulação de célula de manufatura.
- Realidade aumentada.
- Realidade virtual.
- Conexão em rede dos equipamentos.
- Conexão à rede (wi-fi) para smartphone ou computador pessoal.

Justifique a alternativa que marcou como mais importante. \*

03) Quanto à caracterização dos docentes para atender as necessidades da educação para a indústria 4.0, por favor, responda as perguntas de A a E.

- A) Abaixo seguem 4 possibilidades de perfis profissionais para os docentes quanto a tempo de dedicação à escola, titulação acadêmica e participação no mercado. Marque cada uma das opções de acordo com o nível de importância.

1- Muito Importante 2-Importante 3-Neutro 4-Descartável 5-Muito Descartável

- Profissional com atuação no mercado e participação no quadro docente como professor tempo parcial;
- Professor tempo parcial com doutorado na disciplina que ensina;
- Professor tempo integral com doutorado na disciplina que ensina;
- Professor tempo integral com especialização em metodologias de ensino;

Justifique a que considerou como mais importante, e havendo uma outra sugestão coloque no espaço abaixo. \*

B) O docente deve receber capacitação para o ensino baseado em resolução de problemas?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta

C) Deve fazer parte das atividades docentes buscar a aproximação da escola com empresas e sociedade?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta

D) O docente deve procurar a articulação da sua disciplina com outras disciplinas?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta

E) O docente deve propor atividades práticas?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta

04) Quais disciplinas os cursos de engenharia devem oferecer para responder aos anseios da indústria 4.0? (É possível assinalar mais de uma resposta) \*

1- Muito Importante 2-Importante 3-Neutro 4-Descartável 5-Muito Descartável

- Disciplinas com a perspectiva de formação de habilidades pessoais.
- Disciplinas para desenvolver as habilidades tecnológicas.
- Disciplinas com a ideia de desenvolvimento de raciocínio analítico.

Justifique a alternativa que marcou como mais importante. \*

05) Quais metodologias os cursos de engenharia devem utilizar para responder os anseios da indústria 4.0? \*

- Sala de aula invertida.
- Aprendizagem baseada em problema.
- Aprendizagem Baseada em Projetos.
- Estudo de Caso.
- Mapa Conceitual.

Justifique sua resposta \*

06) Qual o papel da direção da instituição para implantar um curso de engenharia voltado para a indústria 4.0? \*

## APÊNDICE 2 - Segundo questionário para o MÉTODO DELPHI “Aptidões Docentes na Indústria 4.0”

No primeiro questionário, a capacidade de adaptação foi a característica mais mencionada juntamente com a aprendizagem constante, remetendo a um contexto de mudanças, permeado por inovações tecnológicas.

01) Diante disso, pergunta-se: o engenheiro inserido no contexto da indústria 4.0, deve ter a capacidade de adaptação e aprendizagem constante como principais características?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta\*

Na segunda questão, a importância da “simulação” no ambiente acadêmico das ações encontradas no ambiente de trabalho foi a resposta mais mencionada.

02) Você concorda com a perspectiva que dentro da sala de aula de um curso de engenharia deva existir estruturas de aprendizagem que proporcionem a simulação do ambiente de trabalho?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta\*

Na terceira questão, letra A, foi apontado que o docente deve ter experiência nas organizações que trabalham diretamente com aplicação da engenharia e ser tempo parcial nas instituições de ensino superior, bem como possuir titulação acadêmica.

03) Você concorda com a ideia do professor ser um profissional de “mercado” ao mesmo tempo que detém elevada titulação acadêmica?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta\*

04) Você acredita que ações docentes que promovam o trabalho em equipe é importante para formação dos discentes?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta\*

05) A interação não só das disciplinas, mas também do curso de engenharia com outros cursos (incluindo cursos da área de humanas) é importante para formação dos estudantes?

- discordo totalmente;
- discordo;
- indiferente (ou neutro);
- concordo;
- concordo totalmente.

Justifique sua resposta\*