



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Mecânica

ENZO GAUDINO MENDES

Educação 4.0 em cursos tecnológicos de instituições de ensino superior públicas

CAMPINAS
2024

ENZO GAUDINO MENDES

Educação 4.0 em cursos tecnológicos de instituições de ensino superior públicas

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica na área de Materiais e Processos de Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO ENZO GAUDINO MENDES, E ORIENTADA PELO PROF. DR JEFFERSON DE SOUZA PINTO.

**CAMPINAS
2024**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

M522e Mendes, Enzo Gaudino, 1987-
Educação 4.0 em cursos tecnológicos de instituições de ensino superior
públicas / Enzo Gaudino Mendes. – Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Jefferson de Souza Pinto.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Engenharia Mecânica.

1. Educação tecnológica. 2. Indústria 4.0. 3. Inovações tecnológicas. 4.
Universidades e faculdades. 5. Lógica fuzzy. 6. Ensino público. I. Pinto,
Jefferson de Souza, 1978-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade
de Engenharia Mecânica. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Education 4.0 in technological courses of public higher education
institutions

Palavras-chave em inglês:

Technological education

Industry 4.0

Technological innovations

Universities and colleges

Fuzzy logic

Public education

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Jefferson de Souza Pinto [Orientador]

Suzana Regina Moro

Rita de Cássia da Silveira Marconcini Bittar

Data de defesa: 12-03-2024

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

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

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-3703-6990>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/6817246714098511>

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

Educação 4.0 em cursos tecnológicos de instituições de ensino superior públicas

Autor: Enzo Gaudino Mendes

Orientador: Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto, Presidente
DEMM/FEM/UNICAMP/Campinas/SP
IFSP/Bragança Paulista/SP

Profa. Dra. Suzana Regina Moro
DEMM/FEM/UNICAMP/Campinas/SP

Profa. Dra. Rita de Cássia da Silveira Marconcini Bittar
FAT/UERJ/Resende/RJ

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

Campinas, 12 de março de 2024.

Dedicatória

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Luciano Guimarães Mendes e Tuska Gaudino Mendes, que sempre me motivam a continuar estudando.

Agradecimentos

Agradeço à Deus pela saúde e oportunidade de concluir mais este trabalho.

Aos meus pais, Luciano e Tuska, pelo apoio incondicional e amor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto, pelo convite e por todo seu empenho e presteza na condução deste trabalho.

Aos professores Tiago F. A. C. Sigahi, Rosley Anholon e Dirceu da Silva, pelas contribuições e disposição em ajudar.

Ao Prof. José Paulo Falsarella, pela minha recomendação à Unicamp.

Ao amigo José Domingos Adriano, pela contribuição.

E, por fim, aos colegas de trabalho do IFSP – Bragança Paulista, pelo incentivo.

Resumo

No trabalho é desenvolvido um estudo sobre o cenário educacional brasileiro no âmbito da Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0), mais especificamente, no que concerne ao nível de desenvolvimento da Educação 4.0 nas Instituições de Ensino Superior (IES) do Estado de São Paulo. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizada uma *survey* com docentes das referidas instituições com o objetivo de identificar o quanto presente está a Educação 4.0 no cotidiano destas IES e evidenciar as principais dificuldades enfrentadas por elas. A técnica multicritério *Fuzzy TOPSIS Class* foi utilizada para a análise dos dados coletados, a fim de classificar a situação das IES em relação a nove questões, que estão relacionadas a três áreas-chaves para a Educação 4.0, segundo o relatório *Catalysing Education 4.0*, do Fórum Econômico Mundial. As três áreas, são: Novos Mecanismos de Avaliação (Área 1), Novas Tecnologias de Aprendizagem (Área 2) e Capacitação da Força de Trabalho da Educação (Área 3). Os resultados da classificação permitem verificar que as IES pesquisadas carecem de atualização em termos de tecnologia e recursos e de maior preparo docente. Inclusive, verificou-se que valorização dos docentes e o apoio administrativo para a realização de suas atividades é um fator crítico, que necessita ser revisto pelas IES de forma urgente. Tendo em vista as transformações vivenciadas neste contexto da Indústria 4.0, conclui-se que a pesquisa contribui com a temática ao evidenciar os problemas enfrentados no ambiente acadêmico, permitindo maior assertividade nas tomadas de decisão por parte da gestão destas instituições. Destarte, promover maior embasamento para discussões e reflexões sobre o ensino brasileiro no que se refere à Educação 4.0.

Palavras-Chave: Educação 4.0; Indústria 4.0; Ensino Tecnológico; *Fuzzy TOPSIS Class*; Instituições de Ensino Superior.

Abstract

In this study, the Brazilian educational scenario during the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) is analyzed, specifically focusing on the Education 4.0 development level of in Higher Education Institutions (HEIs), in São Paulo state. To conduct the research, a survey was carried out with professors from these institutions to identify how present Education 4.0 is in the daily lives of these HEIs and to highlight the main challenges faced by them. The Fuzzy TOPSIS Class multicriteria technique was used to analyze the collected data, aiming to classify the situation of the HEIs in relation to nine issues, which are related to three key areas for Education 4.0, according to the Catalysing Education 4.0 report, from the World Economic Forum. These three areas are: New Assessment Mechanisms (Area 1), New Learning Technologies (Area 2), and Education Workforce Capacity Building (Area 3). The results of the classification show that the researched HEIs lack technological and resource updates and greater teaching preparation. It was also found that the valuation of professors and administrative support for carrying out their activities is a critical factor that needs to be urgently reviewed by the HEIs. Given the transformations experienced in this context of Industry 4.0, it is concluded that the research contributes to the theme by highlighting the problems faced in the academic environment, allowing greater assertiveness in decision-making by the institutions' management. Therefore, promoting greater basis for discussions and reflections on Brazilian education in relation to Education 4.0.

Key Word: Education 4.0; Industry 4.0; Technological Education; Fuzzy TOPSIS Class; Higher Education Institutions.

Lista de Figuras

Figura 3.1 Fluxo da Pesquisa.....	26
Figura 3.2 Número <i>Fuzzy</i> triangular e função pertinência $u_A(x)$	36
Figura 4.1 Principal área de formação dos 31 respondentes.....	38
Figura 4.2 Nível de formação mais alto dos 31 respondentes.....	39
Figura 4.3 Tempo de atuação dos 31 respondentes na função de docente.....	39
Figura 4.4 Experiência profissional dos 31 respondentes fora da academia.....	39
Figura 4.5 Faixa etária dos 31 respondentes.....	40
Figura 4.6 Tempo em que a IES do respondente possui um ou mais cursos superiores.....	40

Lista de Quadros

Quadro 2.1	As diferentes fases da educação e sua evolução.....	21
Quadro 2.2	Habilitadores e Barreiras para a Educação 4.0.....	22
Quadro 3.1	Classificação da pesquisa.....	26
Quadro 3.2	Estrutura do instrumento para as questões de coleta de percepção.....	32
Quadro 3.3	Significados das escalas de 1 a 5 utilizadas nas questões da Área 1.....	32
Quadro 3.4	Significados das escalas de 1 a 5 utilizadas nas questões da Área 2.....	32
Quadro 3.5	Significados das escalas de 1 a 5 utilizadas nas questões da Área 3.....	33
Quadro 4.1	Termos linguísticos utilizados para as alternativas do FTC.....	41
Quadro 4.2	Termos linguísticos utilizados na ponderação do FTC.....	41
Quadro 4.3	Matriz de julgamentos da FTC.....	42
Quadro 4.4	Matriz de julgamentos da FTC, normalizada.....	42
Quadro 4.5	Ponderação da FTC.....	43
Quadro 4.6	Matriz de julgamentos da FTC, normalizada e ponderada.....	43
Quadro 4.7	Definição das classes da FTC.....	44
Quadro 4.8	Classes da FTC e seus respectivos números <i>Fuzzy</i>	44
Quadro 4.9	Classes da FTC, normalizadas.....	44
Quadro 4.10	Classes da FTC, normalizadas e ponderadas.....	44
Quadro 4.11	Soluções ideais positivas e negativas de cada classe da FTC.....	45
Quadro 4.12	Distâncias D^+ da classe Esperado.....	45
Quadro 4.13	Distâncias D^- da classe Esperado.....	45
Quadro 4.14	Distâncias D^+ da classe Regular.....	46
Quadro 4.15	Distâncias D^- da classe Regular.....	46
Quadro 4.16	Distâncias D^+ da classe Inaceitável.....	46
Quadro 4.17	Distâncias D^- da classe Inaceitável.....	46
Quadro 4.18	Resultados da classificações da FTC com base nos coeficientes calculados.....	46
Quadro 4.19	Resultados da análise.....	47
Quadro 4.20	Resultados da FTC para o Cenário 1.....	49
Quadro 4.21	Resultados da FTC para o Cenário 2.....	49

Lista de Equações

Equação 4.1 Cálculo para a normalização por critério de benefício.....	36
Equação 4.2 Cálculo para a normalização por critério de custo.....	36
Equação 4.3 Cálculo da distância total em relação a solução ideal positiva.....	36
Equação 4.4 Cálculo da distância total em relação a solução ideal negativa.....	36
Equação 4.5 Cálculo do coeficiente de proximidade.....	37

Lista de Abreviaturas e Siglas

IES	Instituição de Ensino Superior
FTC	<i>Fuzzy TOPSIS Class</i>
IoT	<i>Internet of Things</i> ou Internet das Coisas
VHDL	<i>(Very high speed integrated circuit) Hardware Description Language</i> ou Linguagem de Descrição de Hardware para circuitos integrados de alta velocidade
EMD	Escalonamento Multidimensional

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Contexto	15
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Problema de Pesquisa	17
1.4 Hipótese.....	17
1.5 Objetivos.....	17
1.5.1 Objetivo geral	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	18
1.6 Apresentação da Estrutura do Trabalho.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 A Quarta Revolução Industrial e seus Impactos.....	19
2.2 As Transformações no Cenário Educacional.....	20
2.3 Breve Resumo do Capítulo.....	24
3 MÉTODO.....	25
3.1 Classificação da Pesquisa	25
3.2 Procedimentos Metodológicos	26
3.2.1 Levantamento da literatura	26
3.2.1.1 Pesquisa com docentes da eletrônica: estruturação e aplicação do instrumento	27
3.2.1.2 Pesquisa com docentes da eletrônica: análise dos dados.....	28
3.2.1.3 Pesquisa com docentes da eletrônica: resultados	29
3.2.2 Estruturação do método	31
3.2.2.1 Construção e aplicação do instrumento	31
3.2.3 <i>Fuzzy TOPSIS Class</i>	35
3.3 Breve Resumo do Capítulo.....	37
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	38
4.1 Caracterização da amostra	38
4.2 Análise e Discussões – <i>Fuzzy TOPSIS Class</i>	40
4.2.1 Ajuste de sensibilidade	49
4.3 Breve Resumo do Capítulo.....	49
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5.1 Conclusões.....	50

5.2 Considerações Finais	51
5.3 Limitações da Pesquisa.....	52
5.4 Propostas de Trabalhos Futuros.....	53
Referências	54
APÊNDICE A – Questionário da Pesquisa	57
ANEXO I – Dados da Coleta de Percepção.....	59
ANEXO II – Dados da Caracterização da Amostra.....	60
ANEXO III – Artigo sobre o Ensino da Eletrônica.....	61
ANEXO IV – Parecer do Comitê de Ética	70

1 INTRODUÇÃO

Com o foco na educação tecnológica presente na Quarta Revolução Industrial, o presente estudo analisa a presença dos fundamentos da Educação 4.0 nas instituições públicas de ensino superior do estado de São Paulo, as dificuldades e os desafios enfrentados por elas.

Neste primeiro capítulo serão apresentados o contexto no qual se insere a pesquisa e a justificativa de sua realização. A revisão da literatura somada a uma pesquisa de campo realizada por Mendes *et al.* (2023) com docentes da área da eletrônica, alvo de artigo publicado em revista, trazem à tona o problema de pesquisa, também apresentado aqui, a ser respondido por esta dissertação. Os objetivos e a estruturação do trabalho finalizam este capítulo.

1.1 Contexto

Assim como ocorreu nas Revoluções Industriais anteriores, a Quarta Revolução (Indústria 4.0) vivenciada atualmente pela humanidade impõe mudanças não apenas ao setor industrial, mas para a sociedade como um todo. Desta forma, é esperado e necessário que a área educacional também se transforme, em especial, a educação tecnológica, para que seja capaz de formar o novo profissional demandado. A Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT), Realidades Virtual e Aumentada, *Big Data*, *Cyber Security*, *Cloud Computing*, são exemplos das atuais tecnologias e conceitos que estão transformando a indústria e a academia (Shahroom e Hussin, 2018; Treviño-Elizondo e García-Reyes, 2023).

Atualização dos docentes, novas metodologias de aula, readequação dos laboratórios e demais ambientes educacionais, revisão dos currículos formativos e maior proximidade com o ambiente industrial estão entre os desafios enfrentados pelas instituições de ensino. Shahroom e Hussin (2018) destacam outros para os quais a academia deve se preparar: o surgimento de novas demandas (habilidades e conhecimentos) e profissões, constantes mudanças tecnológicas, mudança comportamental e de perfil do estudante (nativos digitais), etc.

Neste sentido, surge o conceito da Educação 4.0, cujo termo se refere a formação do homem e do profissional com o perfil alinhado a este novo contexto, onde são reinterpretados os conceitos estabelecidos de aprendizagem, aluno, professor e escola, para atender as necessidades da Indústria 4.0 e da Sociedade 4.0 (Bonfield *et al.*, 2020; Himmetoglu, Aydog, e Bayrak, 2020; Miranda *et al.*, 2021).

Sendo assim, este trabalho estuda o atual cenário da educação nas instituições públicas de ensino superior (IES) do estado de São Paulo, no Brasil, voltadas a formação profissional em áreas tecnológicas.

1.2 Justificativa

A constante pesquisa do cenário acadêmico é necessária e contribui no processo de reflexão e compreensão das atuais práticas de ensino. Sua importância ganha ainda mais evidência diante de momentos de transformação da sociedade, como este relatado.

Corroborando a isto, conforme será mostrado, o fato de que o modelo educacional presente em grande parte do sistema brasileiro de ensino se mantém praticamente o mesmo do aplicado décadas atrás, demandando por atualização mesmo antes do início da atual revolução.

Diante do exposto, inicia-se uma revisão da literatura no que diz respeito a educação tecnológica na Quarta Revolução Industrial. Como forma de agregar dados a esta revisão que permitam uma melhor compreensão do cenário, foi realizado um estudo exploratório com foco no ensino da eletrônica no Brasil, que é uma das áreas afetadas pela Indústria 4.0, principalmente, devido a Internet das Coisas (IoT). Uma pesquisa de campo foi realizada com docentes desta área e, após tratamento dos dados, fez-se o cruzamento dos resultados obtidos com os trazidos por um relatório que aborda a realidade do mercado. Deste estudo, foi desenvolvido e publicado na revista *IEEE Transactions on Education*, o artigo intitulado “*Teaching Electronics in the Context of Industry 4.0: A Survey on the Brazilian scenario in the Areas of Reconfigurable Logic and Microcontrollers*” (Mendes *et al.*, 2023).

O artigo mencionado busca responder: como as instituições de ensino estão se preparando para ensinar eletrônica no contexto da I4.0 e da IoT, particularmente lógica reconfigurável e microcontroladores? Como a educação profissional na área de eletrônica no Brasil se alinha às demandas do mercado?

Com os resultados indicando, dentre outras coisas, um desalinhamento entre academia e indústria, evidenciou-se a necessidade de buscar um entendimento mais amplo, que permita constatar se esta situação representa ou não um despreparo da academia como um todo, independente da área tecnológica (eletrônica, informática, automação, entre outras). Mais especificamente, se de fato a academia está alinhada ou não com o que se espera da Educação 4.0 e o quão presente ela está nas IES públicas do estado de São Paulo. Surge então, como desdobramento dos estudos realizados, a pesquisa desta dissertação.

A escolha pelo estado de São Paulo para realização da pesquisa ocorre devido a sua importância socioeconômica para o país. Segundo dados de 2021 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), São Paulo é o estado brasileiro de maior representatividade econômica, com 30,2% de participação no Produto Interno Bruto (PIB) nacional e o segundo estado com melhor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Brasil (IBGE, 2021; IBGE, 2023).

1.3 Problema de Pesquisa

O problema de pesquisa, de acordo com Appolinário (2012, p. 74), consiste na “[...] especificação maior do tema, em forma de pergunta: a questão que o pesquisador deseja ver respondida na conclusão de sua pesquisa”.

Com isso, tendo em vista o exposto, a seguinte questão problema é estabelecida:

Com base nos balizadores da Educação 4.0, o quão preparadas estão as IES públicas brasileiras do estado de São Paulo, na visão de seus docentes?

1.4 Hipótese

Devido à natureza exploratória da presente proposta, os autores avaliam que não se faz necessária a estruturação de uma hipótese. De acordo com Gil (2021), estudos exploratórios visam trazer maior familiaridade com um determinado problema, tornando-o mais explícito ou permitindo a construção de hipóteses. De acordo com Appolinário (2012), pesquisas descritivas de levantamento, prescindem deste elemento, ou ainda, aquelas pesquisas cujas perguntas são do tipo “quais as características de?”.

1.5 Objetivos

Os objetivos do trabalho são:

1.5.1 Objetivo geral

Por meio de pesquisas de campo com docentes das IES brasileiras do estado de São Paulo, objetiva-se identificar o atual estágio de desenvolvimento da Educação 4.0, evidenciando as dificuldades enfrentadas por elas.

1.5.2 Objetivos específicos

A partir do objetivo geral proposto, definem-se os objetivos específicos do trabalho:

- a) Levantar na literatura os fundamentos e os balizadores para a Educação 4.0 no contexto das instituições de ensino superior – IES;
- b) Estruturar um instrumento de pesquisa com base na revisão da literatura;
- c) Processar os dados coletados fazendo uso da técnica de análise multicritério *Fuzzy TOPSIS Class*.
- d) Diagnosticar e retratar a atualização tecnológica dos laboratórios voltados aos cursos tecnológicos das IES pesquisadas, bem como o preparo docente para a Educação 4.0;
- e) Identificar e analisar as principais dificuldades das IES em se preparar para a Educação 4.0.

1.6 Apresentação da Estrutura do Trabalho

Somados a esta introdução, o trabalho foi estruturado em mais quatro capítulos: Fundamentação Teórica, Método, Análise e Discussão de Resultados e Conclusões.

Apoiada na revisão da literatura, a Fundamentação Teórica (Capítulo 2) aborda as revoluções industriais e suas tecnologias, conceitua e caracteriza a Educação 4.0 e evidencia seus principais desafios.

O Capítulo 3 apresenta o Método, que contempla a classificação da pesquisa em relação aos seus vários critérios e os procedimentos metodológicos por ela adotados, dentre eles: os resultados da pesquisa sobre o ensino da eletrônica realizada por Mendes *et al.* (2023) que pertencem a etapa de levantamento da literatura, a estruturação do método, a construção do instrumento utilizado na pesquisa de campo e a explicação da técnica multicritério *Fuzzy TOPSIS Class* (FTC), que foi aplicada aos dados coletados.

Os resultados obtidos do processamento dos dados e as discussões pertinentes são trazidos no Capítulo 4. Em seguida, no Capítulo 5, encontram-se as conclusões e demais considerações finais, as limitações da pesquisa e indicações de trabalhos futuros.

As referências, o apêndice e os anexos finalizam o trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados os fundamentos teóricos e os conceitos balizadores desta pesquisa, evidenciando as transformações trazidas pela Indústria 4.0 no cenário educacional.

2.1 A Quarta Revolução Industrial e seus Impactos

A história nos mostra que as formas de se trabalhar e viver em sociedade são moldadas por novas tecnologias, invenções e grandes descobertas. Embora seja comum pensar no contexto atual, vale voltar ao tempo e lembrar, por exemplo, da descoberta e domínio do fogo pelo homem e o quanto isso foi impactante para sua época. Mais recente, no período da industrialização e do capitalismo, tivemos invenções como o motor a combustão, o automóvel e o avião, o telefone, a eletricidade e a eletrônica, os computadores e a internet. O termo “Revolução Industrial” se popularizou e é utilizado por historiadores para definir estes períodos de avanços tecnológicos marcantes e de grande impacto na sociedade (Groumos, 2021).

No início do século XVIII ocorre a Primeira Revolução Industrial, considerada a revolução mecânica, que representa o período marcado pela substituição da produção puramente artesanal pelas máquinas, destacando-se as energias hidráulica e a vapor. No século XIX ocorre a Segunda Revolução Industrial, com a descoberta da eletricidade e sua utilização nos processos produtivos. A automação da produção, a presença da eletrônica e dos processadores e a utilização de robôs são características da Terceira, no século XX a partir da década de 50. A Quarta Revolução, que estamos presenciando, traz o conceito de uma linha de produção digitalizada, flexível, inteligente, com forte interação entre ambientes físicos e virtuais (Schiele *et al.*, 2022).

As inovações são as forças motrizes destas revoluções e, segundo Groumos (2021), seus reflexos são sentidos em todas as esferas, de tal forma que crescimento econômico e o padrão de vida dos cidadãos tem forte correlação com o desenvolvimento industrial do país. É fundamental para toda nação avaliar e estar atenta aos reflexos positivos e negativos que permeiam estas mudanças.

Grandes inovações tecnológicas nas áreas da Eletrônica, Informática, Telecomunicações, Automação e afins ocorreram a partir da 3ª Revolução Industrial. Integrados à Quarta (ou, Indústria 4.0) estão a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Realidade Aumentada, Computação em Nuvem, dentre outras inovações. Neste cenário,

os ambientes físicos e os virtuais estão cada mais integrados. As máquinas estão conectadas a internet, adquirem “inteligência” e, com base nos dados, são capazes de aprender, tomar decisões e realizar diagnósticos (Benesova e Tupa, 2017).

Para implementar o conceito da Indústria 4.0, as empresas precisam passar pelo processo de Digitalização, que pode ser resumido como sendo a integração do mundo físico com o virtual, formando os chamados sistemas Ciber-físicos. A adoção das tecnologias digitais envolvidas neste processo traz grandes mudanças no ambiente operacional das empresas, nos formatos dos negócios, na gestão e no cotidiano do trabalhador. A digitalização é um processo crucial para que as empresas se mantenham competitivas no mercado (Thun, Bakas e Storholmen, 2022; Siivonen *et al.*, 2022).

De acordo com Bordel, Alcarria e Robles (2019), a economia, o mercado de trabalho e a educação são áreas interligadas e não podem ser tratadas ou analisadas de forma independente. A própria digitalização das empresas é um exemplo, pois as mudanças não se restringem à organização, elas afetam todo o seu entorno.

Com inovações tecnológicas surgindo, o processo produtivo se altera, novas formas de trabalho e profissões surgem e, naturalmente, a educação profissional precisa estar inserida neste cenário de transformação formando os novos profissionais (Benesova e Tupa, 2017).

O mercado de trabalho demanda por profissionais com competências diferentes das exigidas até então. Cresce a necessidade por trabalhadores qualificados e perdem espaço aqueles que não possuem o preparo adequado. E esta qualificação não é apenas de ordem técnica. Além de habilidades sociais e emocionais, o profissional da Indústria 4.0 precisa ter uma visão geral do todo e, não, um conhecimento muito específico ou detalhado, deve ser capaz de acompanhar o ritmo das mudanças tecnológicas, adquirir novos conhecimentos e competências e conseguir aplicá-los ao seu cotidiano (Goldin *et al.*, 2022).

2.2 As Transformações no Cenário Educacional

Cada nova geração de alunos carrega consigo características diferentes das anteriores, frutos das diferentes realidades que vivenciaram ao longo de sua criação, o que exige alterações na forma de ensinar. A Indústria 4.0 desafia os professores a aplicarem novos métodos e recursos em suas aulas e a desenvolver novas habilidades que atendam a estas novas necessidades, quebrando paradigmas que ainda perduram em relação ao formato das aulas (Ramírez-Montoya *et al.*, 2021).

Ramírez-Montoya *et al.* (2021) destacam que para equalizar as diferenças que surgiram ao longo dos anos entre o ensino e o novo perfil de alunos, não é apenas o professor que precisa rever seus métodos e estar aberto a mudanças, mas sim, todas as partes envolvidas. O ecossistema de ensino como um todo precisa se atualizar, investir em novos ambientes e tecnologias e prover a capacitação de seus profissionais. Diante da Indústria 4.0, Benavides *et al.* (2020) relatam que, desde 2010, a transformação digital se tornou prioridade para as instituições de ensino, representando um processo necessário para a sua sobrevivência e competitividade.

Assim, como as quatro revoluções industriais, a educação também pode ser dividida em quatro fases distintas (Educação 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0), cada qual acompanhando o cenário apresentado pela respectiva revolução do mesmo período. Miranda *et al.* (2021) fazem um comparativo analisando várias perspectivas, das quais pode-se destacar as mostradas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – As diferentes fases da educação e sua evolução.

	Educação 1.0	Educação 2.0	Educação 3.0	Educação 4.0
Educador	Sábio	Fonte de informação	Colaborador	Tutor / Mentor
Estudante	Passivo	Ativo emergente	Ativo	Ativo, com alta independência, construtor de sua trajetória
Abordagem	Centrada no professor	Centrada no professor. Incentivo a aprendizagem entre pares.	Aprendizagem co-construída. Levemente centrada no aluno.	Largamente centrada no aluno.
Instalações	Universidades / Salas de aula.	Salas e laboratórios.	Espaços compartilhados e flexíveis.	Espaços físicos e ciber-físicos.
Tecnologias	Sistemas mecânicos, máquinas a vapor.	Produção em massa. Eletricidade.	Internet, Automação e Controle.	Conectividade, Digitalização e Virtualização.

Fonte: Adaptado de Miranda (2021).

Em complementação ao Quadro 2.1, Miranda *et al.* (2021) informam ainda que a Educação 4.0 pode ser moldada a partir de quatro componentes centrais, que podem servir de guia para projetos educacionais: métodos de aprendizado, competências, tecnologias da informação (TICs) e infraestrutura. Akimov *et al.* (2023) acrescentam, como quinto componente, a Tríplice Hélice, ou seja, a necessária interação entre universidade, governo e empresa. Em resumo, um estudo realizado por Souza e Debs (2024) aponta oito conceitos chaves comumente encontrados na literatura, que ajudam a compreender a Educação 4.0: 1) aprendizado centrado nos estudantes, 2) autonomia do estudante, 3) aprendizado

individualizado e flexível, 4) métodos de aprendizado, 5) educação baseada em competência, 6) tecnologias inovadoras, 7) infraestrutura e 8) novo papel do professor (atuação como tutor).

No comparativo das quatro fases da educação (Quadro 2.1) é possível perceber que mesmo vivenciando o período da Quarta Revolução, muitas características encontradas nas Educações 1.0 e 2.0 ainda estão presentes no cotidiano atual das instituições de ensino.

Historicamente, verifica-se que o sistema educacional reage lentamente as mudanças e que ainda há vários outros obstáculos a serem contornados. Para Goldin *et al.* (2022), a falta de conhecimento dos trabalhadores da educação para a utilização de novas ferramentas, docentes relutantes a mudanças, falta de recursos financeiros e os estudantes tendo que lidar com uma maior responsabilidade que este novo ensino se propõe, estão entre estes obstáculos.

AlMalki e Durugbo (2023) corroboram, a partir de um estudo que considera opiniões de especialistas, ao elencar e ranquear as principais barreiras e os principais habilitadores para a almejada reforma do ensino. O Quadro 2.2 mostra os cinco itens mais relevantes (melhor ranqueados) no citado estudo.

Quadro 2.2 – Habilitadores e Barreiras para a Educação 4.0.

Posição	Habilitadores	Barreiras
1°	Estratégia nacional para a Indústria 4.0.	Mentalidade (<i>Mindset</i>).
2°	Ampla comunicação e sinergia entre governo, indústria e academia.	Desafios Tecnológicos.
3°	Colaboração entre governo, indústria e academia para a rápida adoção de novas tecnologias.	Desafios de Gestão.
4°	Programas Universitários de Indústria 4.0.	Falta de Infraestrutura Tecnológica.
5°	Atualizações Tecnológicas Regulares.	Falta de professores qualificados.

Fonte: Adaptado de AlMalki e Durugbo (2023).

Em relação aos itens considerados habilitadores, dois itens (2° e 3° posições) do Quadro 2.2 destacam a importância do envolvimento entre governo, indústria e academia. E, na primeira posição, verifica-se novamente a relevância do papel do governo em instituir uma estratégia nacional para que de fato esta transformação ocorra. As barreiras indicadas no mesmo quadro, também podem envolver o governo, por exemplo, no quesito falta de infraestrutura tecnológica e qualificação do docente, no caso das instituições públicas.

Outros habilitadores e barreiras são elencadas por AlMalki e Durugbo (2023) e, também, por outros autores. A ordem de importância também varia de estudo para estudo, no entanto, os aspectos citados no Quadro 2.2 estão constantemente presentes nos artigos.

Matsumoto-Royo, Ramírez-Montoya e Conget (2021) entendem, por exemplo, que a falta de preparo dos professores é a principal barreira para se implementar a Educação 4.0.

Para formar o profissional da Indústria 4.0 é preciso capacitar o professor para torná-lo um professor 4.0. Ainda segundo os autores, não basta ser um professor que domine a tecnologia, é necessário ser engajado e valorizar a necessidade da nova educação, entender seu papel formativo neste novo cenário, aplicar estratégias ativas de aprendizagem e estimular o ensino para além da sala de aula, dando aos alunos um papel mais ativo em sua própria formação.

Tal qual ocorre com o perfil do trabalhador demandado para o novo cenário industrial, o perfil do professor também não se limita ao conhecimento técnico e a sua habilidade didática. O professor precisa conhecer novas metodologias e tecnologias de ensino, lidar com o ensino remoto ou híbrido, vivenciar a realidade do mercado, se atualizar rápido e constantemente, dentre outras competências e habilidades (Goldin *et al.* 2022).

O papel do docente também é apontado por Goh e Abdul-Wahab (2020) como um dos dois paradigmas que devem ser quebrados nas IES para suprir as demandas da Educação 4.0. O outro, novamente citado, é o ecossistema das instituições. Os autores ainda reforçam que as demandas da Quarta Revolução exigem mudanças e adaptações por parte das instituições de ensino em velocidade inédita, contrariando o que foi observado historicamente.

A temática da educação também foi alvo do relatório “*Catalysing Education 4.0*”, de maio de 2022, do Fórum Econômico Mundial, no qual são tratados, inclusive, os efeitos da COVID-19 no sistema acadêmico e as desigualdades educativas que eram pré-existentes e foram agravadas pela pandemia. Segundo o relatório, os atrasos causados, em um cenário de tantas mudanças como o da Quarta Revolução, podem minar as oportunidades da geração de estudantes que estão em formação, caso não seja implementado um plano pós pandemia que seja sustentável no longo prazo e que preveja, prioritariamente, o investimento em sistemas educativos inovadores, centrados nas competências necessárias para a Indústria 4.0 (World Economic Forum, 2022).

Neste sentido, o relatório “*Catalysing Education 4.0*” destaca três áreas chaves para a Educação 4.0:

- a) Novos Mecanismos de Avaliação: meios de avaliar se o currículo formativo e as competências estão alinhadas com as expectativas do mercado da Indústria 4.0.
- b) Novas Tecnologias de Aprendizagem: tecnologias que permitam uma aprendizagem inclusiva e pedagogicamente inovadora, bem como, possibilitem aos alunos a sua inserção em ambientes próximos aos que encontrarão na Indústria 4.0. Tais tecnologias também permitem o desenvolvimento das habilidades e competências desejadas.

- c) Capacitação da Força de Trabalho da Educação: oportunizar aos educadores a formação nas competências necessárias para os empregos do futuro, com vista a garantir que o ensino e os currículos reflitam as demandas do mercado. Os educadores devem ter as competências digitais necessárias para permitir Educação 4.0.

De acordo com o relatório, investimentos nestas três áreas oferecem retornos econômicos e sociais significativos, porém enfatiza a importância do trabalho conjunto entre governo, empresários e partes interessadas.

2.3 Breve Resumo do Capítulo

Por meio da revisão da literatura, o Capítulo 2 contextualizou a pesquisa traçando um paralelo entre as Revoluções Industriais e seus respectivos impactos na área da educação, destacou as características destes períodos industriais e apresentou os conceitos da Educação 4.0, que se refere ao ensino no âmbito da Quarta Revolução Industrial.

Em relação a Educação 4.0, foram apontados os principais habilitadores e obstáculos citados pelos diferentes autores pesquisados e, também, as três áreas chaves destacadas no relatório do Fórum Econômico Mundial, que fundamentaram a construção do questionário utilizado na pesquisa de campo com os docentes.

3 MÉTODO

O Capítulo 3 classifica e caracteriza a pesquisa e, para facilitar a compreensão, explica em etapas os procedimentos metodológicos adotados. Dentre estas etapas estão: os resultados da pesquisa inicial sobre o ensino de eletrônica (na etapa de levantamento da literatura) realizada por Mendes *et al.* (2023), detalhes da construção e aplicação do instrumento, informações sobre a coleta de dados e explicação da técnica *Fuzzy TOPSIS Class*.

3.1 Classificação da Pesquisa

O presente trabalho é exploratório e tem como objeto de estudo as instituições públicas de ensino superior (IES) do Brasil, localizadas no estado de São Paulo, que contenham cursos superiores em áreas tecnológicas (elétrica, automação, mecatrônica, entre outras). Baseia-se em pesquisa de campo por meio de aplicação de questionários a docentes e caracteriza-se por ser uma pesquisa mista, com análises tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo.

A partir de uma revisão bibliográfica, foram trazidos os referenciais teóricos necessários para o delineamento da pesquisa e construção dos questionários. Destes referenciais, também foram obtidos os conceitos que norteiam o trabalho.

O caráter exploratório desta pesquisa é dado devido sua contribuição para uma melhor compreensão da atual situação das IES em relação a Educação 4.0, pois segundo Gil (2021), pesquisas deste tipo têm o propósito de proporcionar maior familiaridade com o problema, visando construir hipóteses sobre tal.

Para tanto, como mencionado, dados foram coletados de diversos docentes de diferentes IES. Tendo em vista esta participação de diferentes sujeitos e o retrato instantâneo (de um momento específico) por ela revelado, observa-se sua característica transversal em relação ao tempo.

Estes dados, que refletem a opinião dos docentes participantes, serão utilizados nas análises para se estabelecer conclusões gerais e amplas. Neste sentido, nota-se que a pesquisa utiliza do método indutivo, tendo em vista que a indução parte de dados particulares para se estabelecer prováveis verdades (Lakatos e Marconi, 2003; Cooper e Schindler, 2011).

Por fim, trata-se de pesquisa aplicada por trazer resultados que colaboram com o presente momento educacional, de transformações diretamente influenciadas pela Indústria 4.0.

O Quadro 3.1 resume as classificações da pesquisa em relação aos critérios.

Quadro 3.1 - Classificação da pesquisa.

Crítérios	Tipos de pesquisa
Método Amplo	Indutivo
Estratégia da Pesquisa	Pesquisa Bibliográfica
	Levantamento (<i>survey</i>)
Abordagem de Problema	Pesquisa Mista
Desenvolvimento no Tempo	Transversal
Natureza	Pesquisa Aplicada
Objetivos	Exploratória
Coleta de Dados	Questionário

Fonte: Próprio autor (2024).

3.2 Procedimentos Metodológicos

Como forma de explicitar o fluxo de realização da pesquisa foi elaborada a Figura 3.1.

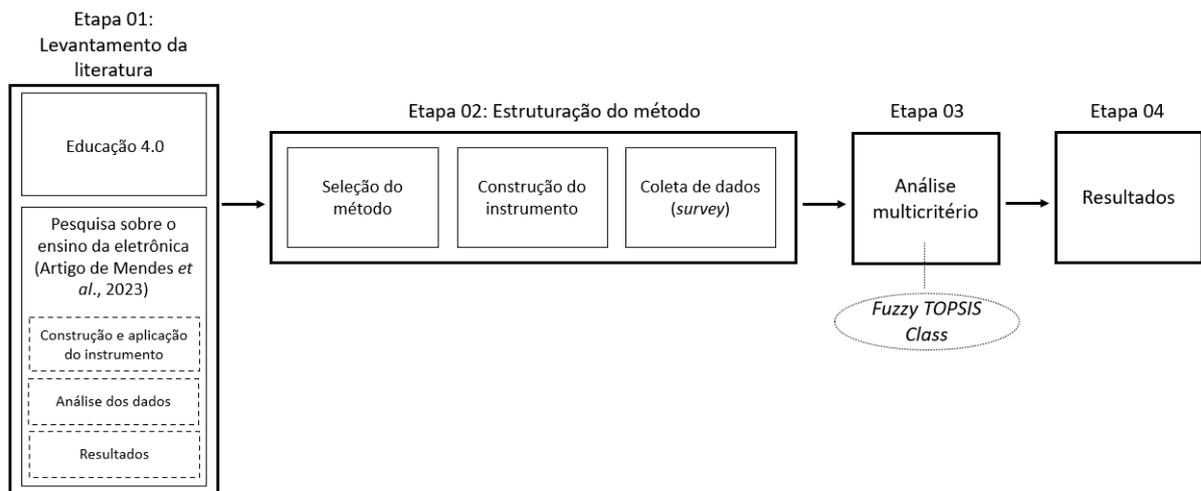


Figura 3.1 – Fluxo da pesquisa.

Fonte: Próprio autor (2024).

As etapas do fluxo apresentado serão explicadas em detalhes nas seções seguintes.

3.2.1 Levantamento da literatura

A primeira etapa do fluxo da pesquisa se refere ao levantamento da literatura, onde além da utilização das bases de dados nacionais e internacionais para fundamentar o trabalho, também foi realizada a pesquisa sobre o ensino de eletrônica no cenário brasileiro.

O que se refere a Educação 4.0, foi apresentado no Capítulo 2, da Fundamentação Teórica. Nas três seções seguintes (3.2.1.1, 3.2.1.2 e 3.2.1.3) serão abordados mais detalhes e,

também, os resultados da pesquisa sobre o ensino da eletrônica realizada por Mendes *et al.* (2023). Tal pesquisa foi objeto de publicação do artigo encontrado no Anexo III e motivou a presente pesquisa.

3.2.1.1 Pesquisa com docentes da eletrônica: estruturação e aplicação do instrumento

O instrumento construído por Mendes *et al.* (2023) na pesquisa de campo com docentes da área de eletrônica consistiu em um questionário digital elaborado no Google Forms, contendo questões para a coleta da percepção do docente e de classificação do público participante. No total, foram 34 questões.

As questões de classificação envolviam perguntas sobre o nível de formação, experiência profissional, entre outras. As de coleta de percepção utilizaram uma escala Likert de 0 a 10 para medir o grau de concordância do participante em relação a cada item, onde 10 representava a máxima concordância. A escolha de uma escala de 11 níveis foi motivada pela inclusão de um ponto central neutro (nível 5) e duas faixas iguais para capturar percepções negativas (de 0 a 4) e percepções positivas (de 6 a 10), facilitando assim a compreensão das respostas.

Por ser voltada ao ensino da eletrônica, estruturou-se o questionário com foco em algumas tecnologias e dispositivos presentes no contexto do IoT, neste caso, a lógica reconfigurável, os microcontroladores e os sistemas embarcados.

Poderiam responder ao instrumento os docentes com formação na área em questão, atuantes em instituições de ensino de todo o Brasil, permitindo a participação de um ou mais representantes da mesma instituição.

Para garantir que as respostas da pesquisa foram fornecidas pelo público-alvo, foram empregados alguns saltos no questionário, de forma que algumas seções seriam puladas automaticamente com base na resposta anterior do participante. Por exemplo, a pergunta inicial questionava se o professor ensina ou ensinou sistemas digitais ou tópicos relacionados. Caso respondesse negativamente, indicando que não se enquadrava no público-alvo, o questionário era encerrado.

Vale destacar que, seguindo as recomendações de Malhotra, Nunan e Birks (2017), os pesquisadores buscaram contribuições de acadêmicos experientes e profissionais especializados nas áreas de conhecimento. A sua orientação revelou-se crucial no refinamento do instrumento de investigação, tanto em termos de conteúdo como de metodologia.

Como exigido para uma pesquisa de opinião, o estudo passou pela análise e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa sob o número CAAE: 53164121.4.0000.5404.

3.2.1.2 Pesquisa com docentes da eletrônica: análise dos dados

A pesquisa de Mendes *et al.* (2023) foi respondida por 100 docentes, dos quais 89 foram considerados válidos por atenderem aos critérios do público-alvo e consentirem em participar da pesquisa. Conforme poderá ser observado no artigo (Anexo III), bancos de dados adicionais foram derivados do banco original com o objetivo de facilitar as análises.

Os dados coletados passaram por análises estatísticas por meio da aplicação de técnicas multivariadas, sendo elas: análises discriminante, fatorial exploratória e escalonamento multidimensional. O emprego de várias técnicas se deu com o objetivo de comparar os resultados e aumentar a robustez das descobertas. Para estas análises, utilizou-se o software SPSS (*IMB Statistical Package for the Social Science*).

A análise discriminante, conforme descrita por Malhotra, Nunan e Birks (2017), é uma técnica de análise de dados empregada quando a variável dependente é categórica e as variáveis independentes são medidas em escalas intervalares. Dentre seus objetivos, busca-se estabelecer funções discriminantes que efetivamente diferenciem (discriminem) entre as categorias das variáveis dependentes (grupos), verificar diferenças entre os grupos e identificar as variáveis que mais contribuem para as variações entre grupos.

Nas situações em que se deseja investigar as relações de muitas variáveis, pode-se aplicar a análise fatorial exploratória objetivando organizá-las em um conjunto menor de fatores (Hair, Jr. *et al.*, 2009), explorando os dados e seus padrões de correlação.

O Escalonamento Multidimensional (EMD), por sua vez, permite verificar semelhanças entre as variáveis por meio da observação de um gráfico bidimensional, onde cada variável analisada é representada por um ponto. As distâncias entre esses pontos indicam seus respectivos graus de similaridade. Hair, Jr. *et al.* (2009) informam que o EMD visa transformar percepções ou preferências em distâncias gráficas que permitam a comparação entre objetos (por exemplo, produto, serviço, pessoa, entre outros). Desta análise pode-se encontrar grupos que possuem grande similaridade ou casos de destoam de todos os outros (*outliers*).

Por fim, os dados coletados foram processados qualitativamente e efetuou-se um comparativo com o Relatório da Pesquisa sobre o Mercado Brasileiro de Sistemas

Embarcados e IoT 2021, o qual contém a opinião de 577 profissionais que trabalham como desenvolvedores de Sistemas Embarcados e IoT no Brasil (Embarcados, 2021).

Vale ressaltar que a amostra é consistente e adequada para as análises realizadas, uma vez que o valor do teste alfa de Cronbach para as variáveis de percepção foi de 0,867, portanto, superior aos 0,70 sugeridos por Malhotra, Nunan e Birks (2017). Segundo as recomendações de Cohen (1988), para ciências sociais e comportamentais, o número de respostas obtidas também foi considerado suficiente para este estudo.

3.2.1.3 Pesquisa com docentes da eletrônica: resultados

Participaram da pesquisa de Mendes *et al.* (2023) profissionais qualificados, com uma proporção significativa da amostra possuindo no mínimo de sete anos de experiência tanto na indústria/empresa (52%) como na universidade (84%). No quesito de formação, 38,2% são doutores, 33,7% mestres e 12,4% com algum programa de especialização, como MBA ou pós-graduação. Esta destacada experiência e formação técnica da amostra reforça a relevância dos dados colhidos e a robustez dos resultados.

Da análise multivariada, constatou-se que a faixa etária dos professores é uma variável discriminante na percepção de falta de material em português para a área da lógica reconfigurável, se mostrando mais acentuada entre os grupos mais velhos. As demais variáveis não discriminam, tais como área de conhecimento, nível de formação dos professores, tempo de experiência profissional fora da academia e como professor, região onde a instituição está localizada e o curso em que o professor leciona.

Considerando ainda a lógica reconfigurável, a análise das respostas revelou que a linguagem predominante para os dispositivos eletrônicos reconfiguráveis é a VHDL, seguida pela linguagem Verilog. Quanto a proficiência em lógica reconfigurável, em uma escala de 0 a 10, a maioria dos participantes (57,3%) se autoavaliou entre 5 e 8. Em relação à qualidade e adequação dos equipamentos do laboratório para o ensino de lógica, o resultado foi favorável, com parcela significativa dos entrevistados classificando-os acima de 5 na escala Likert. Esses achados indicam que a maioria dos participantes trabalham em instituições que fornecem equipamentos e condições laboratoriais adequadas para o ensino da lógica reconfigurável.

No entanto, apesar de reconhecerem a importância do tema, uma proporção notável de professores (34,8%) relatou que ela não é ensinada nas suas respectivas instituições. Além disso, 37,1% indicaram que ela é ministrada, mas sem uma disciplina específica na grade curricular. Examinando o mercado brasileiro, o relatório do Embarcados (2021) revela uma

crescente adoção dos dispositivos lógicos reconfiguráveis pelas indústrias brasileiras. Dos profissionais entrevistados, 12,74% confirmaram a utilização atual desses dispositivos, enquanto 20% manifestaram a intenção de incorporá-los em projetos futuros.

De acordo com o levantamento realizado, a maioria dos professores que ministram aulas de microcontroladores utilizam a plataforma Arduino como principal ferramenta prática. Há também uma clara preferência por arquiteturas de 8 bits e chips Microchip Atmel e pelas linguagens de programação C e C++. A maioria dos professores autoavaliam seu conhecimento em linguagem C entre 7 e 10.

A preferência pela linguagem C também ocorre do lado do mercado, conforme apontado pelo relatório do Embarcados (2021), porém, diferentemente da academia, as arquiteturas mais populares no mercado brasileiro são as de 32 bits, com tendência de migração para as de 64 bits em projetos futuros. ST (47,78%), Microchip/Atmel (44,73%) e Espressif (41,45%) foram os fornecedores mais citados pelos desenvolvedores, e a linguagem de programação C foi utilizada na maioria dos projetos.

Ainda segundo o relatório de mercado, o Arduino aparece como uma opção de prototipagem rápida, mas a maioria dos desenvolvedores não o incorpora em seus produtos. Quando se trata de prototipagem, os kits de desenvolvimento dos fabricantes são os preferidos (Embarcados, 2021).

Em relação ao conhecimento de sistemas embarcados e protocolos IoT, os docentes consideram ter um nível de moderado a alto, com respostas para este item na faixa de 5 a 9. Outra constatação diz respeito às opiniões quanto a atualização e adequação dos laboratórios para o ensino de IoT em suas respectivas instituições. O cenário brasileiro se mostra em uma situação crítica neste quesito, com uma porção substancial de professores que entende estar aquém do desejado e, ainda, com 14,6% dos entrevistados avaliando com 0.

Diferentemente do observado nas instituições de ensino, as indústrias brasileiras mostram que IoT (48,70%) é a área de aplicação mais demandada, seguida por Sistemas Industriais (37,17%). Com isso, ao mesmo tempo em que as aplicações de IoT crescem nas indústrias brasileiras, a situação dos laboratórios relatada pelos professores deixa claro que as instituições de ensino continuam despreparadas para desenvolver profissionais qualificados nesta área.

Destarte, como informado na Seção 1.2 da justificativa, os resultados desta pesquisa, somados aos achados na revisão da literatura, trazem à tona um cenário que exige transformações por parte das instituições de ensino. Diante disso, evidencia-se a necessidade

compreender quais são os desafios trazidos pela Indústria 4.0 ao ambiente acadêmico e, ainda, o quanto presente está a Educação 4.0 no cotidiano das instituições de ensino.

3.2.2 Estruturação do método

Conforme indicado no fluxo da pesquisa apresentado na Figura 3.1, a Etapa 02 consiste na estruturação do método, onde serão explicadas as características construtivas do instrumento utilizado na pesquisa de campo, os detalhes do processo de coleta de dados e a técnica *Fuzzy TOPSIS Class* (FTC).

A parte referente a seleção do método, mencionada no fluxo, foi explicada anteriormente. Ela trata das características e da classificação do estudo (Quadro 3.1) e diz respeito a escolha da técnica FTC, para classificar as variáveis estudadas. Os detalhes da FTC e seus passos serão tratados na Seção 3.2.3, deste capítulo.

3.2.2.1 Construção e aplicação do instrumento

Construído de forma digital, no Google Forms, o questionário (Apêndice A) foi composto por 15 questões, sendo 09 delas para a coleta da percepção do respondente (Q1.1 a Q3.3) e 06 questões objetivando a caracterização da amostra (Q4.1 a Q4.6). Foi estruturado com base nas três áreas consideradas como chaves para a Educação 4.0, segundo o Fórum Econômico Mundial (World Economic Forum, 2022):

- a) Área 1: Novos mecanismos de avaliação;
- b) Área 2: Novas tecnologias de aprendizagem;
- c) Área 3: Capacitação da força de trabalho da educação.

No questionário, as 09 questões elaboradas para a coleta de opinião dos respondentes foram divididas em três grupos com três questões, onde cada grupo trata de uma área específica deste relatório, conforme o Quadro 3.2.

Estas questões utilizaram uma escala Likert de 1 a 5 pontos, onde o valor 5 representa o melhor cenário. Para melhor compreensão da utilização destas escalas no questionário, os Quadros 3.3, 3.4 e 3.5 detalham as possíveis respostas para cada questão, com as quais se deparavam os respondentes. Note que os enunciados das respostas visam elucidar os significados e as intensidades dos pontos da escala, a fim de evitar diferentes interpretações.

Quadro 3.2 – Estrutura do instrumento para as questões de coleta de percepção.

Área 01: Novos mecanismos de avaliação	
Q1.1:	Eficiência dos mecanismos de avaliação do processo de ensino-aprendizagem de sua instituição para a Educação 4.0, que permitam mensurar a pertinência dos currículos formativos e a aquisição de competências.
Q1.2:	Contribuição dos dados e resultados obtidos nas avaliações de ensino-aprendizagem da Educação 4.0 em sua instituição, para melhorias no processo e embasamento de tomadas de decisão.
Q1.3:	Relevância e pertinência das habilidades e competências na avaliação do processo de ensino-aprendizagem da Educação 4.0 em sua instituição.
Área 02: Novas tecnologias de aprendizagem	
Q2.1:	Adequação das tecnologias, recursos e equipamentos disponíveis nas salas, laboratórios e demais ambientes de sua instituição para a Educação 4.0.
Q2.2:	Utilização em aula das tecnologias disponíveis para a Educação 4.0.
Q2.3:	A tecnologia que auxilia o professor em suas aulas permite uma aprendizagem individualizada, considerando os pontos fortes e fracos de cada aluno.
Área 03: Capacitação da força de trabalho da educação	
Q3.1:	Preparo dos docentes em relação a parte técnica e competências necessárias para a Educação 4.0.
Q3.2:	Preparo dos docentes para a Educação 4.0 em relação a aspectos pedagógicos e metodológicos, ou seja, se dominam as práticas pedagógicas inovadoras e/ou metodologias ativas de ensino.
Q3.3:	Valorização do docente em relação a remuneração e suporte administrativo necessário para o desempenho de sua atividade.

Fonte: Próprio autor (2024).

Quadro 3.3 – Significados das escalas de 1 a 5 utilizadas nas questões da Área 1.

Área 01: Novos mecanismos de avaliação	
Q1.1:	1 Os mecanismos permitem uma avaliação INSUFICIENTE.
	2 Os mecanismos permitem uma avaliação SUPERFICIAL.
	3 Os mecanismos permitem uma avaliação BÁSICA.
	4 Os mecanismos permitem uma avaliação ADEQUADA.
	5 Os mecanismos permitem uma avaliação PLENAMENTE ADEQUADA.
Q1.2:	1 Os dados e resultados contribuem de forma INSUFICIENTE.
	2 Os dados e resultados contribuem de forma SUPERFICIAL.
	3 Os dados e resultados contribuem de forma BÁSICA.
	4 Os dados e resultados contribuem de forma RELEVANTE.
	5 Os dados e resultados contribuem de forma MUITO RELEVANTE.
Q1.3:	1 Relevância e pertinência INSUFICIENTES.
	2 Relevância e pertinência SUPERFICIAIS.
	3 Relevância e pertinência BÁSICAS.
	4 Relevância e pertinência ADEQUADAS.
	5 Relevância e pertinência PLENAMENTE ADEQUADAS.

Fonte: Próprio autor (2024).

Quadro 3.4 – Significados das escalas de 1 a 5 utilizadas nas questões da Área 2.

Área 02: Novas tecnologias de aprendizagem	
Q2.1:	1 Tecnologias e ambientes INADEQUADOS.
	2 Tecnologias e ambientes POUCO ADEQUADOS.
	3 Tecnologias e ambientes BÁSICOS.
	4 Tecnologias e ambientes ADEQUADOS.
	5 Tecnologias e ambientes PLENAMENTE ADEQUADOS.
Q2.2:	1 As tecnologias PRATICAMENTE NÃO são utilizadas em aula.
	2 As tecnologias são utilizadas em aula de forma INSUFICIENTE.
	3 As tecnologias são utilizadas em aula de forma BÁSICA.
	4 As tecnologias são utilizadas em aula de forma FREQUENTE.
	5 As tecnologias são utilizadas em aula de forma MUITO FREQUENTE.
Q2.3:	1 PRATICAMENTE NÃO permitem a aprendizagem individualizada.
	2 Permitem a aprendizagem individualizada de forma INSUFICIENTE.
	3 Permitem a aprendizagem individualizada de forma BÁSICA.
	4 Permitem a aprendizagem individualizada de forma SUFICIENTE.
	5 Permitem a aprendizagem individualizada de forma PLENAMENTE SUFICIENTE.

Fonte: Próprio autor (2024).

Quadro 3.5 – Significados das escalas de 1 a 5 utilizadas nas questões da Área 3.

Área 03: Capacitação da força de trabalho da educação	
Q3.1:	1 Os docentes PRATICAMENTE NÃO estão preparados.
	2 Os docentes estão preparados de forma INSUFICIENTE.
	3 Os docentes preparados de forma BÁSICA.
	4 Os docentes estão preparados de forma ADEQUADA.
	5 Os docentes estão preparados de forma PLENAMENTE ADEQUADA.
Q3.2:	1 Os docentes PRATICAMENTE NÃO estão preparados.
	2 Os docentes estão preparados de forma INSUFICIENTE.
	3 Os docentes preparados de forma BÁSICA.
	4 Os docentes estão preparados de forma ADEQUADA.
	5 Os docentes estão preparados de forma PLENAMENTE ADEQUADA.
Q3.3:	1 PRATICAMENTE NÃO são valorizados.
	2 Valorização INSUFICIENTE.
	3 Valorização BÁSICA.
	4 Valorização ADEQUADA.
	5 Valorização PLENAMENTE ADEQUADA.

Fonte: Próprio autor (2024).

A parte final do questionário foi composta pelas questões de caracterização da amostra (Anexo II) elencadas a seguir, nesta ordem e com estes enunciados:

- a) Q4.1: Sua principal área de formação.
- b) Q4.2: Seu nível de formação mais alto.
- c) Q4.3: Qual sua experiência profissional fora da academia?
- d) Q4.4: Atua a quanto tempo como docente?
- e) Q4.5: Sua faixa etária.
- f) Q4.6: Tempo em que sua instituição possui um ou mais cursos superiores em áreas tecnológicas, tais como: Elétrica, Automação, Mecatrônica, Mecânica, Telecomunicações, Informática e afins.

As respostas para estas questões estão no formato de múltipla escolha e, pela própria característica do enunciado, fica evidente que não fazem uso de escalas. Cada questão possui um leque de opções, diante das quais o respondente deveria escolher apenas uma.

A última questão de caracterização foi colocada com o propósito de ser utilizada como fator de ponderação na análise por *Fuzzy TOPSIS Class*. Sua escolha como fator ponderador foi motivada pois entende-se que quanto maior o tempo de existência de um curso na instituição, mais solidificado este estará, ou seja, maior será seu histórico e sua base de dados, mais evidentes estarão os pontos fortes e fracos e mais consolidados estarão os processos administrativos e o corpo docente atuante, dentre outros fatores.

Para aplicação do questionário foi realizado um levantamento das instituições e, posteriormente, a elaboração de uma lista com os contatos dos docentes, que atendiam o perfil almejado: docentes de áreas tecnológicas com vivência em cargos de coordenação ou

administrativos que atuam em IES públicas do estado de São Paulo. Em cada IES, buscou-se a participação de um docente como seu representante. E, nos casos das IES divididas em unidades de ensino de realidade e atuações distintas, um docente por unidade.

A seleção destes contatos ocorreu por meio de consulta aos respectivos sites institucionais e currículos presentes na Plataforma Lattes. A referida plataforma é um sistema de informações gerido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que integra a base de dados de currículos, grupos de pesquisa e instituições.

O envio do convite com o link de acesso ao formulário da pesquisa foi realizado individualmente e por e-mail. Para possibilitar o controle dos convites, tendo em vista que o formulário é anônimo, foi solicitado ao respondente, caso desejasse rejeitá-lo, que informasse o pesquisador. E, somente nestes casos, outro docente daquela instituição seria convidado para responder o questionário.

Por se tratar de pesquisa voltada ao segmento docente, optou-se por aplicá-lo no início de semestre letivo, que é um período com menor número de atividades para os docentes e, ainda, após o período de recesso acadêmico.

Cabe ressaltar que, a pesquisa passou pela análise e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (Anexo IV), de tal forma que o processo de coleta de dados foi iniciado após esta aprovação, sob o número CAAE: 70119423.8.0000.5404.

3.2.2.2 Coleta de dados (*survey*)

A coleta de dados ocorreu no início do segundo semestre de 2023, e se estendeu por cerca de um mês e meio, compreendendo o período de 11 de agosto a 25 de setembro. Este interstício envolve o envio dos convites aos docentes, as trocas de e-mails e o tempo de aguardo até o recebimento das respostas. A pesquisa e a seleção das IES e dos contatos ocorreu no início do mês de agosto/2023.

O espaço amostral contempla 105 docentes, dos quais 31 aceitaram participar e preencheram o questionário, o que representa um retorno significativo de 29,52%.

Em relação a abrangência geográfica do trabalho, a condição de contorno é que o espaço amostral contemplasse docentes vinculados a IES públicas do Estado de São Paulo. Atendendo a este requisito foram incluídas na pesquisa 08 diferentes instituições de ensino do estado, representadas por suas unidades que estão distribuídas em 59 cidades.

Com o término da coleta no final de setembro, deu-se início ao processamento dos dados coletados dos 31 respondentes tanto do ponto de vista qualitativo, para caracterização do público, quanto quantitativo. As análises e seus resultados serão tratados no Capítulo 4.

3.2.3 Fuzzy TOPSIS Class

A explicação desta seção aborda o método multicritério utilizado na pesquisa e constitui a Etapa 03 do fluxo apresentado.

Os métodos de análise multicritério (ou técnicas MCDM - *Multicriteria Decision Making*) são utilizados em várias áreas do conhecimento para auxiliar as tomadas de decisão como, por exemplo, a seleção de fornecedores. São assim chamados por serem métodos de decisão capazes de considerar múltiplos critérios simultaneamente em sua análise (Lima Junior e Carpinetti, 2015).

Desenvolvido por Hwang e Yoon no início da década de 80, a TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) é uma destas técnicas. Como o próprio nome indica, esta técnica consiste em escolher a solução com base na proximidade de valores em relação as soluções ideias positivas e negativas. A solução escolhida será aquela que estiver mais próxima da ideal positiva e mais distante da ideal negativa (Chen, 2000).

Tendo em vista as variáveis subjetivas e cenários de incertezas envolvidos em tomadas de decisão, Chen (2000) propôs a técnica *Fuzzy TOPSIS* que é a combinação da *TOPSIS* com a teoria *Fuzzy*. Diferentemente da lógica clássica, a lógica *Fuzzy* não se limita a 0 e 1 (falso ou verdadeiro), permitindo valores intermediários que estipulam o “grau de verdade” ou “grau de pertinência” de uma determinada alternativa em análise. Desta forma, a teoria Fuzzy modela um conjunto Fuzzy A por meio de uma função pertinência $u_A(x) \rightarrow [0.0, 1.0]$, que permitirá definir o quanto um dado elemento pertence ao conjunto. O valor de $u_A(x) = 1$ indica seu completo pertencimento, $u_A(x) = 0$ indica o não pertencimento e valores intermediários ($0 < u_A(x) < 1$) refletem os pertencimentos parciais (Lima Junior e Carpinetti, 2015).

A *Fuzzy TOPSIS* se utiliza de variáveis linguísticas e termos linguísticos, onde, por exemplo, os termos “bom”, “regular” e “ruim” podem qualificar ou medir uma variável denominada “confiabilidade”. Cada termo linguístico é representado por números *Fuzzy* triangulares, que podem ser escritos na forma (l, m, u) (Chen, 2000). A Figura 3.2, ilustra o número *Fuzzy* triangular, onde l e u são os limites inferior e superior, respectivamente.

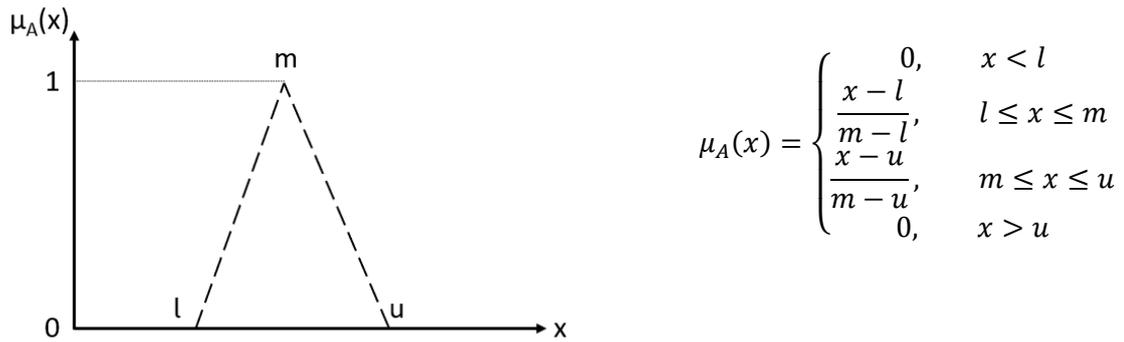


Figura 3.2 – Número *Fuzzy* triangular e função pertinência $\mu_A(x)$.

Fonte: Adaptado de Lima Junior e Carpinetti (2015, p. 24).

Uma técnica de análise derivada da *Fuzzy TOPSIS*, foi proposta por Ferreira *et al.* (2018) intitulada como *Fuzzy TOPSIS Class* (FTC). A referida técnica foi aplicada no trabalho, em particular, na análise dos dados coletados por meio do questionário. A FTC foi escolhida por ser adequada para tratar opiniões de pessoas (existência de subjetividade) e cenários incertos, bem como permitir a classificação ou categorização do objeto em análise.

Com base nas orientações de Ferreira *et al.* (2018), que se derivam das apresentadas por Chen (2000), a FTC é composta pelos seguintes passos:

- I) Definir os critérios e alternativas e construir a matriz de julgamentos;
- II) Definir os termos linguísticos;
- III) Obter a matriz julgamento normalizada com as equações – Eq. 4.1 e Eq. 4.2;

$$r_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), \quad u_j^+ = \max u_{ij} \text{ para critério de benefício} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

$$r_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), \quad l_j^- = \min l_{ij} \text{ para critério de custo} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

- IV) Obter a matriz julgamento normalizada e ponderada;
- V) Definir as classes e determinar suas as soluções ideais positiva e negativa;
- VI) Calcular as distâncias de cada alternativa i em relação as soluções ideais de cada classe e somá-las para obter as distâncias totais (Eq. 4.3 e Eq. 4.4);

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{1}{3} \left[(l_{ij} - l_{v_{pj}^+})^2 + (m_{ij} - m_{v_{pj}^+})^2 + (u_{ij} - u_{v_{pj}^+})^2 \right]} \quad (\text{Eq. 4.3})$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{1}{3} \left[(l_{ij} - l_{v_{pj}^-})^2 + (m_{ij} - m_{v_{pj}^-})^2 + (u_{ij} - u_{v_{pj}^-})^2 \right]} \quad (\text{Eq. 4.4})$$

- VII) Calcular o coeficiente de proximidade de cada alternativa i , em cada classe, por meio da Equação 4.5.

$$CC_i^p = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)} \quad (\text{Eq. 4.5})$$

- VIII) Com base nos coeficientes calculados, identificar a classe de pertencimento de cada alternativa.

3.3 Breve Resumo do Capítulo

Este capítulo classificou a pesquisa em relação a seus variados critérios e apresentou os procedimentos metodológicos adotados em um fluxo de 04 etapas: levantamento da literatura, estruturação do método, análise multicritério e resultados. Cada etapa foi detalhada em uma seção do capítulo, com exceção da Etapa 04, que é contemplada no Capítulo 4.

A pesquisa prévia realizada por Mendes *et al.* (2023), sobre o ensino da eletrônica, faz parte da Etapa 01 – Levantamento da Literatura. Seus resultados mostraram divergências entre academia e mercado, e são um dos motivadores deste trabalho.

Na seção seguinte, sobre a Etapa 02 – Estruturação do Método, detalhou-se a construção do instrumento utilizado na pesquisa de campo, que foi composto por 15 questões, das quais 09 delas estão ligadas às três áreas chaves para a Educação 4.0 e, as outras 06, voltadas para a caracterização do público. A mesma seção ainda apresentou os enunciados das questões, os significados dos pontos da escala Likert utilizada em cada uma delas e, também, informações sobre processo de envio dos convites aos docentes e do período coleta de dados.

A Etapa 03 – Análise Multicritério foi tratada na última seção do capítulo. Nela, apresentou-se a técnica *Fuzzy TOPSIS Class*, seus principais conceitos e os passos definidos por Ferreira *et al.* (2018) para a sua aplicação, os quais foram seguidos neste trabalho.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A partir dos dados coletados na pesquisa (Anexo I), o Capítulo 4 trata da caracterização da amostra e do processamento pela técnica multicritério *Fuzzy TOPSIS Class*, exemplificando seus procedimentos passo a passo. Após a obtenção dos resultados, procederão as análises e discussões pertinentes. Este capítulo representa a Etapa 04 do fluxo de pesquisa apresentado anteriormente, na Figura 3.1.

4.1 Caracterização da amostra

Conforme mencionado, os docentes convidados possuem experiência em cargos de coordenação ou administrativo e atuam em áreas tecnológicas. Como pode ser observado na Figura 4.1, os respondentes possuem formação, predominantemente, nas áreas de Elétrica e Eletrônica, Informática e Mecânica. Dentre a áreas presentes na categoria denominada “Outras”, estão: telecomunicações, ciências sociais, economia, engenharia bioquímica, física, engenharia biotecnológica, química e engenharia cartográfica.

Com base na Figura 4.2, observa-se ainda uma formação robusta dos docentes que compõem a amostra, uma vez que mais de 90% deles possuem o título de Doutorado ou Mestrado.

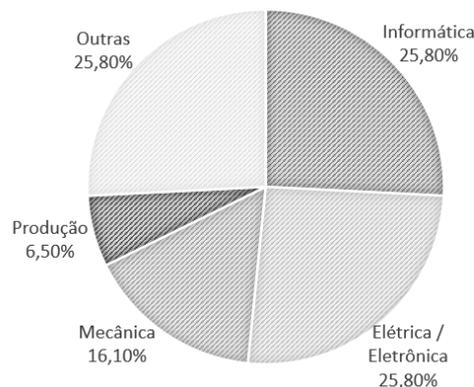


Figura 4.1 – Principal área de formação dos 31 respondentes.
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

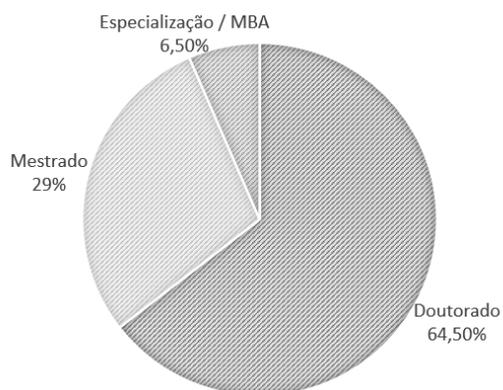


Figura 4.2 – Nível de formação mais alto dos 31 respondentes.
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Complementarmente, além da experiência administrativa, vale destacar que o perfil do respondente desta pesquisa tem ampla experiência acadêmica e, também, vivência fora dela. Os dados apresentam que 96,8% são docentes a pelo menos 7 anos e 51,6% possuem 4 anos ou mais anos trabalhados fora do ambiente acadêmico. A faixa etária da maioria, entre 45 e 64, reforça este perfil experiente do público participante. Estes dados estão retratados nas Figuras 4.3, 4.4 e 4.5.

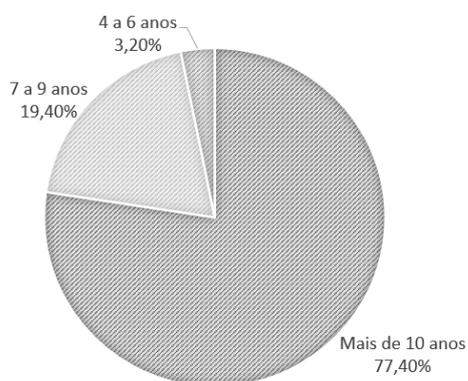


Figura 4.3 – Tempo de atuação dos 31 respondentes na função de docente.
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

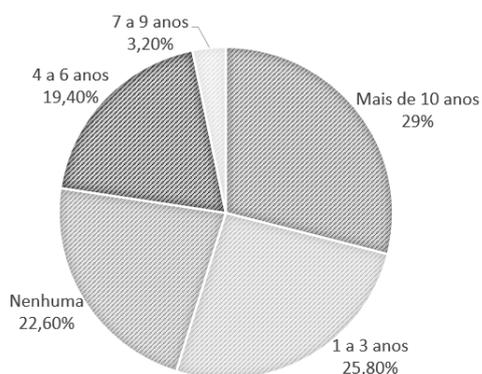


Figura 4.4 – Experiência profissional dos 31 respondentes fora da academia.
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

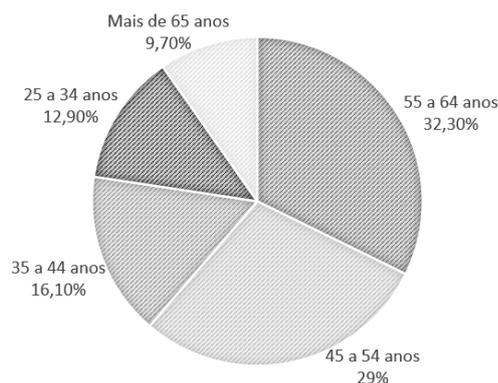


Figura 4.5 – Faixa etária dos 31 respondentes.
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Pela Figura 4.6, também é possível verificar que 64,5% das instituições de ensino, que os docentes atuam, ofertam cursos superiores a 15 anos ou mais. Tendo em vista que esta pesquisa tem como alvo as instituições de ensino superior, este dado traz robustez a coleta de dados realizada neste trabalho. Pois, indica que as instituições participantes têm experiência com cursos superiores e uma base relevante de informações para contribuir com esta pesquisa. Vale lembrar também que este item da pesquisa será o fato ponderador da análise multicritério – *Fuzzy TOPSIS Class*.

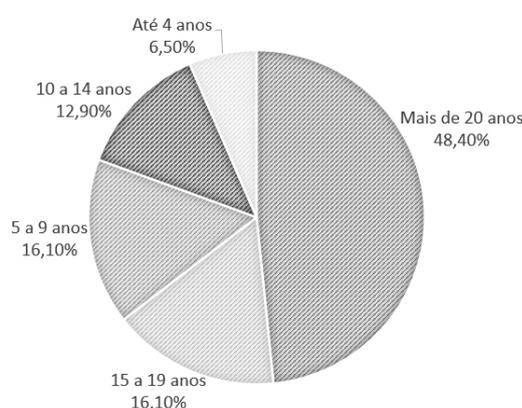


Figura 4.6 – Tempo em que a IES do respondente possui um ou mais cursos superiores.
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

4.2 Análise e Discussões – *Fuzzy TOPSIS Class*

O processamento dos dados pela técnica multicritério - *Fuzzy TOPSIS Class* seguiu os passos apresentados anteriormente, na Seção 3.2.3, conforme recomendação de Ferreira *et al.* (2018), iniciando pela estruturação do problema e respectivas definições (critério, alternativas, termos, classes, entre outros.) e, posterior, construção da matriz de julgamentos.

Neste estudo, o critério que será analisado e classificado pela técnica FTC é a “presença” da Educação 4.0 nas alternativas avaliadas. O que a técnica denomina de alternativas, são aqui as 09 questões do questionário (Q1.1 a Q3.3, do Quadro 3.2).

Os Quadros 4.1 e 4.2 demonstram os termos que serão utilizados. Note que o Quadro 4.1, demonstra a vinculação de cada ponto da escala Likert ao seu respectivo termo e, assim, é possível fazer também a associação destes termos com o apresentado nos Quadros 3.3, 3.4 e 3.5.

Quadro 4.1 – Termos linguísticos utilizados para as alternativas da FTC.

Escala Likert	Termos linguísticos para as alternativas	N° Fuzzy triangular		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
1	A Educação 4.0 não se mostra presente na descrição apresentada.	0	0	2,5
2	A Educação 4.0 está fracamente presente na descrição apresentada.	0	2,5	5
3	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.	2,5	5	7,5
4	A Educação 4.0 está presente na descrição apresentada.	5	7,5	10
5	A Educação 4.0 está intensamente presente na descrição apresentada.	7,5	10	10

Fonte: Próprio autor (2024).

Quadro 4.2 – Termos linguísticos utilizados na ponderação da FTC.

Termos linguísticos para a ponderação	N° Fuzzy triangular		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Capacidade mínima de inferir sobre o item questionado - MI	0,2	0,2	0,4
Capacidade baixa de inferir sobre o item questionado - BX	0,2	0,4	0,6
Capacidade média de inferir sobre o item questionado - MD	0,4	0,6	0,8
Capacidade alta de inferir sobre o item questionado - AT	0,6	0,8	1
Capacidade muito alta de inferir sobre o item questionado - MA	0,8	1	1

Fonte: Próprio autor (2024).

A matriz apresentada no Quadro 4.3 foi construída com base no banco de dados obtido da pesquisa de campo com docentes. As respostas coletadas dos 31 respondentes (R1 a R31) para cada uma das 09 questões (Q1.1 a Q3.3) utilizaram uma escala Likert de 1 a 5, as quais são convertidas de acordo com os termos linguísticos definidos e seus respectivos números *Fuzzy*.

Quadro 4.3 – Matriz de julgamentos da FTC.

Matriz de julgamentos (em escala Likert)					→	Matriz de julgamentos (convertida em números <i>Fuzzy</i> triangulares)									
	R1	R2	...	R31		R1			R2			...	R31		
						<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	...	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Q1.1	1	3	...	4	Q1.1	0	0	2,5	2,5	5	7,5	...	5	7,5	10
Q1.2	1	2	...	5	Q1.2	0	0	2,5	0	2,5	5	...	7,5	10	10
Q1.3	1	3	...	4	Q1.3	0	0	2,5	2,5	5	7,5	...	5	7,5	10
Q2.1	2	4	...	4	Q2.1	0	2,5	5	5	7,5	10	...	5	7,5	10
Q2.2	1	2	...	4	Q2.2	0	0	2,5	0	2,5	5	...	5	7,5	10
Q2.3	2	2	...	5	Q2.3	0	2,5	5	0	2,5	5	...	7,5	10	10
Q3.1	2	3	...	4	Q3.1	0	2,5	5	2,5	5	7,5	...	5	7,5	10
Q3.2	2	2	...	4	Q3.2	0	2,5	5	0	2,5	5	...	5	7,5	10
Q3.3	1	2	...	3	Q3.3	0	0	2,5	0	2,5	5	...	2,5	5	7,5

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Para normalizar a matriz (Quadro 4.3), utiliza-se o critério de benefício, pois todas as alternativas são avaliadas pela mesma escala e a maior nota representa a melhor situação. A seguir, com base na Eq. 4.1, está representado o cálculo realizado para a normalização dos valores referentes a questão Q1.1 do respondente R1. Verifica-se que os valores de *l*, *m* e *u*, são divididos pelo maior valor de *u*, que no caso de R1 é 5.

$$r_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right) = \left(\frac{0}{5}, \frac{0}{5}, \frac{2,5}{5} \right) = (0, 0, 0,5)$$

Ao efetuar estes cálculos para toda a matriz, obtém-se a sua versão normalizada apresentada no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Matriz de julgamentos da FTC, normalizada.

Matriz de julgamentos normalizada										
	R1			R2			...	R31		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	...	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Q1.1	0,00	0,00	0,50	0,25	0,50	0,75	...	0,50	0,75	1,00
Q1.2	0,00	0,00	0,50	0,00	0,25	0,50	...	0,75	1,00	1,00
Q1.3	0,00	0,00	0,50	0,25	0,50	0,75	...	0,50	0,75	1,00
Q2.1	0,00	0,50	1,00	0,50	0,75	1,00	...	0,50	0,75	1,00
Q2.2	0,00	0,00	0,50	0,00	0,25	0,50	...	0,50	0,75	1,00
Q2.3	0,00	0,50	1,00	0,00	0,25	0,50	...	0,75	1,00	1,00
Q3.1	0,00	0,50	1,00	0,25	0,50	0,75	...	0,50	0,75	1,00
Q3.2	0,00	0,50	1,00	0,00	0,25	0,50	...	0,50	0,75	1,00
Q3.3	0,00	0,00	0,50	0,00	0,25	0,50	...	0,25	0,50	0,75

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O Quadro 4.5 mostra os cinco níveis (pesos) definidos para medir a capacidade de cada participante de inferir sobre os itens do questionário. Como informado na Seção 3.2.2.1, ressalta-se que a medição da capacidade de inferir se deu com base nas respostas fornecidas

na questão Q3.3, que informa quanto tempo a IES possui cursos superiores em áreas tecnológicas. O Quadro 4.2 informa os valores correspondentes.

Quadro 4.5 – Ponderação da FTC.

Termos linguísticos para a ponderação	Respostas questionário
Capacidade mínima de inferir sobre o item questionado – MI	Até 4 anos
Capacidade baixa de inferir sobre o item questionado – BX	5 a 9 anos
Capacidade média de inferir sobre o item questionado – MD	10 a 14 anos
Capacidade alta de inferir sobre o item questionado – AT	15 a 19 anos
Capacidade muito alta de inferir sobre o item questionado – MA	Mais de 20 anos

Fonte: Próprio autor (2024).

A resposta do respondente R1 a esta questão foi “15 a 19 anos” e, portanto, o peso atribuído a ela é AT (capacidade alta de inferir, representando $l=0,6$, $m=0,8$ e $u=1$). Para realizar a ponderação, multiplica-se as respostas dos respondentes pelos respectivos pesos atribuídos. A seguir é apresentado o procedimento realizado para Q1.1 de R1 e, no Quadro 4.6, a matriz normalizada e ponderada obtida:

Resultado ponderado = resposta Q1.1 ($l=0$, $m=0$ e $u=0,5$) x peso ($l=0,6$, $m=0,8$ e $u=1$)

Resultado ponderado = ($l=0$, $m=0$ e $u=0,5$)

Quadro 4.6 – Matriz de julgamentos da FTC, normalizada e ponderada.

Matriz de julgamentos normalizada e ponderada										
	R1			R2			...	R31		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Q1.1	0,00	0,00	0,50	0,15	0,40	0,75	...	0,40	0,75	1,00
Q1.2	0,00	0,00	0,50	0,00	0,20	0,50	...	0,60	1,00	1,00
Q1.3	0,00	0,00	0,50	0,15	0,40	0,75	...	0,40	0,75	1,00
Q2.1	0,00	0,40	1,00	0,30	0,60	1,00	...	0,40	0,75	1,00
Q2.2	0,00	0,00	0,50	0,00	0,20	0,50	...	0,40	0,75	1,00
Q2.3	0,00	0,40	1,00	0,00	0,20	0,50	...	0,60	1,00	1,00
Q3.1	0,00	0,40	1,00	0,15	0,40	0,75	...	0,40	0,75	1,00
Q3.2	0,00	0,40	1,00	0,00	0,20	0,50	...	0,40	0,75	1,00
Q3.3	0,00	0,00	0,50	0,00	0,20	0,50	...	0,20	0,50	0,75

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

As três classes definidas (Quadro 4.7) foram: Esperado, Regular e Inaceitável. E, com base no ponto de vista dos pesquisadores, foram atribuídos os cenários que as classes representarão. Tendo em vista que a própria Indústria 4.0 ainda está em processo de transformação, é de se esperar o mesmo para a educação, desta forma, note que a classe Esperado foi colocada como “A Educação 4.0 está presente na descrição apresentada”, que não representa a melhor situação possível. No Quadro 4.8 são apresentados os números *Fuzzy* correspondentes aos cenários definidos, aplicados a cada respondente.

Quadro 4.7 – Definição das classes da FTC.

Classes	R1 a R31 (cenário indicado pelos pesquisadores)
Esperado	A Educação 4.0 está presente na descrição apresentada.
Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Inaceitável	A Educação 4.0 não se mostra presente na descrição apresentada.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.8 – Classes da FTC e seus respectivos números *Fuzzy*.

Classes e respectivos n ^o s <i>Fuzzy</i> (cenário indicado pelos pesquisadores)										
Classes	R1			R2			...	R31		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Esperado	5	7,5	10	5	7,5	10	...	5	7,5	10
Regular	2,5	5	7,5	2,5	5	7,5	...	2,5	5	7,5
Inaceitável	0	0	2,5	0	0	2,5	...	0	0	2,5

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na sequência, repetindo os procedimentos explicados anteriormente, realiza-se a normalização e ponderação destes cenários esperados para a obtenção dos Quadros 4.9 e 4.10. Como foi visto, na normalização, os valores são divididos pelo valor *u* máximo dado por cada respondente (Quadro 4.3) e, na ponderação, os valores são multiplicados pelo peso atribuído ao respondente.

Quadro 4.9 – Classes da FTC, normalizadas.

Classes normalizadas										
Classes	R1			R2			...	R31		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Esperado	1	1,5	2	0,5	0,75	1	...	0,5	0,75	1
Regular	0,5	1	1,5	0,25	0,5	0,75	...	0,25	0,5	0,75
Inaceitável	0	0	0,5	0	0	0,25	...	0	0	0,25

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.10 – Classes da FTC, normalizadas e ponderadas.

Classes normalizadas e ponderadas										
Classes	R1			R2			...	R31		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Esperado	0,6	1,2	2	0,3	0,6	1	...	0,4	0,75	1
Regular	0,3	0,8	1,5	0,15	0,4	0,75	...	0,2	0,5	0,75
Inaceitável	0	0	0,5	0	0	0,25	...	0	0	0,25

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Após a normalização e ponderação das classes, é possível definir as soluções ideais positivas e negativas de cada uma delas (vide Quadro 4.11). A solução ideal positiva de uma classe representa a situação mais aderente a ela, enquanto a ideal negativa representa a situação que mais se afasta (menos aderente) da classe em análise.

Por exemplo, analisando a classe Inaceitável vemos que a solução mais aderente a ela é a própria Inaceitável, por isso, em R1, estão os valores $l=0$, $m=0$ e $u=0,5$ como solução ideal positiva. A situação menos aderente é a Esperado, portanto, em R1, estão como solução ideal positiva os valores $l=0,6$, $m=1,2$ e $u=2$.

Quadro 4.11 – Soluções ideais positivas e negativas de cada classe da FTC.

Soluções ideais positivas e negativas											
Classes	Soluções	R1			R2			...	R31		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	...	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Esperado	+	0,6	1,2	2	0,3	0,6	1	...	0,4	0,75	1
	-	0	0	0,5	0	0	0,25	...	0	0	0,25
Regular	+	0,3	0,8	1,5	0,15	0,4	0,75	...	0,2	0,5	0,75
	-	0	0	0,5	0	0	0,25	...	0	0	0,25
Inaceitável	+	0	0	0,5	0	0	0,25	...	0	0	0,25
	-	0,6	1,2	2	0,3	0,6	1	...	0,4	0,75	1

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na sequência, iniciam-se as obtenções das distâncias de cada alternativa em relação as soluções ideais de cada classe. Para tanto são utilizados os valores encontrados na matriz julgamentos normalizada e ponderada. Seguindo o método dos exemplos anteriores, são apresentados os cálculos utilizados para Q1.1 de R1, os quais são:

Cálculo da distância D_i^+ (classe Esperado)

$$D_i^+ = \sqrt{\frac{1}{3} \left[(l_{ij} - l_{v_{pj}^+})^2 + (m_{ij} - m_{v_{pj}^+})^2 + (u_{ij} - u_{v_{pj}^+})^2 \right]}$$

$$D^+ = \sqrt{\frac{1}{3} [(0 - 0,6)^2 + (0 - 1,2)^2 + (0,5 - 2)^2]}$$

$$D_i^+ = 1,162$$

Cálculo da distância D_i^- (classe Esperado)

$$D_i^- = \sqrt{\frac{1}{3} \left[(l_{ij} - l_{v_{pj}^-})^2 + (m_{ij} - m_{v_{pj}^-})^2 + (u_{ij} - u_{v_{pj}^-})^2 \right]}$$

$$D^- = \sqrt{\frac{1}{3} [(0 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0,5 - 0,5)^2]}$$

$$D_i^- = 0$$

Desta mesma forma, calculam-se as distâncias para todos os respondentes (R1 a R31) e, ao final, somam-se os valores encontrados para obter o valor total. Os resultados obtidos estão nos quadros do intervalo de 4.12 a 4.17.

Quadro 4.12 – Distâncias D_i^+ da classe Esperado.

Distâncias D_i^+ (classe Esperado)					
	R1	R2	...	R31	Total
Q1.1	1,162	0,204	...	0,000	8,433
Q1.2	1,162	0,408	...	0,185	9,562
Q1.3	1,162	0,204	...	0,000	9,133
Q2.1	0,816	0,000	...	0,000	7,423
Q2.2	1,162	0,408	...	0,000	9,695
Q2.3	0,816	0,408	...	0,185	10,107
Q3.1	0,816	0,204	...	0,000	9,952
Q3.2	0,816	0,408	...	0,000	9,887
Q3.3	1,162	0,408	...	0,235	11,668

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.13 – Distâncias D_i^- da classe Esperado.

Distâncias D_i^- (classe Esperado)					
	R1	R2	...	R31	Total
Q1.1	0,000	0,380	...	0,654	11,756
Q1.2	0,000	0,185	...	0,801	10,999
Q1.3	0,000	0,380	...	0,654	11,849
Q2.1	0,370	0,581	...	0,654	13,128
Q2.2	0,000	0,185	...	0,654	10,981
Q2.3	0,370	0,185	...	0,801	10,689
Q3.1	0,370	0,380	...	0,654	10,567
Q3.2	0,370	0,185	...	0,654	10,376
Q3.3	0,000	0,185	...	0,424	8,528

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.14 – Distâncias D^+ da classe Regular.

Distâncias D^+ (classe Regular)					
	R1	R2	...	R31	Total
Q1.1	0,759	0,000	...	0,235	5,480
Q1.2	0,759	0,204	...	0,397	7,021
Q1.3	0,759	0,000	...	0,235	7,182
Q2.1	0,408	0,204	...	0,235	5,507
Q2.2	0,759	0,204	...	0,235	5,687
Q2.3	0,408	0,204	...	0,397	6,811
Q3.1	0,408	0,000	...	0,235	6,210
Q3.2	0,408	0,204	...	0,235	5,651
Q3.3	0,759	0,204	...	0,000	6,966

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.15 – Distâncias D^- da classe Regular.

Distâncias D^- (classe Regular)					
	R1	R2	...	R31	Total
Q1.1	0,000	0,380	...	0,654	11,756
Q1.2	0,000	0,185	...	0,801	10,999
Q1.3	0,000	0,380	...	0,654	11,849
Q2.1	0,370	0,581	...	0,654	13,128
Q2.2	0,000	0,185	...	0,654	10,981
Q2.3	0,370	0,185	...	0,801	10,689
Q3.1	0,370	0,380	...	0,654	10,567
Q3.2	0,370	0,185	...	0,654	10,376
Q3.3	0,000	0,185	...	0,424	8,528

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.16 – Distâncias D^+ da classe Inaceitável.

Distâncias D^+ (classe Inaceitável)					
	R1	R2	...	R31	Total
Q1.1	0,000	0,380	...	0,654	11,756
Q1.2	0,000	0,185	...	0,801	10,999
Q1.3	0,000	0,380	...	0,654	11,849
Q2.1	0,370	0,581	...	0,654	13,128
Q2.2	0,000	0,185	...	0,654	10,981
Q2.3	0,370	0,185	...	0,801	10,689
Q3.1	0,370	0,380	...	0,654	10,567
Q3.2	0,370	0,185	...	0,654	10,376
Q3.3	0,000	0,185	...	0,424	8,528

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.17 – Distâncias D^- da classe Inaceitável.

Distâncias D^- (classe Inaceitável)					
	R1	R2	...	R31	Total
Q1.1	1,162	0,204	...	0,000	8,433
Q1.2	1,162	0,408	...	0,185	9,562
Q1.3	1,162	0,204	...	0,000	9,133
Q2.1	0,816	0,000	...	0,000	7,423
Q2.2	1,162	0,408	...	0,000	9,695
Q2.3	0,816	0,408	...	0,185	10,107
Q3.1	0,816	0,204	...	0,000	9,952
Q3.2	0,816	0,408	...	0,000	9,887
Q3.3	1,162	0,408	...	0,235	11,668

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Por fim, utilizando as distâncias totais podemos calcular o coeficiente de proximidade (Eq. 4.5) das alternativas. Os coeficientes destacados no Quadro 4.18 são os que apresentam maior valor para cada alternativa, os quais indicam a classe que as representam.

$$CC_i^p = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)}$$

Quadro 4.18 – Resultado da classificação da FTC com base nos coeficientes calculados.

	Classe Esperado	Classe Regular	Classe Inaceitável
Q1.1	0,582	0,682	0,418
Q1.2	0,535	0,610	0,465
Q1.3	0,565	0,623	0,435
Q2.1	0,639	0,704	0,361
Q2.2	0,531	0,659	0,469
Q2.3	0,514	0,611	0,486
Q3.1	0,515	0,630	0,485
Q3.2	0,512	0,647	0,488
Q3.3	0,422	0,550	0,578

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Observa-se que a alternativa Q3.3 foi classificada como Inaceitável e todas as outras estão classificadas como Regular. Analisando os significados das classes, estipuladas pelos pesquisadores no início da análise, conforme Quadro 4.7, temos que para Q3.3 a situação relatada pelos docentes é “A Educação 4.0 não se mostra presente na descrição apresentada” e para as demais a situação é “A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada”.

No Quadro 4.19, é possível revisitar a estrutura e os enunciados do instrumento de pesquisa mostrados anteriormente (Quadro 3.2) e verificar as classificações e os resultados obtidos da análise com *Fuzzy TOPSIS Class* (FTC).

Quadro 4.19 – Resultados da análise.

Questões analisadas pelos docentes na pesquisa		Classificação (FTC)	Resultado da análise
Área 01: Novos mecanismos de avaliação			
Q1.1:	Eficiência dos mecanismos de avaliação do processo de ensino-aprendizagem de sua instituição para a Educação 4.0, que permitam mensurar a pertinência dos currículos formativos e a aquisição de competências.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Q1.2:	Contribuição dos dados e resultados obtidos nas avaliações de ensino-aprendizagem da Educação 4.0 em sua instituição, para melhorias no processo e embasamento de tomadas de decisão.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Q1.3:	Relevância e pertinência das habilidades e competências na avaliação do processo de ensino-aprendizagem da Educação 4.0 em sua instituição.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Área 02: Novas tecnologias de aprendizagem			
Q2.1:	Adequação das tecnologias, recursos e equipamentos disponíveis nas salas, laboratórios e demais ambientes de sua instituição para a Educação 4.0.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Q2.2:	Utilização em aula das tecnologias disponíveis para a Educação 4.0.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Q2.3:	A tecnologia que auxilia o professor em suas aulas permite uma aprendizagem individualizada, considerando os pontos fortes e fracos de cada aluno.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Área 03: Capacitação da força de trabalho da educação			
Q3.1:	Preparo dos docentes em relação a parte técnica e competências necessárias para a Educação 4.0.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Q3.2:	Preparo dos docentes para a Educação 4.0 em relação a aspectos pedagógicos e metodológicos, ou seja, se dominam as práticas pedagógicas inovadoras e/ou metodologias ativas de ensino.	Regular	A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada.
Q3.3:	Valorização do docente em relação a remuneração e suporte administrativo necessário para o desempenho de sua atividade.	Inaceitável	A Educação 4.0 não se mostra presente na descrição apresentada

Fonte: Próprio autor (2024).

Como pode ser observado, a classificação Inaceitável da questão Q3.3 se refere a “Valorização do docente em relação a remuneração e suporte administrativo necessário para o

desempenho de sua atividade.”, que pertence a Área 03: Capacitação da força de trabalho da educação.

Esta classificação de Q3.3 é preocupante, pois remuneração e falta de apoio administrativo são aspectos diretamente ligados a parte motivacional do docente. E ainda, a falta de apoio administrativo, pode significar que a instituição não dê a devida importância aos profissionais nesta transformação do cenário educacional ou, também, que não tenha compreendido seu papel de prover as condições necessárias para que a atualização ocorra.

Observe também que as outras duas questões da Área 03, Q3.1 e Q3.2, se referem, respectivamente, ao “Preparo dos docentes em relação a parte técnica e competências necessárias para a Educação 4.0” e ao “Preparo dos docentes para a Educação 4.0 em relação a aspectos pedagógicos e metodológicos, ou seja, se dominam as práticas pedagógicas inovadoras e/ou metodologias ativas de ensino”. Para ambas, as classificações foram Regular.

Embora seja Q3.3 o fator crítico da Área 03, a classificação de Regular para Q3.1 e Q3.2 representa que “A Educação 4.0 está moderadamente presente na descrição apresentada” e, portanto, são quesitos que se mostram abaixo do esperado. Pois, vale lembrar, que a classe Esperado não representa a melhor situação que, conforme Quadro 4.1, seria “A Educação 4.0 está intensamente presente na descrição apresentada”.

Em relação as Áreas 01 (Novos mecanismos de avaliação) e 02 (Novas tecnologias de aprendizagem), as seis questões vinculadas a elas foram classificadas como Regular na visão dos docentes, o que evidencia certa deficiência nestes aspectos.

Analisando as questões pertencentes a Área 02, é possível perceber que faltam recursos tecnológicos e equipamentos adequados para a Educação 4.0, o que reflete um problema de infraestrutura das IES. E, por meio de Q2.1, nota-se que os poucos recursos disponíveis acabam sendo utilizados de forma básica ou insuficiente. Tal aspecto pode ter relação com a falta de preparo docente constatada na Área 03.

Pelas classificações da Área 01, verifica-se que pouco se avalia em termos de competência e que os currículos formativos precisam ser repensados e, ainda, que os resultados das avaliações de ensino-aprendizagem têm pouca relevância nas tomadas de decisão das instituições e na reflexão sobre as práticas de ensino.

Portanto, vemos que, de forma geral, as IES públicas do estado de São Paulo se mostram em um estágio considerado regular pelos docentes pesquisados, do ponto de vista da aderência às áreas chaves para a Educação 4.0. Com exceção da questão Q3.3, que carece de mudanças mais urgentes, todos os outros aspectos precisam ser melhorados.

4.2.1 Ajuste de sensibilidade

Como mencionado, o tempo em que a IES do respondente possui curso superior determinou a sua capacidade de inferir sobre os itens questionados e, no processamento dos dados pela técnica FTC, adotou-se a ponderação mostrada no Quadro 4.5. Conforme informado neste quadro, apenas os respondentes que atuam nas instituições que contenham curso superior por mais de 20 anos terão o peso máximo em suas respostas, o que representa 48,40% da amostra desta pesquisa (Figura 4.6).

A fim de se verificar a sensibilidade da classificação obtida em relação a ponderação adotada, serão propostos dois novos cenários, considerados mais brandos que o anterior, pois elevarão a capacidade de inferir de alguns respondentes. No Cenário 1, o maior peso será dado aos respondentes de IES com curso superior por 15 anos ou mais e, no Cenário 2, para aquelas com cursos por 10 anos ou mais. Os resultados de cada cenário podem ser verificados nos Quadros 4.20 e 4.21.

Quadro 4.20 – Resultados da FTC para o Cenário 1.

	Classe Esperado	Classe Regular	Classe Inaceitável
Q1.1	0,576	0,677	0,424
Q1.2	0,528	0,605	0,472
Q1.3	0,559	0,619	0,441
Q2.1	0,635	0,700	0,365
Q2.2	0,526	0,654	0,474
Q2.3	0,509	0,607	0,491
Q3.1	0,513	0,629	0,487
Q3.2	0,509	0,645	0,491
Q3.3	0,417	0,546	0,583

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 4.21 – Resultados da FTC para o Cenário 2.

	Classe Esperado	Classe Regular	Classe Inaceitável
Q1.1	0,579	0,678	0,421
Q1.2	0,527	0,602	0,473
Q1.3	0,559	0,622	0,441
Q2.1	0,641	0,705	0,359
Q2.2	0,531	0,656	0,469
Q2.3	0,512	0,613	0,488
Q3.1	0,524	0,636	0,476
Q3.2	0,509	0,644	0,491
Q3.3	0,418	0,546	0,582

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Se comparados ao resultado apresentado inicialmente, no Quadro 4.18, observa-se que as classificações permanecem as mesmas para qualquer cenário, o que reforça o resultado obtido originalmente, endossa a maturidade dos respondentes como conhecedores da temática e demonstra a estabilidade do cenário retratado.

4.3 Breve Resumo do Capítulo

O Capítulo 4 apresentou processo de aplicação da técnica FTC que permitiu classificar as IES do Estado de São Paulo em relação as variáveis pesquisadas. Os resultados obtidos fornecem os insumos necessários para responder ao problema de pesquisa proposto e, assim, proceder com as conclusões e encerramento do trabalho no próximo capítulo.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo objetiva concluir a pesquisa, verificando se os objetivos estabelecidos foram atingidos. Também serão feitas as considerações finais, as menções das limitações que o trabalho apresenta e serão sugeridas algumas propostas de trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

Todo desenvolvimento de pesquisa busca responder a um problema estabelecido e, para tanto, são traçados objetivos que norteiam o seu desenvolvimento. Assim, diante dos objetivos informados na Seção 1.5 e dos resultados apresentados no capítulo anterior, são estabelecidas as conclusões deste trabalho.

Do objetivo geral, verificou-se que o estágio de desenvolvimento da Educação 4.0 nas IES do Estado de São Paulo se apresenta em um nível considerado abaixo do esperado, com a maioria das variáveis classificadas como Regular. A exceção foi o quesito “Valorização do docente em relação a remuneração e suporte administrativo necessário para o desempenho de sua atividade”, que foi classificado como Inaceitável e, portanto, evidencia uma dificuldade premente.

Em relação aos objetivos específicos:

- a) A revisão da literatura permitiu identificar as características da Educação 4.0, os principais obstáculos e habilitadores para sua implementação e, também, as três áreas chaves apontadas pelo Fórum Econômico Mundial para seu desenvolvimento;
- b) Estruturou-se um instrumento de pesquisa pautado nas três áreas chaves apontadas pelos Fórum Econômico Mundial: Novos Mecanismos de Avaliação, Novas Tecnologias de Aprendizagem e Capacitação da Força de Trabalho. Os detalhes construtivos do instrumento foram contemplados na Seção 3.2.2.1;
- c) Para obtenção dos resultados, os dados coletados foram processados por meio da técnica *Fuzzy TOPSIS Class*, conforme recomendação de Ferreira *et al.* (2018). A aplicação da referida técnica foi apresentada na Seção 4.2;
- d) A atualização tecnológica dos laboratórios das IES pesquisadas foi contemplada no item Q2.1 do instrumento de pesquisa, e o preparo dos docentes, nos itens Q3.1 e Q3.2. Para estes três itens, a situação retratada pelos respondentes obteve a classificação Regular;

- e) Como apresentado no Quadro 4.19, os resultados permitiram a classificação das variáveis e a identificação das principais dificuldades das IES pesquisadas em relação a Educação 4.0.

Diante das análises realizadas e dos resultados obtidos, é possível verificar que a pesquisa cumpriu com o seu propósito de verificar o preparo das IES públicas do Estado de São Paulo para a Educação 4.0, na visão de seus docentes, bem como a identificação de suas principais dificuldades. Nas análises também estão incluídas, como esperado, a atualização tecnológica das infraestruturas das IES e o preparo dos docentes. Podemos, portanto, concluir que a pesquisa atingiu os seus objetivos.

Por fim, no que concerne a validade externa e a validade interna do constructo da pesquisa, cabe ressaltar que são atingidas. Isto se deve ao fato de Cooper e Schindler (2011) afirmarem que, a validade externa é alcançada quando o estudo tem garantida a replicabilidade do método para outros cenários; e ainda, que a validade interna reside na capacidade do método responder ao problema de pesquisa proposto.

5.2 Considerações Finais

As disparidades evidenciadas na área de eletrônica entre a academia e o mercado, na pesquisa de campo realizada por Mendes *et al.* (2023), ainda no momento do levantamento da literatura, sinalizavam para, dentre outras coisas, a necessidade de atualização dos docentes e da infraestrutura das instituições de ensino. Em consonância a isso também estão os achados na literatura, que apontam para o preparo do docente como um dos principais obstáculos para a Educação 4.0. O relatório do Fórum Econômico Mundial, inclusive, considera esta questão como uma área chave da Educação 4.0 (World Economic Forum, 2022).

É interessante observar, que isto também se confirma após o processamento dos dados pela técnica *Fuzzy TOPSIS Class*, tendo, inclusive, o quesito com a pior classificação da análise justamente na Área 03 (Capacitação da força de trabalho da educação). No entanto, apesar do principal obstáculo ser a valorização do docente em relação a remuneração e ao apoio administrativo, nenhum dos outros aspectos pesquisados está em condições satisfatórias e, portanto, podem ser considerados como dificuldades encontradas.

O docente também se inclui quando a literatura enfatiza a importância da mudança de mentalidade. Tal fato traz um aspecto humano, no qual podem estar envolvidos a história e a

cultura, onde a vivência de um professor pode refletir em sua forma de ensinar, travando a mudança necessária para se desenvolver a nova educação.

A literatura enfatiza ainda, a importância da sinergia entre governo, indústria e academia e de políticas governamentais pensadas para o sistema educacional da Quarta Revolução Industrial. Neste sentido, um aspecto relacionado a questão governamental que tem influência sobre os resultados encontrados, é a localização geográfica das instituições pesquisadas, no caso, o Estado de São Paulo, que é uma região brasileira privilegiada socioeconomicamente. Desta forma, é de se esperar que as regiões como, por exemplo, Norte e Nordeste, apresentem cenários de desenvolvimento da Educação 4.0 ainda mais atrasados.

Por fim, como mencionado nas discussões dos resultados (Capítulo 4), vale lembrar que a Indústria 4.0 no Brasil não se encontra no mesmo patamar de desenvolvimento que em países desenvolvidos. Diante disso, é natural que a academia também não se apresente com a Educação 4.0 plenamente desenvolvida.

Contudo, embora seja um processo de transformação que demande tempo, é preocupante apontamentos como o que foi trazido pela Confederação Nacional da Indústria – CNI, em seu relatório Sondagem Especial, de abril de 2022. Nele, é informado que as empresas colocam a falta de mão de obra qualificada como a principal barreira externa enfrentada por elas em relação a dificuldade de adoção de tecnologias digitais. Fatos como este, são indicativos de que as instituições de ensino brasileiras não estão suprimindo a demanda da indústria e podem, inclusive, se isto perdurar, contribuir para a desaceleração do desenvolvimento da Indústria 4.0 no país.

5.3 Limitações da Pesquisa

A pesquisa se restringiu as IES públicas do estado de São Paulo e, portanto, é uma limitação não poder ser generalizada de forma a refletir a situação das instituições privadas de ensino superior, ou mesmo, de instituições públicas ou privadas de outras regiões do Brasil. Também constitui uma limitação, o fato de se tratar de uma pesquisa de campo com docentes e que os resultados obtidos podem sofrer alterações a depender dos participantes. Outro ponto a destacar é que o cenário da pesquisa se encontra em constante transformação e que o resultado da pesquisa retrata o momento em que ela foi realizada. Por último, ressalta-se que o método FTC permite calibrações que podem variar conforme a visão dos pesquisadores envolvidos.

5.4 Propostas de Trabalhos Futuros

A partir das limitações e resultados apresentados são delineadas as três seguintes propostas de trabalhos futuros:

- a) Desenvolver novas pesquisas como esta, visando traçar o cenário evolutivo do setor educacional público do Estado de São Paulo, no que diz respeito as suas IES;
- b) Realizar um estudo exploratório com as IES privadas do Estado de São Paulo, com os mesmos objetivos e metodologia da presente pesquisa, e comparar os resultados com os do setor público;
- c) Desenvolver pesquisas que retratem o desenvolvimento da Educação 4.0 em IES públicas de outras regiões do Brasil.

Referências

- AKIMOV, N.; KURMANOV, N.; USKELENOVA, A.; AIDARGALIYEVA, N.; MUKHIYAYEVA, D.; RAKHIMOVA, S.; RAIMBEKOV, B.; UTEGENOVA, Z. *Components of education 4.0 in open innovation competence frameworks: Systematic review. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. Elsevier, v.9, 2023.
- ALMALKI, H. A.; DURUGBO, C. M. *Evaluating critical institutional factors of Industry 4.0 for education reform. Technological Forecasting & Social Change*, Elsevier, v.188, 2023.
- APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- BENAVIDES, L. M. C.; ARIAS, J. A. T.; SERNA, M. D. A.; BEDOYA, J. W. B.; BURGOS, D. *Digital transformation in higher education institutions: a systematic literature review. Sensors*, v.20, n.11, jun. 2020.
- BENESOVA, A.; TUPA, J. *Requirements for education and qualification of people in industry 4.0. Procedia Manufacturing*, v.11, p. 2195–2202, 2017.
- BONFIELD, C. A.; SALTER, M.; LONGMUIR, A.; BENSON, M.; ADACHI, C. *Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age. Higher Education Pedagogies*, v. 5, n. 1, p. 223-246, 2020.
- BORDEL, B.; ALCARRIA, R.; ROBLES, T. *Industry 4.0 paradigm on teaching and learning engineering. International Journal of Engineering Education*, v. 35, n. 4, p. 1018-1036, 2019.
- CHEN, C.T. *Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems*, v. 114, n. 1, pp. 1-9, 2000.
- COHEN, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Londres, U.K.: Routledge, 1988.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). *Indústria 4.0: Cinco anos depois. Sondagem Especial*. Brasília, 2022.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 784p.
- SOUZA, A. S. C.; DEBS, L. *Concepts, innovative technologies, learning approaches and trend topics in education 4.0: A scoping literature review. Social Sciences & Humanities Open*. Elsevier, v.9, 2024.
- EMBARCADOS. **Relatório da pesquisa sobre o mercado brasileiro de sistemas embarcados e IoT**. 2021. [Online]. Disponível em: <https://embarcados.com.br/relatorio-da-pesquisa-sobre-o-mercado-brasileiro-de-sistemas-embarcados-e-iot-2021/>. Acesso em: 30 ago. 2022.

FERREIRA, L.; BORENSTEIN, D.; RIGHI, M. B.; DE ALMEIDA FILHO, A. T. *A fuzzy hybrid integrated framework for portfolio optimization in private banking. Expert Systems with Applications*, v. 92, pp. 350-362, 2018.

GIL, C. A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2021.

GOH, P. S.; ABDUL-WAHAB, N. *Paradigms to drive higher education 4.0. International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. v. 19, n. 1, p. 159-171, jan. 2020.

GOLDIN, T.; RAUCH, E.; PACHER, C.; WOSCHANK, M. *Reference architecture for an integrated and synergetic use of digital tools in education 4.0. Procedia Computer Science*, v.200, p. 407-417, 2022.

GROUMPOS P. P. *A critical historical and scientific overview of all industrial revolutions, IFAC-PapersOnLine*, v. 54, n.13, p. 464-471, 2021.

HAIR JR, J. F.; BLACK, B.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L.; **Multivariate Data Analysis**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HIMMETOGLU, B.; AYDUG, D.; BAYRAK, C. *Education 4.0: Defining the teacher, the student, and the school manager aspects of the revolution. Turkish Online Journal of Distance Education*, v. 21, p. 12-28, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Índice de desenvolvimento humano. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/pesquisa/37/30255?tipo=ranking>. Acesso em: 16 abr. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de contas regionais: Brasil 2021. Rio de Janeiro. Contas Nacionais, n. 94. 2023.

LIMA JUNIOR, F. R., CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Revista Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, p. 17–34, 2015.

MALHOTRA, N. K.; NUNAN, D.; BIRKS, D. F. **Marketing Research: An Applied Approach**, 5 ed. London, U.K.: Pearson, 2017.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MATSUMOTO-ROYO, K.; RAMÍREZ-MONTOYA, M.S.; CONGET, P. *Opportunities to develop lifelong learning tendencies in practice-based teacher education: Getting ready for education 4.0. Future Internet*, v.13, n.11, p. 1-17, nov. 2021.

MENDES, E. G.; SIGAHI, T. F. A. C.; PINTO, J. d. S.; DA SILVA, D.; ANHOLON, R.; ADRIANO, J. D. *Teaching electronics in the context of industry 4.0: A survey on the brazilian scenario in the areas of reconfigurable logic and microcontrollers. IEEE Transactions on Education*, oct. 2023.

MIRANDA, J.; NAVARRETE, C.; NOGUEZ, J.; MOLINA-ESPINOSA, J.; RAMÍREZ-MONTOYA, M.; NAVARRO-TUCH, S. A.; BUSTAMANTE-BELLO, M.; José-Bernardo ROSAS-FERNÁNDEZ, J.; MOLINA, A. *The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education*. **Computers & Electrical Engineering**, v. 93, p. 1-13, jun. 2021.

RAMÍREZ-MONTOYA, M.S; LOAIZA-AGUIRRE, M. I.; ZÚÑIGA-OJEDA, A.; PORTUGUEZ-CASTRO, M. *Characterization of the teaching profile within the framework of education 4.0*. **Future Internet**, v.13, n.14, p. 1-17, apr. 2021.

SCHIELE, H.; BOS-NEHLES, A.; DELKE, V.; STEGMAIER, P.; TORN, R. J. *Interpreting the industry 4.0 future: technology, business, society and people*. **Journal of Business Strategy**, v. 43 n. 3, p. 157-167, 2022.

SIIVONEN, J.; POYSARI, S.; HAKAMAKI, A.; LANZ, M.; SALMINEN, K.; IJAS, M.; AHO, M.; NIEMINEN, H. *Reconfigurable pilot lines enabling industry digitalization: An approach for transforming industry and academia needs to requirements specifications*. **Procedia CIRP**, v.107, p. 1226-1231, 2022.

SHAHROOM, A. A.; HUSSIN, N. *Industrial revolution 4.0 and education*. **International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences**, v. 8, n. 9, p. 314-319, 2018.

THUN, S.; BAKAS, O.; STORHOLMEN, T. C. B. *Development and implementation processes of digitalization in engineer-to-order manufacturing: enablers and barriers*. **AI & Society**, v.37, p.725-743, 2022.

TREVIÑO-ELIZONDO, B.; GARCÍA-REYES, H. *What does industry 4.0 mean to industrial engineering education?*. **Procedia Computer Science**, v. 217, p. 876-885, 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Catalysing Education 4.0. Investing in the future of learning for a human-centric recovery**. Cologne/Genova. Switzerland: WE Forum, 2022. 35p.

APÊNDICE A – Questionário da Pesquisa

Pesquisa: A Educação 4.0 nas IES do Estado de São Paulo.	
Esta pesquisa se baseia no relatório “ <i>Catalysing Education 4.0</i> ” do Fórum Econômico Mundial, de maio de 2022, o qual destaca três áreas-chaves para a Educação 4.0.	
Estas áreas serão apresentadas em páginas diferentes deste questionário, cada uma delas contendo três questões para serem respondidas, totalizando apenas 09 questões.	
<p><u>Área 1:</u> Novos mecanismos de avaliação (questões 1.1, 1.2 e 1.3).</p> <p><u>Área 2:</u> Novas tecnologias de aprendizagem (questões 2.1, 2.2 e 2.3).</p> <p><u>Área 3:</u> Capacitação da força de trabalho da educação (questões 3.1, 3.2 e 3.3).</p>	
As respostas serão dadas utilizando uma escala de 1 a 5.	
Além das nove questões, há uma página adicional no questionário para caracterização do perfil do participante.	
Ciência das disposições do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE	
	Aceito participar da pesquisa.
	Não aceito participar da pesquisa.
Área 1 – Novos Mecanismos de Avaliação: Estes mecanismos se referem aos meios de avaliar a Educação 4.0 em sua instituição, ou seja, se os currículos formativos e as competências estão alinhadas com as expectativas do mercado da Indústria 4.0.	
Questão 1.1: Eficiência dos mecanismos de avaliação do processo de ensino-aprendizagem de sua instituição para a Educação 4.0, que permitam mensurar a pertinência dos currículos formativos e a aquisição de competências.	
1	Os mecanismos permitem uma avaliação INSUFICIENTE.
2	Os mecanismos permitem uma avaliação SUPERFICIAL.
3	Os mecanismos permitem uma avaliação BÁSICA.
4	Os mecanismos permitem uma avaliação ADEQUADA.
5	Os mecanismos permitem uma avaliação PLENAMENTE ADEQUADA.
Questão 1.2: Contribuição dos dados e resultados obtidos nas avaliações de ensino-aprendizagem da Educação 4.0 em sua instituição, para melhorias no processo e embasamento de tomadas de decisão.	
1	Os dados e resultados contribuem de forma INSUFICIENTE.
2	Os dados e resultados contribuem de forma SUPERFICIAL.
3	Os dados e resultados contribuem de forma BÁSICA.
4	Os dados e resultados contribuem de forma RELEVANTE.
5	Os dados e resultados contribuem de forma MUITO RELEVANTE.
Questão 1.3: Relevância e pertinência das habilidades e competências na avaliação do processo de ensino-aprendizagem da Educação 4.0 em sua instituição.	
1	Relevância e pertinência INSUFICIENTES.
2	Relevância e pertinência SUPERFICIAIS.
3	Relevância e pertinência BÁSICAS.
4	Relevância e pertinência ADEQUADAS.
5	Relevância e pertinência PLENAMENTE ADEQUADAS.
Área 2 – Novas tecnologias de aprendizagem: Tecnologias que permitam uma aprendizagem inclusiva e pedagogicamente inovadora, bem como, possibilitem aos alunos a sua inserção em ambientes próximos ao que encontrarão na Indústria 4.0. Tais tecnologias também permitem o desenvolvimento das habilidades e competências desejadas.	
Questão 2.1: Adequação das tecnologias, recursos e equipamentos disponíveis nas salas, laboratórios e demais ambientes de sua instituição para a Educação 4.0.	
1	Tecnologias e ambientes INADEQUADOS.
2	Tecnologias e ambientes POUCO ADEQUADOS.
3	Tecnologias e ambientes BÁSICOS.
4	Tecnologias e ambientes ADEQUADOS.
5	Tecnologias e ambientes PLENAMENTE ADEQUADOS.
Questão 2.2: Utilização em aula das tecnologias disponíveis para a Educação 4.0.	
1	As tecnologias PRATICAMENTE NÃO são utilizadas em aula.
2	As tecnologias são utilizadas em aula de forma INSUFICIENTE.
3	As tecnologias são utilizadas em aula de forma BÁSICA.
4	As tecnologias são utilizadas em aula de forma FREQUENTE.
5	As tecnologias são utilizadas em aula de forma MUITO FREQUENTE.
Questão 2.3: A tecnologia que auxilia o professor em suas aulas permite uma aprendizagem individualizada, considerando os pontos fortes e fracos de cada aluno.	
1	PRATICAMENTE NÃO permitem a aprendizagem individualizada.
2	Permitem a aprendizagem individualizada de forma INSUFICIENTE.
3	Permitem a aprendizagem individualizada de forma BÁSICA.
4	Permitem a aprendizagem individualizada de forma SUFICIENTE.
5	Permitem a aprendizagem individualizada de forma PLENAMENTE SUFICIENTE.
Área 3 – Capacitação da força de trabalho: Oportunizar aos educadores a formação nas competências necessárias, com vista a garantir que o ensino e os currículos reflitam as demandas do mercado da Indústria 4.0. Os educadores devem ter as competências digitais necessárias para permitir Educação 4.0.	

Questão 3.1: Preparo dos docentes em relação a parte técnica e competências necessárias para a Educação 4.0.		
1	Os docentes PRATICAMENTE NÃO estão preparados.	
2	Os docentes estão preparados de forma INSUFICIENTE.	
3	Os docentes preparados de forma BÁSICA.	
4	Os docentes estão preparados de forma ADEQUADA.	
5	Os docentes estão preparados de forma PLENAMENTE ADEQUADA.	
Questão 3.2: Preparo dos docentes para a Educação 4.0 em relação a aspectos pedagógicos e metodológicos, ou seja, se dominam as práticas pedagógicas inovadoras e/ou metodologias ativas de ensino.		
1	Os docentes PRATICAMENTE NÃO estão preparados.	
2	Os docentes estão preparados de forma INSUFICIENTE.	
3	Os docentes preparados de forma BÁSICA.	
4	Os docentes estão preparados de forma ADEQUADA.	
5	Os docentes estão preparados de forma PLENAMENTE ADEQUADA.	
Questão 3.3: Valorização do docente em relação a remuneração e suporte administrativo necessário para o desempenho de sua atividade.		
1	PRATICAMENTE NÃO são valorizados.	
2	Valorização INSUFICIENTE.	
3	Valorização BÁSICA.	
4	Valorização ADEQUADA.	
5	Valorização PLENAMENTE ADEQUADA.	
Perfil do participante		
Questão 4.1: Sua principal área de formação.		
	Elétrica/Eletrônica	Mecânica
	Automação	Informática
	Mecatrônica	Outros...
	Telecomunicações	
Questão 4.2: Seu nível de formação mais alto.		
	Doutorado	Especialização ou MBA
	Mestrado	Graduação
Questão 4.3: Qual sua experiência profissional fora da academia?		
	Nenhuma	7 a 9 anos
	1 a 3 anos	Mais de 10 anos
	4 a 6 anos	
Questão 4.4: Atua a quanto tempo como docente?		
	Nenhuma	7 a 9 anos
	1 a 3 anos	Mais de 10 anos
	4 a 6 anos	
Questão 4.5: Sua faixa etária.		
	Até 24 anos	45 a 54 anos
	25 a 34 anos	55 a 64 anos
	35 a 44 anos	Mais de 65 anos
Questão 4.6: Tempo em que sua instituição possui um ou mais cursos superiores em áreas tecnológicas, tais como: Elétrica, Automação, Mecatrônica, Mecânica, Telecomunicações, Informática e afins.		
	Até 4 anos	15 a 19 anos
	5 a 9 anos	Mais de 20 anos
	10 a 14 anos	

ANEXO I – Dados da Coleta de Percepção

Dados Coletados									
Respondentes	Área 1			Área 2			Área 3		
	Q1.1	Q1.2	Q1.3	Q2.1	Q2.2	Q2.3	Q3.1	Q3.2	Q3.3
R1	1	1	1	2	1	2	2	2	1
R2	3	2	3	4	2	2	3	2	2
R3	4	4	4	3	5	3	5	3	5
R4	3	2	4	3	2	2	2	3	4
R5	3	3	3	4	3	3	3	3	3
R6	1	1	1	1	1	3	1	1	4
R7	3	2	4	3	3	2	3	3	4
R8	4	3	4	3	3	3	2	2	4
R9	4	4	4	4	3	4	4	4	3
R10	2	2	2	2	1	1	1	1	1
R11	3	3	3	3	3	3	2	3	3
R12	1	1	1	4	3	3	3	3	2
R13	1	1	1	1	2	1	2	2	1
R14	3	3	3	4	4	3	3	3	3
R15	4	4	4	4	3	4	4	4	4
R16	3	3	3	2	2	2	2	2	1
R17	3	2	3	3	3	3	4	3	1
R18	2	2	1	2	2	1	1	2	1
R19	4	4	5	4	3	4	4	4	3
R20	3	4	4	4	3	4	3	3	2
R21	4	4	3	4	4	4	3	2	3
R22	4	4	5	5	5	5	4	4	2
R23	4	4	4	3	3	4	4	4	4
R24	2	1	2	3	2	2	3	1	2
R25	3	2	2	3	2	1	2	2	1
R26	4	4	3	4	4	4	3	3	3
R27	3	3	4	3	4	3	3	3	3
R28	4	4	5	4	4	3	5	4	4
R29	3	4	4	3	4	4	2	3	3
R30	3	4	4	3	3	3	3	3	3
R31	4	5	4	4	4	5	4	4	3

ANEXO II – Dados da Caracterização da Amostra

Dados Coletados						
	Q4.1: Sua principal área de formação.	Q4.2: Seu nível de formação mais alto.	Q4.3: Qual sua experiência profissional fora da academia?	Q4.4: Atua a quanto tempo como docente?	Q4.5: Sua faixa etária.	Q4.6: Tempo em que sua instituição possui um ou mais cursos superiores em áreas tecnológicas, tais como: Elétrica, Automação, Mecatrônica, Mecânica, Telecomunicações, Informática e afins.
R1	Elétrica/Eletrônica	Doutorado	4 a 6 anos	+ de 10 anos	35 a 44 anos	15 a 19 anos.
R2	Eng. de Produção	Doutorado	Nenhuma	+ de 10 anos	45 a 54 anos	15 a 19 anos.
R3	Informática	Mestrado	1 a 3 anos	7 a 9 anos	25 a 34 anos	5 a 9 anos.
R4	Mecânica	Doutorado	1 a 3 anos	7 a 9 anos	25 a 34 anos	Até 4 anos.
R5	Elétrica/Eletrônica	Doutorado	1 a 3 anos	+ de 10 anos	55 a 64 anos	+ de 20 anos.
R6	Mecânica	Especialização/MBA	4 a 6 anos	7 a 9 anos	25 a 34 anos	5 a 9 anos.
R7	Elétrica/Eletrônica	Doutorado	4 a 6 anos	+ de 10 anos	45 a 54 anos	+ de 20 anos.
R8	Elétrica/Eletrônica	Doutorado	Nenhuma	+ de 10 anos	+ de 65 anos	+ de 20 anos.
R9	Mecânica	Doutorado	1 a 3 anos	7 a 9 anos	35 a 44 anos	15 a 19 anos.
R10	Eng. Cartográfica	Doutorado	1 a 3 anos	+ de 10 anos	55 a 64 anos	+ de 20 anos.
R11	Produção	Doutorado	Nenhuma	+ de 10 anos	55 a 64 anos	+ de 20 anos.
R12	Química	Doutorado	+ de 10 anos	+ de 10 anos	55 a 64 anos	+ de 20 anos.
R13	Elétrica/Eletrônica	Doutorado	1 a 3 anos	+ de 10 anos	45 a 54 anos	15 a 19 anos.
R14	Eng. Biotecnológica	Doutorado	Nenhuma	+ de 10 anos	55 a 64 anos	15 a 19 anos.
R15	Física	Doutorado	Nenhuma	4 a 6 anos	25 a 34 anos	+ de 20 anos.
R16	Elétrica/Eletrônica	Doutorado	7 a 9 anos	+ de 10 anos	55 a 64 anos	+ de 20 anos.
R17	Eng. Bioquímica	Doutorado	Nenhuma	+ de 10 anos	35 a 44 anos	10 a 14 anos.
R18	Mecânica	Doutorado	Nenhuma	+ de 10 anos	55 a 64 anos	+ de 20 anos.
R19	Telecomunicações	Doutorado	1 a 3 anos	+ de 10 anos	45 a 54 anos	+ de 20 anos.
R20	Informática	Mestrado	1 a 3 anos	+ de 10 anos	45 a 54 anos	5 a 9 anos.
R21	Informática	Mestrado	4 a 6 anos	+ de 10 anos	35 a 44 anos	+ de 20 anos.
R22	Informática	Mestrado	+ de 10 anos	+ de 10 anos	45 a 54 anos	+ de 20 anos.
R23	Informática	Mestrado	4 a 6 anos	+ de 10 anos	55 a 64 anos	5 a 9 anos.
R24	Elétrica/Eletrônica	Doutorado	+ de 10 anos	7 a 9 anos	35 a 44 anos	10 a 14 anos.
R25	Informática	Doutorado	+ de 10 anos	+ de 10 anos	45 a 54 anos	+ de 20 anos.
R26	Elétrica/Eletrônica	Mestrado	+ de 10 anos	+ de 10 anos	55 a 64 anos	10 a 14 anos.
R27	Informática	Mestrado	+ de 10 anos	7 a 9 anos	45 a 54 anos	Até 4 anos.
R28	Mecânica	Doutorado	+ de 10 anos	+ de 10 anos	+ de 65 anos	10 a 14 anos.
R29	Economia	Mestrado	4 a 6 anos	+ de 10 anos	45 a 54 anos	+ de 20 anos.
R30	Ciências Sociais	Mestrado	+ de 10 anos	+ de 10 anos	55 a 64 anos	5 a 9 anos.
R31	Informática	Especialização/MBA	+ de 10 anos	+ de 10 anos	+ de 65 anos	+ de 20 anos.

ANEXO III – Artigo sobre o Ensino da Eletrônica

This article has been accepted for inclusion in a future issue of this journal. Content is final as presented, with the exception of pagination.

IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION

1

Teaching Electronics in the Context of Industry 4.0: A Survey on the Brazilian Scenario in the Areas of Reconfigurable Logic and Microcontrollers

Enzo Gaudino Mendes, Tiago F. A. C. Sigahi¹, Jefferson de Souza Pinto, Dirceu da Silva, Rosley Anholon, and José Domingos Adriano

Abstract—Contribution: This study contributes to understand the current state of electronics education in Brazil, comparing it with market demand for professionals in the context of Industry 4.0 (I4.0). This study can be used to improve and update education programs and disciplines, as well as to assess whether the graduate's profile is aligned with the needs of Brazilian industries.

Background: The effects of I4.0 have created an industrial environment that requires new professional skills and knowledge. Electronics was one of the most affected industries, mainly due to the rise of the Internet of Things (IoT). To prepare professionals to act in this new environment, technological education must be constantly updated.

Research Questions: How are educational institutions preparing to teach electronics, particularly reconfigurable logic and microcontrollers, in the context of I4.0 and IoT? How does professional education in the field of electronics in Brazil align with market demands?

Methodology: To collect and analyze data for this study, survey and multivariate analysis techniques (discriminant, exploratory factorial, and multidimensional scaling) were used. The sample included 89 Brazilian university professors who teach digital systems and have academic backgrounds in electrical, electronics,

or related fields. Data from the survey and Brazilian industries were used in joint analyses.

Findings: The lack of material in Portuguese for reconfigurable logic and laboratory preparation for IoT training are among the most critical factors in the Brazilian scenario. Despite the fact that professors consider logic is important for students' technical training, 34.8% reported that it is not taught in their institutions. The reality of educational institutions in terms of laboratories for the I4.0 was rated zero (worst level of evaluation on a scale from zero to ten) by 14.6% of respondents.

Index Terms—Electronics, embedded systems, FPGA, Industry 4.0, Internet of Things (IoT), microcontrollers, technological education.

I. INTRODUCTION

OVER the past years, the continuous advancements in technology have prompted organizations, including industries and Higher Education Institutions (HEIs), to adapt and evolve in order to thrive [1], [2]. The Fourth Industrial Revolution, commonly known as Industry 4.0 (I4.0), has emerged as the prevailing paradigm, necessitating organizations to comprehend and adjust to the sweeping changes that have permeated all sectors of activity [3], [4].

At the core of I4.0 lies disruptive communication technologies, prominently among them being the Internet of Things (IoT). According to Wollschlaeger et al. [5], the advent of IoT and cyber-physical systems has brought about transformative changes across various industries. These changes are characterized by the interconnectivity of devices and the seamless exchange of reliable information, enabling access to industrial data through smartphones and tablets. In this context, telecommunication engineering presents promising research and innovation opportunities, driven by industrial automation and the emergence of 5G technology. These advancements provide the necessary infrastructure to fulfill industry requirements for precise, real-time (deterministic), and efficient communication [5], [6].

The impact of technological transformations extends beyond industries to HEIs. Educational institutions offering technological courses bear the responsibility of preparing professionals to navigate the landscape of I4.0 [7], [8]. It is evident that the curricula and faculty of these courses must be regularly updated and aligned with the evolving demands of the industrial market and society [9]. The prevalence of technological and skill obsolescence poses a significant risk to

Manuscript received 29 October 2022; revised 21 April 2023 and 18 July 2023; accepted 11 September 2023. This work was supported by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq/Brazil) under Grant 304145/2021-1 and Grant 150662/2022-0. (Corresponding author: Tiago F. A. C. Sigahi.)

This work involved human subjects or animals in its research. Approval of all ethical and experimental procedures and protocols was granted by the Research Ethics Committee of the State University of Campinas under Application No. 53164121.4.0000.5404.

Enzo Gaudino Mendes is with the School of Mechanical Engineering, Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo, São Paulo 12903-000, Brazil (e-mail: enzogn@ifsp.edu.br).

Tiago F. A. C. Sigahi is with the Institute of Science and Technology, Federal University of Alfenas, Alfenas 37130-000, Brazil (e-mail: sigahi@unicamp.br).

Jefferson de Souza Pinto is with the Department of Control and Automation Engineering, Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo, São Paulo 12903-000, Brazil, and also with the School of Mechanical Engineering, State University of Campinas, Campinas 13083-872, Brazil (e-mail: jeffsouzap@fem.unicamp.br).

Dirceu da Silva is with the School of Education, State University of Campinas, Campinas 13083-872, Brazil (e-mail: dirceu@unicamp.br).

Rosley Anholon is with the School of Mechanical Engineering, State University of Campinas, Campinas 13083-872, Brazil (e-mail: rosley@unicamp.br).

José Domingos Adriano is with the Department of Electrical Engineering, National Institute of Telecommunications of Brazil, Belo Horizonte 37540-000, Brazil (e-mail: domingos@exsto.com.br).

This article has supplementary downloadable material available at <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3315203>, provided by the authors.

Digital Object Identifier 10.1109/TE.2023.3315203

both the industrial and educational sectors. HEIs must develop adaptable academic programs capable of swiftly responding to these changes. The lack of preparedness in HEIs, particularly in regions like Latin America, amplifies this challenge [10].

Revamping curricula to meet the demands of I4.0 necessitates a paradigm shift in HEIs [11], involving establishing industrial partnerships, training faculty teams, developing appropriate materials, and updating laboratories [12], [13]. Central to the success of implementing a new curriculum is recognizing the pivotal role of instructors, who must demonstrate commitment, motivation, and autonomy. However, the lack of preparation can hinder this process [14], [15].

In 2018, the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) published a report titled "Industry 4.0: The Opportunities Behind the Challenge," underlining the significance of education and technical qualifications in fostering an enabling environment for I4.0 development [4]. Subsequent UNIDO global reports, including those for 2020 and 2022, have consistently emphasized the importance of continuous learning and on-the-job training for skill development in the context of I4.0, even in the post-pandemic world [2], [3].

In Brazil, the focus of this research, the National Confederation of Industry conducted a survey in 2022 and found that the lack of qualified workers remains the primary external barrier to digital technology adoption [16], reaffirming findings from 2016 [17]. Research specific to the Brazilian context has identified diverse demands regarding technological education. However, traditional curriculum models continue to prevail, underscoring the urgent need to reconsider these models in light of the realities of I4.0 [6], [17]. Additionally, there is a recognized need to gain deeper insights into teaching practices and laboratory preparations for professional training in the context of I4.0 [7], [8], [9].

The primary objective of this article is to examine the current state of electronics education in Brazil, focusing specifically on reconfigurable logic technologies, microcontrollers, and embedded systems. This study holds potential benefits for both industries and HEIs as it facilitates a comparison with existing industry demands and contributes to discussions on professional training. It is noteworthy that this research is the outcome of a collaborative project between the university and industry, which enhances its relevance, particularly in developing countries like Brazil where such partnerships are still in their nascent stages [18].

The literature on teaching practices in the context of I4.0, particularly in developing countries like Brazil, is still in its preliminary stages. Furthermore, this research uniquely combines information gathered from professors with market data, making a significant contribution to the ongoing discourse on curriculum development and updates. To the best of our knowledge, no similar study has been reported in the existing literature.

The structure of this article is organized as follows: Section II provides the conceptual background, establishing the connection between the literature on electronics education and I4.0. Section III outlines the research methods employed, including details on survey design and statistical analysis procedures. Section IV presents the results and findings derived from the responses obtained from electronics professors in

Brazilian HEIs, alongside existing industry demands for I4.0. Finally, in Section V, the conclusions and limitations of the study are presented, and potential avenues for future research are suggested.

II. BACKGROUND

The interplay between education and work has been integral since ancient times, with knowledge and skills being passed down through generations for sustenance and economic exchange. The advent of the Fourth Industrial Revolution (I4.0) has cemented the significance of connectivity-related technologies as the foundation of modern work and learning [15]. To ensure industrial development, Chou et al. [19] emphasized the need to adapt education and foster collaboration between industries and HEIs. This requires competence development [20], acquisition of new skills [7], [21], adoption of innovative thinking approaches [22] and the implementation of novel human resource management practices [23].

The realms of academia and professional work are intrinsically linked, as preparing professionals to navigate current technologies and practices is crucial for industries to keep pace with technological advancements. Moreover, Lucia et al. [24] underscored the importance of synergy between teaching and research, particularly in electrical and electronics subjects, for enhancing industrial processes.

Society's behaviors and lifestyles are directly influenced by ongoing technological changes, necessitating more frequent and continuous professional development compared to the past [2], [24]. HEIs must ensure their faculty continually update and reassess teaching practices to meet the ever-evolving market demands for technological training, particularly in the field of electronics [8]. In response, the Brazilian government has introduced various initiatives over recent decades, recognizing the pivotal role of professional education in the country's industrial and economic development [7], [8], [21].

The landscape of electronic projects has undergone significant transformations due to technological advancements, necessitating designers and manufacturers to acquire new knowledge and competencies [8], [24]. Discrete logic integrated circuits (ICs) that once dominated the field have been superseded by application specific ICs (ASICs), microcontrollers, microprocessors, and reconfigurable logic devices (e.g., FPGA) [24], [25].

Unlike microcontrollers, which possess fixed internal hardware and execute preprogrammed instructions, reconfigurable logic devices can be electronically configured to create internal logic circuits [26]. These devices are integral to embedded systems, which are purpose-built computer systems tailored to specific applications and often incorporate microprocessors.

Within this dynamic context, HEIs face a highly complex challenge. Catering to the specialized needs of industries operating in a rapidly evolving environment requires a teaching and learning system that enables ongoing technical updates throughout professionals' careers. Consequently, there is an inherent need to gain a deeper understanding of the current state of electronics education in the context of I4.0.

III. MATERIALS AND METHODS

This exploratory study employed a mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative methods to collect and analyze data. The survey [27] and multivariate analysis techniques [28] were used. Detailed descriptions of the methodological procedures employed are provided in the following sections.

A. Survey Design and Data Collection

As previously mentioned, this research was conducted as part of a University-Company collaboration project, which played a crucial role in ensuring the acquisition of high-quality data. The data collection process used the mailing list of Exsto Tecnologia, a Brazilian company specializing in the development of educational products, which has a cooperation agreement (no. 14/2018, Process no. 23312.000712.2020-62, published in 10/07/2020) with the Federal Institute of Education, Science, and Technology of São Paulo, the HEI where this study was conducted.

The target audience of this study consisted of professors at HEIs who teach digital systems and possess academic backgrounds and training in electrical, electronics, or related fields. It is worth noting that this research received approval from the Research Ethics Committee of the HEI (Certificate no. 53164121.4.0000.5404), and all participants were required to read and sign a consent form prior to participating in the research.

The survey questionnaire, consisting of 34 items (see Appendix I in the supplementary material), was developed using Google Forms and followed the guidelines provided by Forza [27]. It encompassed both qualitative questions regarding participant profiles (e.g., education, age, professional experience, etc.) and quantitative questions focusing on their perceptions of the electronics teaching scenario in Brazil. The quantitative questions were formulated as statements, and participants were asked to indicate their level of agreement using a Likert scale ranging from 0 to 10, where 10 represented the highest level of agreement. The choice of an 11-point scale was motivated by the inclusion of a neutral central point (5) and two equal ranges to capture negative perceptions (ranging from 0 to 4) and positive perceptions (ranging from 6 to 10), thus facilitating respondents' understanding [27], [28].

To ensure data quality, the survey included questions that assessed respondents' own perceptions as well as their perception of their colleagues' views. This technique serves to validate or corroborate the respondent's own opinion, as their perception of colleagues acts as confirmation of their previous answers [29].

To ensure that the survey responses were provided by the intended audience, jump logic was employed, whereby the questionnaire automatically skipped certain sections based on the participant's response. For instance, the initial question inquired whether the professor teaches or has taught digital systems or related topics (e.g., electronics, digital logic, microcontrollers, FPGA, IoT, Arduino). If the participant responded negatively, indicating that they did not fit the target audience, the questionnaire was closed. Consequently, in cases where no

"jump" occurred, each participant was required to answer all 34 questions.

The survey was distributed to 100 professors, out of which 89 were considered valid as they met the target audience criteria and consented to participate in the research.

It is worth highlighting that, following the recommendations of Malhotra et al. [30], the research team sought input from experienced researchers and professionals specializing in statistics and electronics. Their guidance proved crucial in refining the research instrument in terms of both content and methodology.

B. Data Analysis

A database (spreadsheet) was generated based on the questionnaire responses, incorporating "jumps" that resulted in some blank cells when participants did not answer certain questions. The original database initially included all 89 validated participants, and additional databases were derived from it to facilitate analysis using the SPSS Statistics software (IBM Statistical Package for the Social Science).

To enhance the homogeneity of the database and minimize the number of "jumps," ten participants were excluded from the original database, resulting in a revised dataset comprising 79 professors as the primary source of data. The decision to remove these ten participants was influenced by their limited alignment with the desired profile (i.e., professionals with experience in teaching digital systems with academic background in electrical, electronics, or related fields). Furthermore, a separate derived database was created, consisting of the 22 professors who responded to all 34 items without any "jumps," yielding a spreadsheet devoid of blank cells.

The qualitative questions pertaining to participant profiles were initially answered in text format and subsequently transformed into numerical format to facilitate processing within the SPSS software.

Multiple multivariate statistics techniques were employed, including discriminant analysis, exploratory factor analysis, and multidimensional scaling. The purpose of employing multiple techniques was to compare results and enhance the robustness of the findings.

Discriminant analysis, as described by Malhotra et al. [30], is a data analysis technique employed when the dependent variable is categorical, and the independent variables are measured on interval scales. Its primary objective is to establish discriminant functions that effectively differentiate between categories of the dependent variable (groups), determine significant differences between groups, and identify the predictor variables that contribute most to the between-group variations.

Multidimensional scaling, on the other hand, allows for the examination of similarities between variables through a 2-D graph, where each variable is represented by a point. The distances between these points indicate their respective degrees of similarity. As Hair et al. [28] suggested, multidimensional scaling aims to transform perceptions or preferences into graphic distances that facilitate comparison between objects (e.g., products, services, individuals). This analysis enables the

identification of groups that exhibit high similarity or deviate significantly from others, commonly referred to as outliers. Malhotra et al. [30] explained that the representation obtained through multidimensional scaling reflects participants' perceptions, as the relationships between stimuli are depicted as geometric relationships between points in a multidimensional space, often referred to as a spatial map.

In conjunction with the outcomes of the multivariate analysis, qualitative analysis was conducted, considering the data in a nonstatistical manner. These findings were then compared with information obtained from the "Research Report on the Brazilian Embedded Systems and IoT Market 2021" [31]. This report encompassed insights from 577 professionals working as Embedded Systems and IoT developers in Brazil. The data collection and processing for the report were carried out by the Qualibest Online Research Institute, an entity affiliated with both the ABEP (Brazilian Association of Research Companies) [32] and European Society of Opinion and Marketing Research (ESOMAR) [33].

IV. RESULTS AND DISCUSSION

Discriminant analysis was conducted in the SPSS software by examining the classifying variables individually alongside the perception variables. The aim was to identify which variables could effectively differentiate the groups. As recommended by Hair et al. [28], the conventional significance criterion of 5% is widely used. Thus, this was the significance level (p -value) adopted in this study.

It is worth noting that the Cronbach's alpha test value was calculated for the perception variables, where the group of variables was considered as a single factor. The value obtained was 0.867. According to Malhotra et al. [30], this value should be higher than 0.70 to ensure that the data have internal consistency.

The obtained number of responses is deemed sufficient for this study. Since the technique employed in this research utilizes linear regressions to compare independent variables (perception) with dependent variables (classification), each dependent variable was individually examined in the models. Due to the unavailability of the sample structure of potential respondents, the recommendations provided by Cohen [34] were used. Cohen's research was compiled into open-source software by researchers from German universities (<https://g-power.apponic.com/>), which estimates the statistical power of a sample. For Social and Behavioral Sciences, Cohen advises a test power of 80%. Applying this criterion, a sample size of 56 is deemed appropriate, which is smaller than the sample size obtained in our study.

A. Sample Description

Based on the collected sample, 73% of respondents specialize in electrical and electronics as their primary training areas, followed by automation (6.7%) and telecommunications (5.6%). In terms of educational attainment, 38.2% hold a Ph.D., 33.7% possess a master's degree, and 12.4% have completed a specialization program, such as an MBA or a post-graduate program. The sample consists of 55.1% professors

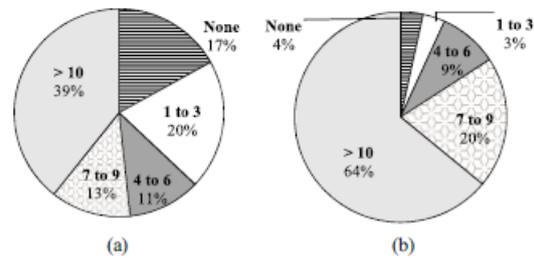


Fig. 1. Professors' experience in their training area (Source: Data collected from the survey). (a) Industry/companies. (b) University.

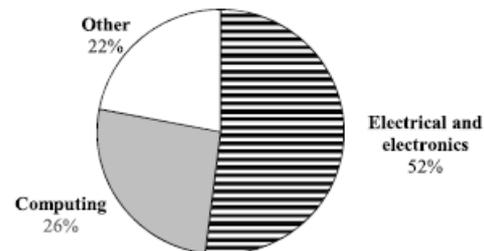


Fig. 2. Background of Brazilian market research participants (Source: Elaborated based on [31]).

teaching in higher education programs and 44.9% teaching in technical programs.

Fig. 1 depicts the professional experience (in years) of the participating professors, both in (a) industry/companies and (b) universities.

A significant proportion of the sample possesses a minimum of seven years of experience in both industry/companies (52%) and university (84%). This serves to underscore the significance of the collected data, as it was derived from professionals with substantial practical and academic expertise.

In terms of the Brazilian market, the "Research Report on the Brazilian Embedded Systems and IoT Market 2021" [31] was used as a source of information to support the analyses. This report incorporated the perspectives of highly trained and experienced professionals. Specifically, 49% of these individuals have completed or are currently pursuing postgraduate degrees, while 32% possess a minimum of ten years of experience in the field. Fig. 2 illustrates the professional training areas of these individuals.

It is worth noting that the sample comprises professionals who possess a high level of expertise in the area of reconfigurable logic and microcontrollers. Specifically, 78% of the participants have a background in electrical engineering, electronics, and computing, while the remaining 22% come from related fields.

B. Identification and Analysis of the Discriminating Variables

Using multivariate analysis on the database of 79 respondents (reduced jumps), it was found that the professors' age

TABLE I
P-VALUES OBTAINED FROM THE WILKS' LAMBDA TEST

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	α
1 through 3	0.001	80.730	48	0.002
2 through 3	0.059	31.139	30	0.409
3	0.677	4.284	14	0.994

Source: Elaborated by the authors based on SPSS software.

range is a discriminating variable in the perception of a lack of material in Portuguese for reconfigurable logic (variable V9). Specifically, the perception of a lack of available materials is more pronounced among elderly individuals. This finding is noteworthy considering the growing accessibility of international resources through digitization. Younger generations, growing up in a digital era with greater access to global content, rely more on English materials to supplement their education. In contrast, older generations, less exposed to digital resources during their formative years, still rely predominantly on Portuguese materials. The demand for English proficiency in academic settings has risen due to the internationalization of education and research. Younger students and scholars actively seek and engage with English materials to excel in their fields, while older individuals may perceive a lack of Portuguese resources meeting their educational needs. Cultural shifts and generational attitudes toward language learning also contribute to the integration of English reading into daily lives. Younger generations are more open to adopting English as a global language and seek diverse knowledge sources for global connectivity and staying competitive.

Table I shows the p -values (α) obtained from the Wilks's lambda test for the three discriminant functions created. The legends "1 through 3," "2 through 3," and "3" in Table I are how the software (SPSS) asserts that the first discriminant function of three (1st of 3), second (2nd of 3), and third (3rd of 3) complete the group of functions. This type of legend is unique to this software. Other software makes use of 1, 2, and 3 [35].

Based on the results of Table I, function 1 presented the significance test with a p -value of 0.2%. Thus, since $\alpha_1 < p$ -value, there is evidence that function 1 can differentiate between groups. The other functions (2 and 3) are unable to classify the groups because their values (α_2 and α_3) exceed 5%. Small values (close to zero) of Wilk's lambda indicate that there are differences between groups and Chi-square identifies the relevance of the discriminant function [26], [33].

Table II shows the structure matrix, which indicates the correlations between each variable and the discriminant functions. The values marked with an asterisk are the most relevant [29]. It was found that the variable V9 has the highest correlation with function 1, reinforcing what was stated based on the p -value.

In Table III, it is possible to observe that function 1 has the highest Eigenvalue, indicating that it discriminates the best. Eigenvalues indicate how much each function differs from the rest of the group [27].

TABLE II
STRUCTURE MATRIX FOR VERIFICATION OF THE DISCRIMINATING VARIABLE

Variable (V9)	Function		
	1	2	3
Lack of material in Portuguese for reconfigurable logic	-0.027*	-0.010	-0.001

Source: Elaborated by the authors based on SPSS software.

TABLE III
EIGENVALUES

Function	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative (%)	Canonical Correlation
1	89.767	89.1	89.1	0.994
2	10.488	10.4	99.5	0.955
3	0.476	0.5	100	0.568

Source: Elaborated by the authors based on SPSS software.

TABLE IV
MEAN OBTAINED FOR EACH GROUP OF RESPONDENTS, ACCORDING TO AGE GROUP

Group	1	2	3	4
Mean	6.667	6.455	7.125	7.25

Source: Elaborated by the authors based on SPSS software.

As the database does not have any participants under the age of 25, the respondents were divided into five age groups as follows: 1) group 1 from 25 to 34 years; 2) group 2 from 35 to 44; 3) group 3 from 45 to 54; 4) group 4 from 55 to 64; and 5) group 5 from 65 or more. Performing a frequency analysis on these groups, it was possible to notice that perception regarding the lack of material in Portuguese for reconfigurable logic varies with age. Table IV shows the data for this question. Group 5 is not shown because there was no participant over the age of 65 who taught reconfigurable logic.

Higher values on the scale of 0 to 10 represent a greater perception of a lack of material. Thus, based on the mean values, V9 was rated lower than the older groups.

There was no discrimination based on variables, such as professors' knowledge area and level of training, time of professional experience outside the academy (in the field of electrical/electronics) and as a professor in electronics, the region where the institution is located, and the course in which a professor teaches.

C. Identification and Analysis of the Outliers

Based on the database composed of 22 respondents (zero jumps), the SPSS software and the multidimensional scaling technique were used to generate Fig. 3.

It is possible to note that variables V3, V7, and V8 are outliers, as they are far from the group formed by the others. These variables can be explained as follows.

- 1) V3 denotes the professor's perception of the importance of Reconfigurable Logic (FPGA/CPLD) for technical training of students in electronics or similar courses;
- 2) V7 relates to a professor's perception of a lack of bibliographic material in Portuguese on Reconfigurable Logic (FPGA/CPLD) content;

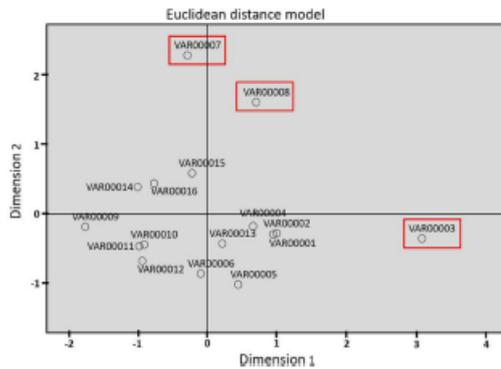


Fig. 3. Multidimensional scaling graph (Source: Elaborated by the authors using the SPSS software).

TABLE V
CALCULATED STATISTICS OF OUTLIERS CONSIDERING
THE DATABASE WITH 22 RESPONDENTS

Variables	V3	V7	V8
Validated responses	22	22	22
Jumps	0	0	0
Mean	9.1818	7.5909	7.1364
Median	10	8	7
Standard deviation	1.05272	1.89383	2.05393

Source: Elaborated by the authors based on SPSS software.

TABLE VI
CALCULATED STATISTICS OF OUTLIERS CONSIDERING
THE DATABASE WITH 79 RESPONDENTS

Variables	V3	V7	V8
Validated responses	79	30	30
Jumps	0	49	49
Mean	8.443	7.067	6.867
Median	9	7	7
Standard deviation	1.9398	2.2118	1.978

Source: Elaborated by the authors based on SPSS software.

- 3) V8 refers to a professor's opinion about other professors' perceptions about the lack of bibliographic material in Portuguese for Reconfigurable Logic (FPGA/CPLD).

Tables V and VI show the values of mean, median and standard deviation calculated for the outliers (V3, V7 and V8) based on the databases containing 79 and 22 respondents, respectively.

In a previous Section IV-B, the influence of several factors on the professor's perception of a lack of bibliographic material in Portuguese (V7) was discussed. These factors encompass globalization and digitalization, the growing demand for academic requirements and language proficiency, and generational attitudes and cultural shifts. In relation to V8, which closely relates to V7, it is important to consider the impact of professional networks and communication among professors. It is plausible that certain professors are more connected or have engaged in more discussions with peers who share concerns about the availability of Portuguese resources on the

topic. This exposure to similar opinions may have influenced the outcomes for V8.

As for V3, the varying levels of familiarity and experience that professors possess with reconfigurable logic technologies may shape their perceptions regarding its importance for the technical training of students. Professors with a deeper understanding and appreciation for the benefits of FPGA/CPLD are more likely to perceive its significance more prominently.

D. Joint Analysis Using Survey Data and Data From the Brazilian Embedded Systems and IoT Market

Considering reconfigurable logic, the analysis of the responses revealed that the VHDL language emerged as the predominant hardware description language, cited by 79.3% of respondents, followed by Verilog at 13.8%. Assessing their own proficiency on a scale of 0 to 10, a majority of participants (57.3%) rated their ability to use reconfigurable logic between 5 and 8.

Regarding the quality and adequacy of electronic laboratory equipment for teaching logic, the majority of respondents expressed favorable opinions, with a significant portion rating it above 5 on the Likert scale. Specifically, 24.1% of professors rated the equipment as 5 or 6, 32.8% rated it as 7 or 8, and 19% rated it as 9 or 10. These findings indicate that most participants work in institutions that provide suitable equipment and laboratory conditions for teaching reconfigurable logic.

Despite recognizing the importance of logic in students' technical education, a notable proportion of professors (34.8%) reported that it is not taught in their respective institutions. Additionally, 37.1% indicated that it is taught but without a dedicated discipline in the curriculum, while 28.1% stated that a specific reconfigurable logic course exists in at least one program at their institution.

Examining the Brazilian market, the "Research Report on the Brazilian Embedded Systems and IoT Market 2021" [31] serves as a valuable source of information. This study, which surveyed 577 developers specializing in Embedded Systems and IoT, reveals a growing adoption of reconfigurable logic devices by Brazilian industries. Among the professionals interviewed, 12.74% confirmed the current utilization of these devices, while 20% expressed their intention to incorporate them into future projects.

According to the survey conducted in the present research, most professors who teach microcontroller classes use the Arduino platform as their primary practical tool, as shown in Fig. 4(a). There is also a clear preference for 8-bit architectures [Fig. 4(b)] and Microchip Atmel chips [Fig. 4(c)].

The survey also shows that C and C++ are the most commonly used languages in microcontroller classes, accounting for 81% of the answers. Most professors self-evaluate their knowledge on C language on a scale of 7 to 10.

In contrast to academia, the most popular architectures in the Brazilian market are 32-bit [31]. In addition, there is a slight tendency of industries to migrate to 64-bit in future projects. ST (47.78%), Microchip/Atmel (44.73%), and Espressif (41.45%) were the vendors most frequently mentioned by developers, and the C programming language was

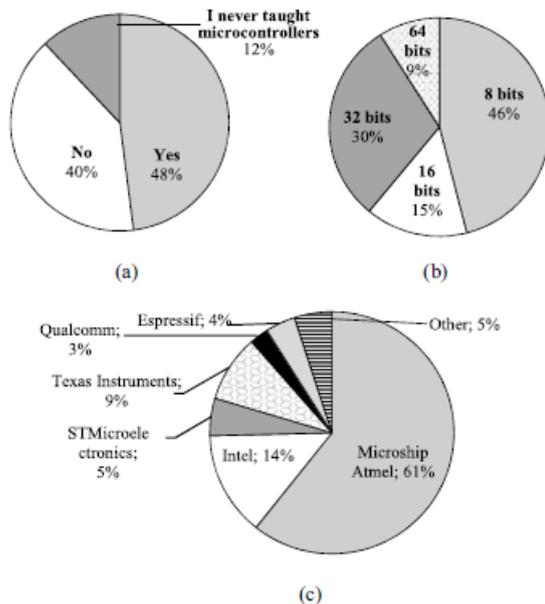


Fig. 4. Microcontrollers in academia (Source: Data collected from the survey). (a) Arduino platform as main practical tool. (b) Processors used. (c) Processors suppliers.

used in the majority of the projects. According to the market report, Arduino appears as a rapid prototyping option, but most developers do not incorporate it into their products. When it comes to prototyping, manufacturers' development kits are preferred [31].

A noteworthy observation from the study is that a majority of professors self-assessed their knowledge about embedded systems and IoT protocols within the range of 5 to 9. This indicates a moderate to high level of familiarity and expertise in these areas among the participants.

Another significant finding pertains to the opinions expressed by professors regarding the level of updating and adequacy of laboratory preparation for teaching IoT in their respective institutions. The data, as depicted in Fig. 5, suggests that a substantial proportion of professors shared the viewpoint that the current state of laboratory facilities and resources for IoT education falls short of adequacy.

The perceived inadequacy of IoT laboratory preparation for teaching is influenced by various factors. Technological advancements in the IoT field pose challenges for staying up-to-date, resulting in outdated teaching materials and practices. Insufficient institutional support, including budget constraints and limited resources, hinders hands-on experiences for students, while financial limitations and resource constraints impact the acquisition of necessary hardware and software for IoT laboratories. In addition, the shortage of faculty with IoT expertise further contributes to the issue. Thus, developing a comprehensive and up-to-date IoT curriculum is complex due to limited standardized resources and guidelines. Addressing these challenges

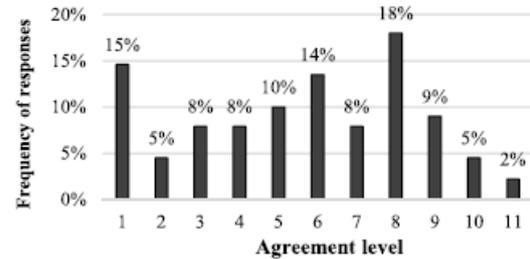


Fig. 5. Evaluation of laboratory preparation for IoT training (Source: Data collected from the survey).

requires enhanced faculty training, improved resource access, updated curricula, and strengthened institutional support. Further research is needed to explore these factors in-depth and identify additional strategies for addressing the perceived inadequacy.

In contrast to what was observed in HEIs regarding laboratory preparation for IoT training, Brazilian industries show that IoT (48.70%) is the most demanded application area, followed by Industrial Systems (37.17%). As a result, while IoT applications are growing in Brazilian industries, the situation of the laboratories reported by the professors (Fig. 5) makes it clear that the educational institutions remain unprepared to develop qualified professionals in this field.

V. CONCLUSION

The findings of this study reveal an important disparity in the teaching of reconfigurable logic within Brazilian educational institutions offering technological courses in the electronics field. While professors acknowledge the significance of reconfigurable logic for students' technical training, it was observed that a notable proportion of institutions do not include it in their curriculum. Among the institutions that do cover the subject, there are two approaches: some treat it as a standalone course, while others incorporate it as part of other related subjects.

While most professors consider that laboratory equipment meets the needs for teaching reconfigurable logic, there is agreement among them about a lack of material in Portuguese, with age being a discriminating variable in this matter, with those in the elderly groups tending to agree more (feeling a greater lack of material). Given the increased availability of international materials as a result of digitization, this result may indicate that reading in English is becoming more integrated into the daily lives of younger generations. This research contributes to drawing attention to this aspect, raising questions that can help understand it, such as globalization and digitalization, the growing demand for academic requirements and language proficiency, and generational attitudes and cultural shifts. Future research can delve deeper into these issues, which would be valuable for both teachers and students.

In teaching, the VHDL language for logic and the C and C++ languages for microcontrollers were dominant. Although the use of C and C++ languages is consistent with that of

Brazilian industries, the 8-bit architecture taught in HEIs is out date in a market where 32-bit is preferred.

The professors' self-evaluations of their knowledge of reconfigurable logic (mean of 5.64 on a scale of 0 to 10), embedded systems (mean of 7.47), IoT protocols (mean of 5.67), and C language (mean of 7.68) were positive in the majority of cases. However, as evidenced by the mean values, professors presented more shortcomings in reconfigurable logic and IoT protocols, which is critical for Brazilian industries.

It is also worth noting that educational institutions' realities in terms of laboratories for I4.0, as represented in the context of electronics by the concept of IoT, are quite diverse. It is concerning that the overall perception of professors in this regard is predominantly negative. Among respondents, 14.6% rated the state of laboratories as zero, indicating the lowest level of evaluation on a scale of zero to ten. The mean rating was 4.59, indicating a significant misalignment with the demands of the Brazilian market and a potential shortage of skilled professionals to address current and future IoT projects.

These findings underscore the importance of investing in laboratories and providing training opportunities for educators. Such investments align with other studies that highlight these two factors as critical components for enabling the education required for Industry 4.0. Furthermore, it is recommended to involve the industrial sector in the design of training curricula, ensuring that the inclusion of technologies reflects their relevance in the market and avoids the omission of crucial demands. By fostering collaboration between academia and industry, educational institutions can better prepare students for the real-world challenges and requirements of the evolving technological landscape.

The findings and analysis presented in this study contribute to enhancing understanding of the current state of electronics education in Brazil, particularly in relation to practices and laboratory preparation for reconfigurable logic technologies, microcontrollers, and embedded systems within the context of Industry 4.0, specifically focusing on the IoT. The insights provided in this paper offer inputs for the improvement and updating of education programs and curricula, enabling a better alignment between the graduates' profile and the demands of the Brazilian industry. Moreover, the survey conducted in this study can serve as a benchmark for future assessments, allowing for comparisons and tracking the evolution of electronics education over time. Regularly replicating similar research efforts can generate insights into the progress made and contribute to identify areas that require further attention and improvement.

Finally, it is worth emphasizing that researchers with similar objectives can replicate this study in other countries, adapting or using the questionnaire in accordance with the specific context, and subsequently comparing the results. This type of research can be of great value, particularly in regions with similar socioeconomic conditions or where industry involvement in education is limited, as the findings and recommendations can be directly applicable and insightful for enhancing electronics education in those areas.

REFERENCES

- [1] J. L. Romero-Gázquez, G. Cañavate-Cruzado, and M.-V. Bueno-Delgado, "IN4WOOD: A successful European training action of industry 4.0 for academia and business," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 65, no. 2, pp. 200–209, May 2022, doi: 10.1109/TE.2021.3111696.
- [2] United Nations Industrial Development Organization. "Industrial Development Report 2022—The future of industrialization in a post-pandemic world, Vienna." 2022. [Online]. Available: <https://www.unido.org/resources-publications-flagship-publications/industrial-development-report-series>
- [3] F. Garcia-Loro et al., "Laboratories 4.0: Laboratories for emerging demands under industry 4.0 paradigm," in *Proc. IEEE Global Eng. Educ. Conf. (EDUCON)*, IEEE, Apr. 2021, pp. 903–909, doi: 10.1109/EDUCON46332.2021.9454095.
- [4] United Nations Industrial Development Organization. "Industry 4.0: The opportunities behind the challenge, Vienna." 2018. [Online]. Available: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-11/UNIDO_GC17_Industry40.pdf
- [5] M. Wollschlaeger, T. Sauter, and J. Jasperneite, "The future of industrial communication: Automation networks in the era of the Internet of Things and industry 4.0," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 11, no. 1, pp. 17–27, Mar. 2017, doi: 10.1109/MIE.2017.2649104.
- [6] G. Aceto, V. Persico, and A. Pescapé, "A survey on information and communication technologies for industry 4.0: State-of-the-art, taxonomies, perspectives, and challenges," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 21, no. 4, pp. 3467–3501, 4th Quarter, 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2938259.
- [7] G. T. Cazeri, L. A. de Santa-Eulália, M. P. Serafim, and R. Anholon, "Training for industry 4.0: A systematic literature review and directions for future research," *Brazilian J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 19, no. 3, pp. 1–19, Apr. 2022, doi: 10.14488/BJOPM.2022.007.
- [8] I. S. Rampasso et al., "An investigation of research gaps in reported skills required for industry 4.0 readiness of Brazilian undergraduate students," *High. Educ. Ski. Work. Learn.*, vol. 11, no. 1, pp. 34–47, Feb. 2020, doi: 10.1108/HESWBL-10-2019-0131.
- [9] C. Bischof-dos-Santos and E. de Oliveira, "Production engineering competencies in the industry 4.0 context: Perspectives on the Brazilian labor market," *Production*, vol. 30, no. 30, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1590/0103-6513.20190145.
- [10] P. Caratozzolo, G. Sirkis, C. Piloto, and M. Correa, "Skills obsolescence and education global risks in the fourth industrial revolution," in *Proc. IFEEES World Eng. Educ. Forum—Global Eng. Deans Council (WEEF-GEDC)*, IEEE, Nov. 2020, pp. 1–5, doi: 10.1109/WEEF-GEDC49885.2020.9293687.
- [11] T. F. A. C. Sigahi and L. I. Szelwar, "From isolated actions to systemic transformations: Exploring innovative initiatives on engineering education for sustainable development in Brazil," *J. Clean. Prod.*, vol. 384, Jan. 2023, Art. no. 135659, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.135659.
- [12] P. Caratozzolo et al., "Developing skills for industry 4.0: Challenges and opportunities in engineering education," in *Proc. IEEE Frontiers Educ. Conf. (FIE)*, IEEE, Oct. 2022, pp. 1–5, doi: 10.1109/FIE56618.2022.9962444.
- [13] C.-M. Chituc, "An analysis of technical challenges for education 4.0 and digital education ecosystems," in *Proc. IEEE German Educ. Conf. (GeCon)*, IEEE, Aug. 2022, pp. 1–5, doi: 10.1109/GeCon55699.2022.9942758.
- [14] T. K. F. Chiu, H. Meng, C.-S. Chai, I. King, S. Wong, and Y. Yam, "Creation and evaluation of a pretertiary artificial intelligence (AI) curriculum," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 65, no. 1, pp. 30–39, Feb. 2022, doi: 10.1109/TE.2021.3085878.
- [15] A. C. Emberley, K. A. Douglas, J. P. Martin, T. Short, and R. Alexander Soto-Perez, "Promoting student support in an online fundamental of electronics course," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 65, no. 4, pp. 602–607, Nov. 2022, doi: 10.1109/TE.2022.3154674.
- [16] National Confederation of Industries. "Industry 4.0: Five years later, Brasília." 2022. [Online]. Available: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/7d/d9/7dd92b31-8860-4ca7-b921-b28fec0a68bc/sondespecial_industria40_cincoanosdepois_abril2022.pdf
- [17] National Confederation of Industries. "Challenges for industry 4.0 in Brazil, Brasília." 2016. [Online]. Available: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbb4-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf
- [18] A. Mikhailov, D. Puffal, and M. Santini, "University-industry relations and industrial innovation: Evidence from Brazil," *J. Technol. Manag. Innov.*, vol. 15, no. 3, pp. 6–16, Oct. 2020, doi: 10.4067/S0718-27242020000300006.

- [19] C.-M. Chou, C.-H. Shen, H.-C. Hsiao, and T.-C. Shen, "Industry 4.0 manpower and its teaching connotation in technical and vocational education: Adjust 107 curriculum reform," *Int. J. Psychol. Educ. Stud.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–14, Jan. 2018, doi: [10.17220/ijpes.2018.01.002](https://doi.org/10.17220/ijpes.2018.01.002).
- [20] O. L. G. Quelhas et al., "Engineering education and the development of competencies for sustainability," *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 20, no. 4, pp. 614–629, May 2019, doi: [10.1108/IJSHE-07-2018-0125](https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2018-0125).
- [21] M. E. Torbaghan, M. Sasidharan, I. Jefferson, and J. Watkins, "Preparing students for a digitized future," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 66, no. 1, pp. 20–29, Feb. 2023, doi: [10.1109/TE.2022.3174263](https://doi.org/10.1109/TE.2022.3174263).
- [22] T. F. A. C. Sigahi, I. S. Rampasso, R. Anholon, and L. I. Szelwar, "Classical paradigms versus complexity thinking in engineering education: An essential discussion in the education for sustainable development," *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 24, no. 1, pp. 179–192, Jan. 2023, doi: [10.1108/IJSHE-11-2021-0472](https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2021-0472).
- [23] P. C. Pio, I. S. Rampasso, G. T. Cazeri, L. A. Santa-Eulalia, M. Pavan Serafim, and R. Anholon, "Human resources and industry 4.0: An exploratory study in the Brazilian business context," *Kybernetes*, vol. 51, no. 11, pp. 3305–3319, Aug. 2021, doi: [10.1108/K-04-2021-0253](https://doi.org/10.1108/K-04-2021-0253).
- [24] O. Lucia et al., "Industrial electronics education: Past, present, and future perspectives," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 15, no. 1, pp. 140–154, Mar. 2021, doi: [10.1109/MIE.2020.3002488](https://doi.org/10.1109/MIE.2020.3002488).
- [25] United Nations Industrial Development Organization. "Industrial Development Report 2020—Industrializing in the digital age, Vienna." 2019. [Online]. Available: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-English_overview.pdf
- [26] R. J. Tocci, N. S. Widmer, and G. L. Moss, *Digital Systems: Principles and Applications*. London, U.K.: Pearson, 2018.
- [27] C. Forza, "Survey research in operations management: A process-based perspective," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 22, no. 2, pp. 152–194, 2002, doi: [10.1108/01443570210414310](https://doi.org/10.1108/01443570210414310).
- [28] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, R. E. Anderson, and R. L. Tatham, *Multivariate Data Analysis*, 6th ed. Porto Alegre, Brazil: Bookman, 2009.
- [29] L. P. Fávero, P. Belfiore, F. L. da Silva, and B. L. Chan, *Data Analysis: Multivariate Modeling for Decision Making*. Rio de Janeiro, Brazil: Elsevier, 2009.
- [30] N. Malhotra, D. Nunan, and D. Birks, *Marketing Research: An Applied Approach*, 5th ed. London, U.K.: Pearson, 2017.
- [31] Embarcados. "Research report on the Brazilian embedded systems and IoT market 2021." 2021. [Online]. Available: <https://embarcados.com.br/relatorio-da-pesquisa-sobre-o-mercado-brasileiro-de-sistemas-embarcados-e-iot-2021/>
- [32] ABEP. "Brazilian association of research companies." 2022. Accessed: Oct. 22, 2022. [Online]. Available: <https://www.abep.org/>
- [33] ESOMAR. "European society of opinion and marketing research." 2022. Accessed: Oct. 22, 2022. [Online]. Available: <https://esomar.org/>
- [34] J. Cohen, *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. London, U.K.: Routledge, 1988.
- [35] IBM Corporation. "IBM SPSS statistics 20 brief guide." 2011. [Online]. Available: <https://www.manua.ls.ibm/spss-20/manual>

Enzo Gaudino Mendes received the bachelor's degree in electrical engineering and the master's degree in mechanical engineering.

He is an Electrical Engineer and a Professor with the Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo, São Paulo, Brazil, and Researcher with the School of Mechanical Engineering, State University of Campinas (Unicamp), São Paulo. He is a Control Electronic Systems Specialist and has experience in the areas of electronics and telecommunications, product development, and application engineering in the field of technological didactics.

Tiago F. A. C. Sigahi received the bachelor's, master's, and Ph.D. degrees in production engineering.

He is an Industrial Engineering and a Professor with the Institute of Science and Technology, Federal University of Alfenas, Alfenas, Brazil.

Dr. Sigahi received the Top Cited Article from 2020 to 2021 and from 2021 to 2022, and the Top Downloaded Authors Awards (Clarivate Analytics). He is a Guest Editor of *Ergonomics* (Taylor & Francis) and the Chair of the "Human Factors and Sustainable Development" Technical Committee of the International Ergonomics Association.

Jefferson de Souza Pinto received the first bachelor's degree in administration, and second bachelor's degree in mathematics, and the master's and Ph.D. degrees in mechanical engineering.

He is a Professor with the Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo (IFSP), São Paulo, Brazil, and the Researcher with the School of Mechanical Engineering, State University of Campinas (Unicamp), São Paulo. He coordinates the Control and Automation Engineering Program with IFSP and leads research projects with the Department of Manufacturing and Materials Engineering, Unicamp.

Dirceu da Silva received the Ph.D. degree in education from the University of São Paulo, São Paulo, Brazil, in 1995.

He is a Physicist and a Mathematician. He has experience in the field of Educational Planning and Evaluation, Distance Education, Information and Communication Technologies, and Science, Technology and Society studies. He has worked with quantitative data analysis methodologies, multivariate statistical analysis of data, and development of attitude scales.

Dr. da Silva ranks 40th in the BRICS Top 100 Business and Management Scientists 2023 AD Scientific Index (Alper-Doger Scientific Index).

Rosley Anholon received the bachelor's, master's, and Ph.D. degrees in mechanical engineering.

He is a Professor with the School of Mechanical Engineering, State University of Campinas (Unicamp), São Paulo, Brazil. He is the Leader of the Research Laboratory in Engineering and Management Teaching, Unicamp. He has worked in several fields of sustainability management and technology, involving research and applications in Brazilian industries. He has trained more than 25 master's and Ph.D.s, leading research projects in collaboration with universities in Brazil, Germany, Canada, Chile, and Wales. He has published over 150 articles in high-impact journals.

José Domingos Adriano received the bachelor's degree in electrical engineering and specialist in industrial automation.

He is an Electrical Engineer and a Professor with the National Institute of Telecommunications of Brazil, Belo Horizonte, Brazil. He is the Founder and the Chief Technology Officer of Exsto Tecnologia, Santa Rita do Sapuca, Brazil. He has experience in Telecommunication Engineering, Industrial Automation and Project Management, and has worked in start-ups as an Angel Investor.

ANEXO IV – Parecer do Comitê de Ética

 CEPUNICAMP <small>COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA</small>	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS													
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP														
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA														
Título da Pesquisa: Educação 4.0 na área tecnológica: um estudo exploratório das dificuldades enfrentadas por IES.														
Pesquisador: ENZO GAUDINO MENDES														
Área Temática:														
Versão: 2														
CAAE: 70119423.8.0000.5404														
Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Mecânica														
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio														
DADOS DO PARECER														
Número do Parecer: 6.223.592														
Apresentação do Projeto:														
As informações contidas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram obtidas do documento Informações Básicas do Projeto nº 2129644, datado em 03/07/2023.														
<p>INTRODUÇÃO A história nos mostra que as formas de se trabalhar e viver em sociedade são moldadas por novas tecnologias, invenções e grandes descobertas. Embora seja comum pensar no contexto atual, vale voltar ao tempo e lembrar, por exemplo, da descoberta e domínio do fogo pelo homem e o quanto isso foi impactante para sua época. Mais recente, no período da industrialização e do capitalismo, tivemos invenções como o motor a combustão, o automóvel e o avião, o telefone, a eletricidade e a eletrônica, os computadores e a internet. O termo "Revolução Industrial" se popularizou e é utilizado por historiadores para definir estes períodos de avanços tecnológicos marcantes e de grande impacto na sociedade (GROOMPOS, 2021). A Primeira Revolução Industrial teve seu início no século XVIII e é considerada a revolução mecânica, representando o período marcado pela substituição da produção puramente artesanal pelas máquinas, destacando-se as energias hidráulica e a vapor. No século XIX ocorre a Segunda Revolução Industrial, com a descoberta da eletricidade e sua utilização nos processos produtivos. A automação da produção, a presença da eletrônica e dos processadores e a utilização de robôs são características da Terceira, no século XX a partir da década de 50. A Quarta Revolução, que</p>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3">Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas</td> </tr> <tr> <td>Bairro: Barão Geraldo</td> <td colspan="2">CEP: 13.083-887</td> </tr> <tr> <td>UF: SP</td> <td colspan="2">Município: CAMPINAS</td> </tr> <tr> <td>Telefone: (19)3521-8936</td> <td>Fax: (19)3521-7187</td> <td>E-mail: cep@unicamp.br</td> </tr> </table>			Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas			Bairro: Barão Geraldo	CEP: 13.083-887		UF: SP	Município: CAMPINAS		Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@unicamp.br
Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas														
Bairro: Barão Geraldo	CEP: 13.083-887													
UF: SP	Município: CAMPINAS													
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@unicamp.br												
<small>Página 01 de 11</small>														



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

estamos presenciando, traz o conceito de uma linha de produção digitalizada, flexível, inteligente, com forte interação entre ambientes físicos e virtuais (SCHIELE et al, 2022). As inovações são as forças motrizes destas revoluções e, segundo Groumps (2021), seus reflexos são sentidos em todas as esferas, de tal forma que o padrão de vida da população e o crescimento econômico tem forte correlação com o desenvolvimento industrial do país. É fundamental para toda nação avaliar e estar atenta aos reflexos positivos e negativos que permeiam estas mudanças. Grandes inovações tecnológicas nas áreas da Eletrônica, Informática, Telecomunicações, Automação e afins ocorreram a partir da 3ª Revolução Industrial. Por detrás da Quarta (ou, Indústria 4.0) estão Inteligência Artificial, Internet das Coisas (IoT), Big Data, Computação em Nuvem, Realidade Aumentada, entre outras. Neste cenário, os ambientes físicos e os virtuais estão cada mais integrados. As máquinas estão conectadas a internet, adquirem "inteligência" e, com base nos dados, são capazes de aprender, tomar decisões e realizar diagnósticos (BENESOVA e TUPA, 2017). De acordo com Bordel, Alcarria e Robles (2019) a economia, o mercado de trabalho e a educação são áreas interligadas e não podem ser tratadas ou analisadas de forma independente. Com inovações tecnológicas surgindo, o processo produtivo se altera, novas formas de trabalho e profissões surgem e, naturalmente, a educação profissional precisa estar inserida neste cenário de transformação formando os novos profissionais (BENESOVA e TUPA, 2017). O mercado de trabalho demanda por profissionais com competências diferentes das exigidas até então. Diante da Indústria 4.0, Benavides et al. (2020) informam que, desde 2010, a transformação digital se tornou prioridade para as instituições de ensino, representando um processo necessário para a sua sobrevivência e competitividade. Cada nova geração de alunos carrega consigo características diferentes das anteriores, frutos das diferentes realidades que vivenciam ao longo de sua criação, o que exige alterações na forma de ensinar. A Indústria 4.0 desafia os professores a aplicarem novos métodos e recursos em suas aulas e a desenvolver novas habilidades que atendam a estas novas necessidades, quebrando paradigmas que ainda perduram em relação ao formato das aulas. (RAMÍREZ-MONTOYA et al, 2021). Ramírez-Montoya et al. (2021) destacam que para equalizar as diferenças que surgiram ao longo dos anos entre o ensino e o novo perfil de alunos, não é apenas o professor que precisa rever seus métodos e estar aberto a mudanças, mas sim, todas as partes envolvidas. O ecossistema de ensino como um todo precisa se atualizar, investir em novos ambientes e tecnologias e prover a capacitação de seus profissionais. Assim como as quatro revoluções industriais, a educação também se divide em quatro fases distintas (Educação 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0) cada qual acompanhando o cenário trazido pela respectiva revolução do mesmo período. Miranda et al. (2021) fazem um comparativo analisando várias perspectivas. Neste

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

comparativo é possível perceber que mesmo vivenciando o período da Educação 4.0, muitas características encontradas nas Educações 1.0 e 2.0 ainda estão presentes no cotidiano atual das instituições de ensino. Para Miranda et al. (2021) a Educação 4.0 pode ser moldada a partir de quatro componentes centrais, que podem servir de guia para projetos educacionais: métodos de aprendizado, competências, tecnologias da informação (TICs) e infraestrutura. O atual cenário da educação exige adaptação e mudanças por parte das instituições de ensino em velocidade inédita. Há dois paradigmas que devem ser quebrados nas IES para suprir as demandas da Indústria 4.0: o ecossistema das instituições e os papéis dos professores (GOH e ABDUL WAHAB, 2020). A falta de preparo dos professores é a principal barreira para se implementar a Educação 4.0 (MATSUMOTO ROYO, RAMÍREZ MONTOYA e CONGET, 2021). Para formar o profissional da Indústria 4.0 é preciso capacitar o professor para torná-lo um professor 4.0. Ainda segundo os autores citados anteriormente, não basta ser um professor que domine a tecnologia, é necessário ser engajado e valorizar a Educação 4.0, entender seu papel formativo neste novo cenário, aplicar estratégias ativas de aprendizagem e estimular o ensino para além da sala de aula, dando aos alunos um papel mais ativo em sua própria formação. O relatório "Catalysing Education 4.0", de maio de 2022, do Fórum Econômico Mundial destaca três áreas chaves para a Educação 4.0: a) Preparar e capacitar a força de trabalho da educação; b) Adoção de novas tecnologias de aprendizagem; c) Novos mecanismos de avaliação. De acordo com o relatório em questão, para se atingir os potenciais retornos da Educação 4.0 é necessário um trabalho conjunto entre governo, empresários e partes interessadas.

HIPÓTESE Devido à natureza exploratória da presente proposta, os autores avaliam que não se faz necessária a estruturação de uma hipótese. De acordo com GIL (2017), estudos exploratórios visam trazer maior familiaridade com um determinado problema, tornando-o mais explícito ou permitindo a construção de hipóteses. APPOLINÁRIO (2012) relata que pesquisas descritivas de levantamento, por exemplo, prescindem deste elemento, ou ainda, aquelas pesquisas cujas perguntas são do tipo "quais as características de?".

METODOLOGIA A pesquisa a ser desenvolvida baseia-se em estudo exploratório e foi estruturada em um questionário com uma escala que possibilitará aos pesquisadores a coleta de informações e a criação de um banco de dados. Um painel de especialistas, via técnica multicritério AHP, será realizado para ponderação dos pesos aplicados aos itens do questionário. A partir da análise dos dados coletados neste estudo exploratório, outros métodos e técnicas multicritério poderão ser

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

utilizados para delinear a pesquisa, tais como: Delphi ou Fuzzy Topsis Class ou Fuzzy TOPSIS ou Critic.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO Para ser incluído na lista de possíveis participantes da pesquisa, o docente deve ter conhecimento em Indústria 4.0 e vivência administrativa ou passagem por cargos de coordenação. Para encontrá-los os pesquisadores utilizarão de suas redes de contatos e buscas em currículos Lattes e redes sociais profissionais.

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO Serão considerados como válidos apenas os formulários preenchidos por completo. Preenchimentos incompletos serão excluídos da pesquisa e, também, os dados de participantes que por qualquer motivo ordenarem sua exclusão, mesmo após o período de coleta. O participante tem este direito, se assim desejar.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO A proposta aqui apresentada objetiva solicitar a apreciação do Comitê de Ética em pesquisas voltadas ao corpo docente de instituições tecnológicas de ensino superior de nosso país. A análise dos dados coletados pretende fundamentar estudos e gerar dados para publicação de artigos referentes= ao nível de preparo das instituições de ensino superior para a Indústria 4.0, identificando os principais obstáculos enfrentados.

OBJETIVO SECUNDÁRIO a) Levantar os dados, conforme objetivo do trabalho; b) Analisar os dados do levantamento realizado; c) Identificar as dificuldades enfrentadas das IES para a Educação 4.0.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS Entende-se que para o estudo proposto os riscos não são previsíveis e mensuráveis, uma vez que se trata de uma survey envolvendo opiniões. Destacamos, entretanto, que existem os riscos característicos do próprio ambiente virtual, meios eletrônicos e/ou atividades não presenciais em função das limitações das tecnologias utilizadas, bem como limitações que nos impedem assegurar total confidencialidade e ausência de violação de informações. Assim, caso sinta qualquer tipo de desconforto, o participante tem o direito de não responder ou procurar os responsáveis pela pesquisa para esclarecer dúvidas. O participante pode interromper o preenchimento do questionário a qualquer momento. A participação é voluntária e anônima e, também, não há custos para os respondentes.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

BENEFÍCIOS O grande benefício associado a esta pesquisa reside na publicação de material que contribua para a compreensão quanto ao nível de preparo das IES brasileiras em formar o profissional 4.0, bem como entender quais são as principais dificuldades enfrentadas por elas considerando este novo contexto industrial.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Foram postados na Plataforma Brasil os seguintes documentos:

- 1) PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2129644.pdf (em 03/07/2023);
- 2) Projeto2_CEP_v6.pdf (em 03/07/2023);
- 3) Projeto2_CEP_v6_alteracao.pdf (em 03/07/2023);
- 4) Carta_resposta_CEP.pdf (em 03/07/2023);
- 5) TCLE_participantes_v5.pdf (em 03/07/2023);
- 6) TCLE_participantes_v5_alteracao.pdf (em 03/07/2023);
- 7) TCLE_especialistas_v5.pdf (em 03/07/2023);
- 8) TCLE_especialistas_v5_alteracao.pdf (em 03/07/2023);
- 9) Convite_Participantes.pdf (em 22/05/2023);
- 10) Convite_Especialistas.pdf (em 22/05/2023);
- 11) Planilha_AHP.pdf (em 11/05/2023)
- 12) Questionario_GoogleForms.pdf (em 11/05/2023);

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

13) Carteiras_funcionais_pesquisadores.pdf (em 11/05/2023);

14) folhaDeRosto_Mestrado_Enzo.pdf (em 10/05/2023);

15) Cronograma_2.pdf (em 10/05/2023).

Dos documentos mencionados acima, entende-se que o projeto tem como equipe os pesquisadores:

* Professor: Dr. Jefferson de Souza Pinton;

* Professor: Dr. Rosley Anholon;

* Professor: Dr. Tiago Sigahi;

* Professor: Esp. Enzo Gaudino Mendes (Pesquisador Responsável);

* Professor: Esp. José Domingos Adriano.

A finalidade declarada da pesquisa é a produção de resultados para publicação em periódicos especializados.

O projeto tem o orçamento de R\$ 500,00 (quinhentos reais), com financiamento feito pelos próprios pesquisadores.

O projeto propõe a realização de análise exploratória sobre o nível de preparo de docentes de ensino superior para a Indústria 4.0, visando identificar possíveis dificuldades enfrentadas.

Está prevista a coleta de dados de 43 participantes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo abaixo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1. Quanto aos TCLEs, intitulados "TCLE2_participantes_v3.pdf" e "TCLE2_especialistas_v3.pdf":

1.1. Dizer como as informações dos participantes serão manipuladas e armazenadas. Deixar claro o tempo previsto de armazenamento das informações coletadas, sendo no mínimo 5 anos após o término da pesquisa. (Resolução CNS 466-12, item XI.2.f)

RESPOSTA: Informações adicionadas em ambos os TCLEs, no item "tratamento dos dados".

ANÁLISE: Pendência atendida.

1.2. Em "Desconfortos e riscos", deixar claros os riscos característicos do próprio ambiente virtual (algo que foi feito no projeto mas não nos TCLEs).

RESPOSTA: Acrescentados os riscos relacionados ao ambiente virtual, em "Desconfortos e riscos previstos". A informação também foi reforçada em "Sigilo e privacidade".

ANÁLISE: Pendência atendida.

1.3. Quando a coleta de dados ocorrer em ambiente virtual (com uso de programas para coleta ou registro de dados, e-mail, entre outros), na modalidade de consentimento (Registro ou TCLE), o pesquisador deve enfatizar a importância do participante de pesquisa guardar em seus arquivos uma cópia Carta do documento eletrônico.

RESPOSTA: Esta recomendação consta no "TCLE2_participantes" e foi adicionada no "TCLE2_especialistas", em "Desconfortos e riscos previstos". Os arquivos corrigidos foram renomeados para "TCLE2_participantes_v5.pdf" e "TCLE2_especialistas_v5.pdf".

ANÁLISE: Pendência atendida.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

2. Quanto ao projeto de pesquisa, intitulado "Projeto2_CEP_v5.pdf":

2.1. Pergunta: O pesquisador principal é mestrando em um programa de pós-graduação da FEM? Em caso positivo, afirmar que a finalidade da pesquisa é a execução de atividades dentro do contexto desse mestrado.

RESPOSTA: Sim, o pesquisador Enzo Gaudino Mendes está matriculado no programa de mestrado da FEM -UNICAMP. Esta menção foi inserida no "Resumo Informativo" do projeto. O novo arquivo foi nomeado para "Projeto2_CEP_v6.pdf".

ANÁLISE: Pendência atendida. Todavia, recomenda-se que essa informação, em projetos futuros, seja incluída na primeira página do projeto, destacada como a própria finalidade do mesmo ao invés de mencionar publicações em periódicos especializados.

2.2. Incluir número de participantes no projeto (informação consta no arquivo PB - "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2129644.pdf" - mas não no projeto).

RESPOSTA: O número de participantes foi acrescentado em "População a ser estudada".

ANÁLISE: Pendência atendida.

2.3. Os seguintes pesquisadores foram listados no projeto, porém não no PB: Tiago Sigahi; José Domingos Adriano. Os mesmos, se fazem parte da equipe de pesquisa, precisam necessariamente ser incluídos na Plataforma Brasil (PB).

RESPOSTA: Participantes incluídos na Plataforma Brasil.

ANÁLISE: Pendência atendida.

2.4. Em "Garantias éticas aos participantes da pesquisa", deixar claro o tempo previsto de

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

armazenamento das informações coletadas, sendo no mínimo 5 anos após o término da pesquisa. (Resolução CNS 466-12, item XI.2.f).

RESPOSTA: Informação incluída no projeto, no item solicitado.

ANÁLISE: Pendência atendida.

Considerações Finais a critério do CEP:

- O participante da pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
 - O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).
 - O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.
 - O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
 - Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.
 - Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.
- Lembramos que segundo a Resolução 466/2012 , item XI.2 letra e, "cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento".

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

-O pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2129644.pdf	03/07/2023 19:42:52		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto2_CEP_v6.pdf	03/07/2023 19:41:55	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto2_CEP_v6_alteracao.pdf	03/07/2023 19:41:44	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Outros	Carta_resposta_CEP.pdf	03/07/2023 19:41:09	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_participantes_v5.pdf	03/07/2023 19:40:32	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_participantes_v5_alteracao.pdf	03/07/2023 19:40:21	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_especialistas_v5.pdf	03/07/2023 19:40:06	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_especialistas_v5_alteracao.pdf	03/07/2023 19:38:18	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Outros	Convite_Participantes.pdf	22/05/2023 12:07:38	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Outros	Convite_Especialistas.pdf	22/05/2023 12:07:10	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Outros	Planilha_AHP.pdf	11/05/2023 22:35:59	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Outros	Questionario_GoogleForms.pdf	11/05/2023 22:33:49	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Outros	Carteiras_funcionais_pesquisadores.pdf	11/05/2023 22:32:40	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_Mestrado_Enzo.pdf	10/05/2023	ENZO GAUDINO	Aceito

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS -
UNICAMP/CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 6.223.592

Folha de Rosto	folhaDeRosto_Mestrado_Enzo.pdf	17:27:31	MENDES	Aceito
Cronograma	Cronograma_2.pdf	10/05/2023 17:20:04	ENZO GAUDINO MENDES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINAS, 07 de Agosto de 2023

Assinado por:
jacks jorge junior
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br