

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
ÁREA DO CONHECIMENTO DE HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO**

FERNANDO COVOLAN ROSITO

**DINÂMICAS PEDAGÓGICAS NA ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0**

CAXIAS DO SUL

2022

FERNANDO COVOLAN ROSITO

**DINÂMICAS PEDAGÓGICAS NA ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de pesquisa: Processos Educacionais, Linguagem, Tecnologia e Inclusão.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eliana Maria do Sacramento Soares

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Carine Geltrudes Webber

CAXIAS DO SUL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

R821d Rosito, Fernando Covolan

Dinâmicas pedagógicas na engenharia de controle e automação no contexto da indústria 4.0 [recurso eletrônico] / Fernando Covolan Rosito. – 2022.

Dados eletrônicos.

Tese (Doutorado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Educação, 2022.

Orientação: Eliana Maria do Sacramento Soares.

Coorientação: Carine Geltrudes Webber.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Engenharia - Estudo e ensino. 2. Ensino superior - Inovações tecnológicas. 3. Formação profissional. 4. Indústria 4.0. 5. Automação industrial. I. Soares, Eliana Maria do Sacramento, orient. II. Webber, Carine Geltrudes, coorient. III. Título.

CDU 2. ed.: 62:37

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE DE
CAXIAS DO SUL



“Dinâmicas pedagógicas na Engenharia de Controle e Automação no contexto da indústria 4.0”

Fernando Covolan Rosito

Tese de Doutorado submetida à Banca Examinadora designada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Educação. Linha de Pesquisa: Processos educacionais, Linguagem, Tecnologia e Inclusão.

Caxias do Sul, 16 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora:

Dra. Eliana Maria do Sacramento Soares (presidente/orientadora – UCS)

Participação por videoconferência

Dra. Carine G. Webber (coorientadora – UCS)

Participação por videoconferência

Dra. Cristina Maria Pescador (UCS)

Participação por videoconferência

Dr. Carlos Alberto Costa (UCS)

Participação por videoconferência

Dr. Crediné Menezes (UFRGS)

Participação por videoconferência

Dr. João Bittencourt (UNISINOS)

Dedico a todas as pessoas que querem explorar novos horizontes e conhecimentos, a fim de torná-los fontes de sabedorias para proporcionar trocas de experiências.

AGRADECIMENTOS

Após anos de estudo e pesquisa, tenho a satisfação de agradecer às pessoas e às instituições de ensino que me apoiaram durante essa jornada. Desse modo, agradeço:

À minha família que sempre me incentivou a estudar e a construir novos conhecimentos;

À minha orientadora e a minha coorientadora que estiveram ao meu lado durante essa jornada me guiando para uma trajetória vitoriosa;

Às minhas professoras e aos meus professores da UCS que foram fundamentais para que eu pudesse construir conhecimentos diversificados que me constituíram como aluno e pesquisador;

Às minhas colegas e aos meus colegas de Doutorado que me fizeram companhia nas aulas, compartilhando ideias e experiências;

Ao IFRS que me deu a oportunidade de realizar essa capacitação profissional;

À UCS que me ofereceu um curso qualificado e com infraestrutura adequada para o desenvolvimento dos estudos necessários para a realização da pesquisa.

Aos integrantes da banca examinadora que foram importantes para a qualificação desta tese;

E, por fim, aos alunos que fizeram parte desta pesquisa, e que me mostraram pelas suas avaliações e suas opiniões que é possível realizar dinâmicas de aprendizagem mais colaborativas e interativas por meio do processo de mediação.

“O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem sua própria razão de existir.”
Albert Einstein

RESUMO

A história das revoluções industriais revela diversas mudanças significativas que afetam a sociedade, tanto no âmbito profissional quanto no educativo. As tecnologias referentes à quarta revolução industrial, conhecida como indústria 4.0, estão sendo empregadas em dispositivos que a sociedade utiliza em seu cotidiano, como smartphones, tablets, entre outros. No cenário industrial brasileiro, os equipamentos representam, predominantemente, a indústria 2.0 e 3.0, necessitando de contínuos avanços tecnológicos. Não obstante, no contexto acadêmico dos cursos de engenharia, os ambientes de aprendizagem muitas vezes não possuem a devida renovação de equipamentos e de infraestrutura se for levado em conta as demandas da indústria 4.0, de forma que as práticas pedagógicas se tornam defasadas. Logo, vislumbrando os desafios tecnológicos emergentes, é preciso considerar as possibilidades e recursos da indústria 4.0 nas práticas pedagógicas. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou construir norteadores para o desenvolvimento de dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação, considerando as demandas da indústria 4.0 e o conceito de transposição informática. Para tanto, foi elaborado um corpo teórico a partir do cenário relativo à evolução da indústria, destacando os desafios e as tendências da formação profissional na área de Engenharia, articulando as teorias de Papert e Vygotsky, e os conceitos de transposição informática e de pensamento computacional. Após, foi desenvolvido um estudo de caso, constituído por uma oficina, com a finalidade de promover as dinâmicas pedagógicas, da qual emergiram os dados de pesquisa. A oficina foi concebida, associando os conceitos do quadro teórico, com foco na aprendizagem de programação de CLP pela linguagem Ladder associada à tecnologia de simulação em 3D (um dos pilares da indústria 4.0). Posteriormente, foi realizada a análise dos dados de pesquisa, considerando aspectos da análise textual discursiva e aspectos analíticos relacionando as características do pensamento computacional e do papel do engenheiro no cenário da indústria 4.0. Por fim, a partir dos resultados da análise e interpretação do *corpus* de pesquisa, foram apresentados norteadores para o desenvolvimento de dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem, no contexto da indústria 4.0, no ensino em Engenharia de Controle e Automação. Os norteadores evidenciaram a importância de serem criadas dinâmicas pedagógicas com base na mediação do professor, na forma de intervenções problematizadoras e instigadoras, emergindo um ambiente colaborativo e interativo, e por meio de recursos informáticos, em que o aluno signifique a ação realizada a partir da sua interação com os dispositivos tecnológicos. Nesse cenário as práticas realizadas pelos alunos foram precursoras da aprendizagem e do desenvolvimento de habilidades e competências relacionadas ao pensamento computacional e às especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0, que são importantes tanto para a formação do profissional como para formação do cidadão. Com base na pesquisa desenvolvida, conclui-se que o conceito de transposição informática, no processo de elaboração de práticas e dinâmicas na aprendizagem que envolvam elementos tecnológicos e informáticos, auxilia o professor a explorar as possibilidades desses recursos para criar objetos de aprendizagem que levem o aluno a estabelecer relações conceituais, por meio de representações, simulações e construções. Também, que as teorias de Vygotsky e de Papert foram consideradas válidas para o desenvolvimento de dinâmicas mediadoras, culminando em ambientes colaborativos e tecnológicos no processo de aprendizagem relacionada à programação de CLP.

Palavras-chave: Dinâmicas pedagógicas na Engenharia de Controle e Automação; tecnologias da indústria 4.0; transposição informática; mediação.

ABSTRACT

The history of industrial revolutions reveals several significant changes that affect society, both professionally and educationally. Technologies related to the fourth industrial revolution, known as industry 4.0, are being used in devices that society uses in its daily life, such as smartphones, tablets, among others. In the Brazilian industrial scenario, equipment predominantly represents industry 2.0 and 3.0, requiring continuous technological advances. However, in the academic context of engineering courses, learning environments often do not have the proper renovation of equipment and infrastructure if the demands of Industry 4.0 are taken into account, so that pedagogical practices become outdated. Therefore, envisioning the emerging technological challenges, it is necessary to consider the possibilities and resources of industry 4.0 in pedagogical practices. In this sense, the present research aimed to build guidelines for the development of pedagogical dynamics in learning environments in Control and Automation Engineering, considering the demands of industry 4.0 and the concept of computer transposition. To this end, a theoretical body was prepared based on the scenario related to the evolution of the industry, highlighting the challenges and trends of professional training in the area of Engineering, articulating the theories of Papert and Vygotsky, and the concepts of informatics transposition and computational thinking. Afterwards, a case study was developed, consisting of a workshop, with the purpose of promoting the pedagogical dynamics, from which the research data emerged. The workshop was conceived, associating the concepts of the theoretical framework, focusing on learning PLC programming using the Ladder language associated with 3D simulation technology (one of the pillars of Industry 4.0). Subsequently, the analysis of the research data was carried out, considering aspects of discursive textual analysis and analytical aspects relating the characteristics of computational thinking and the role of the engineer in the industry 4.0 scenario. Finally, based on the results of the analysis and interpretation of the research corpus, guidelines were presented for the development of pedagogical dynamics in learning environments, in the context of industry 4.0, in the teaching of Control and Automation Engineering. The guides highlighted the importance of creating pedagogical dynamics based on the teacher's mediation, in the form of problematizing and instigating interventions, emerging a collaborative and interactive environment, and through computer resources, in which the student means the action performed from their interaction with technological devices. In this scenario, the practices carried out by the students were precursors to learning and developing skills and competencies related to computational thinking and the specificities of the engineer in the industry 4.0 scenario, which are important both for the training of professionals and for the training of citizens. Based on the research carried out, it is concluded that the concept of computer transposition, in the process of elaborating practices and dynamics in learning that involve technological and computer elements, helps the teacher to explore the possibilities of these resources to create learning objects that take the student to establish conceptual relationships through representations, simulations and constructions. Also, that Vygotsky's and Papert's theories were considered valid for the development of mediating dynamics, culminating in collaborative and technological environments in the learning process related to PLC programming.

Keywords: Pedagogical dynamics in Control and Automation Engineering; industry 4.0 technologies; computer transposition; mediation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tecnologias utilizadas na indústria 4.0	48
Figura 2 – Robô YuMi	49
Figura 3 – Interação do Robô YuMi com humanos	49
Figura 4 – Simulação em 3D	50
Figura 5 – Uso de tablet na realidade aumentada	52
Figura 6 – Uso de óculos específicos para realidade aumentada	53
Figura 7 – Cenários possíveis da aplicação das tecnologias para manufatura avançada	53
Figura 8 – Grau de desafios para a implementação da indústria 4.0	57
Figura 9 – Setores no Brasil que se beneficiam com a indústria 4.0	58
Figura 10 – Elementos de um sistema de controle	62
Figura 11 – Processo de transformação dos saberes com a transposição didática	76
Figura 12 – Processo de transformação dos saberes com a transposição informática	79
Figura 13 – Elementos essenciais da abordagem construcionista	85
Figura 14 – Elementos da teoria de Vygotsky	89
Figura 15 – Níveis de desenvolvimento cognitivo	90
Figura 16 – Elementos importantes da tese	94
Figura 17 – Delineamento metodológico	96
Figura 18 – Ambiente do Moodle.....	103
Figura 19 – Ambiente do Google Meet	104
Figura 20 – Ambiente de programação e simulação pela tela de IHM	105
Figura 21 – Ambiente de simulação em 3D	105
Figura 22 – <i>Corpus</i> de análise	107
Figura 23 – Resolução de exercício do aluno D	108
Figura 24 – Resolução de exercício do aluno D, utilizando software	108
Figura 25 – Explicação de conteúdo no encontro no Google Meet.....	112
Figura 26 – Debate de conceito no encontro no Google Meet	112
Figura 27 – Material digital do encontro 6	115
Figura 28 – Compartilhando tela do exercício de Ladder com IHM.....	118
Figura 29 – Interação entre os softwares utilizados na oficina.....	119
Figura 30 – Estrutura do <i>corpus</i> e da análise do <i>corpus</i>	121
Figura 31 – Processo da ATD	125

Figura 32 – Protocolos das produções textuais sobre as teorias de desenvolvimento e aprendizagem.....	129
Figura 33 – Protocolos dos dados sobre o pensamento computacional	129
Figura 34 – Protocolos dos dados sobre as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0	130
Figura 35 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno C)	138
Figura 36 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno A)	138
Figura 37 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno B)	139
Figura 38 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 11 (1/11) (aluno B)	139
Figura 39 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno D)	140
Figura 40 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 1 (aluno D).....	140
Figura 41 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno E).....	141
Figura 42 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 1 (aluno E)	141
Figura 43 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno F).....	142
Figura 44 – Código em Ladder do exercício 3 do encontro 5 (3/5) sobre algoritmo (aluno F)	143
Figura 45 – Tela de IHM do exercício 4 do encontro 5 (4/5) (aluno D)	144
Figura 46 – Código em Ladder do exercício 4 do encontro 5 (4/5) (aluno D).....	144
Figura 47 – Ambiente de simulação em 3D do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 2 (aluno D).....	145
Figura 48 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 2 (aluno D).....	146
Figura 49 – Ambiente de simulação em 3D do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 2 (aluno B).....	147
Figura 50 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 2 (aluno B).....	148
Figura 51 – Código em Ladder no papel do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 1 (aluno A).....	149
Figura 52 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 2 (aluno A).....	149
Figura 53 – Tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno C)	153
Figura 54 – Telas da IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno F)	153
Figura 55 – Tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno G)	153
Figura 56 – Tela de IHM do exercício 3 do encontro 5 (3/5) (aluno H)	154
Figura 57 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno C)	155
Figura 58 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno D)	155
Figura 59 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno F).....	156

Figura 60 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno B)	156
Figura 61 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 11 (1/11 - parte 2) (aluno H)	156
Figura 62 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 12 (1/12 - parte 2) (aluno E)	157
Figura 63 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno E).....	157
Figura 64 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno E)	158
Figura 65 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno G)	158
Figura 66 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno G).....	159
Figura 67 – Código em Ladder no papel do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno H)	160
Figura 68 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 5 (1/5) (aluno H)	161
Figura 69 – Código em Ladder no papel do exercício 2 do encontro 3 (2/3) (aluno H)	161
Figura 70 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno H)	161
Figura 71 – Código em Ladder no papel do exercício 3 do encontro 3 (3/3) (aluno H)	162
Figura 72 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 3 do encontro 5 (3/5) (aluno H)	162
Figura 73 – Tela de IHM do exercício 4 do encontro 5 (4/5) (aluno H)	162
Figura 74 – Tela de IHM do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno H)	162
Figura 75 – Código em Ladder no papel do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno A)	165
Figura 76 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 5 (1/5) (aluno A)	165
Figura 77 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno D).....	166
Figura 78 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 5 (1/5) (aluno D).....	166
Figura 79 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 3 (2/3) (aluno D).....	167
Figura 80 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno D).....	167
Figura 81 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno G)	168
Figura 82 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno C)	168
Figura 83 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno A)	169
Figura 84 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno C)	169
Figura 85 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno D)	170
Figura 86 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno F)	170
Figura 87 – Código do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno H)	172
Figura 88 – Código do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno H)	172
Figura 89 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno D).....	173
Figura 90 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 3 (2/3) (aluno D).....	173
Figura 91 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 11 (1/11 – parte 1) (aluno D)....	174

Figura 92 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno E)	175
Figura 93 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno E)	175
Figura 94 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno F).....	176
Figura 95 – Telas de IHM do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno F)	177
Figura 96 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno F).....	177
Figura 97 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno B)	178
Figura 98 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno G)	178
Figura 99 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno B)	179
Figura 100 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno G).....	179
Figura 101 – Relações dos elementos identificados na análise dos códigos	181
Figura 102 – Categorização com base nos protocolos de análise.....	185
Figura 103 – Mapa conceitual das análises dos códigos e dos textos	208

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Posição do Brasil sobre sua competitividade industrial em relação ao mundo	59
Quadro 2 – Procedimentos da transposição informática	81
Quadro 3 – Enunciado de um exercício do Encontro 3	110
Quadro 4 – Enunciado de um exercício do Encontro 7	110
Quadro 5 – Enunciado de um exercício do Encontro 12	110
Quadro 6 – Outro enunciado de um exercício do Encontro 12	110
Quadro 7 – Unitarização pelos diários dos alunos	182
Quadro 8 – Unitarização pelas minhas observações	183

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ATD	Análise Textual Discursiva
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
<i>BCG</i>	<i>Boston Consulting Group</i>
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	Controle Numérico Computadorizado
CNI	Confederação Nacional da Indústria
<i>CPS</i>	<i>Cyber-Physical Systems</i>
DL	Diagrama Ladder
EaD	Educação a Distância
Fiesp	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FPS	Funções Psicológicas Superiores
<i>GIZ</i>	<i>Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
IA	Inteligência Artificial
IFRS	Instituto Federal do Rio Grande do Sul
IHM	Interface Homem-Máquina
<i>IIoT</i>	<i>Industrial Internet of Things</i>
<i>IMD</i>	<i>Institute for Management Development</i>
<i>IoS</i>	<i>Internet of Services</i>
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISI SVP	Instituto Senai de Inovação em Sistemas Virtuais de Produção
<i>LD</i>	<i>Ladder Diagram</i>
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
<i>MIT</i>	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MPEs	Micros e Pequenas Empresas
MPME	Micros, Pequenas e Médias Empresas
PC	Pensamento Computacional
P,D&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
PPCs	Projetos Pedagógicos dos Cursos
SBC	Sociedade Brasileira de Computação
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
<i>STEM</i>	<i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i>
<i>STEAM</i>	<i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics</i>
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TI	Tecnologia da Informação
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
<i>WCY</i>	<i>World Competitiveness Yearbook</i>
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA TESE	15
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 APRESENTAÇÃO SOBRE O AUTOR	16
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE O TEMA DA TESE	18
1.2.1 Breve história da Revolução Industrial.....	18
1.2.2 Desafios, habilidades e competências de engenheiros e outros profissionais para o cenário tecnológico emergente.....	19
1.2.3 Desafios das empresas para implementar a indústria 4.0	23
1.2.4 Reverberações das tecnologias emergentes para as práticas pedagógicas.....	25
1.3 PROBLEMA DA PESQUISA	31
1.4 FOCO, RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO.....	36
1.5 OBJETIVO GERAL.....	37
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
2 QUADRO TEÓRICO	39
2.1 INDÚSTRIA 4.0	39
2.1.1 História da revolução industrial	39
2.1.2 Transformações na educação	43
2.1.3 Tecnologias emergentes	46
2.1.4 Cenário industrial tecnológico brasileiro	54
2.2 PROCESSO AUTOMATIZADO DA INDÚSTRIA 3.0.....	60
2.2.1 Sistema de controle automatizado	61
2.2.2 Controlador lógico programável.....	65
2.2.3 Linguagem Ladder	66
2.3 PENSAMENTO COMPUTACIONAL	67
2.3.1 Conceito, habilidades e competências do Pensamento Computacional.....	67
2.3.2 Contribuições do pensamento computacional para a educação em engenharia	70
2.4 TRANSPOSIÇÃO INFORMÁTICA	74
2.4.1 Transposição didática	74
2.4.2 Transposição informática	77
2.5 TEORIAS DE DESENVOLVIMENTO E APRENDIZAGEM	82

3	MÉTODO DA PESQUISA	96
3.1	PLANEJAMENTO INICIAL E CARACTERÍSTICAS DA OFICINA.....	98
3.2	DESENVOLVIMENTO DA OFICINA	101
3.2.1	Ponto de partida	101
3.2.2	Ambientes de aprendizagens utilizados.....	102
3.2.3	Práticas de aprendizagem desenvolvidas	106
3.2.4	Dinâmicas dos encontros.....	111
3.3	DESENVOLVIMENTO DA COMPOSIÇÃO DO CORPUS	120
3.4	PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO CORPUS	120
3.4.1	Análise textual discursiva	121
3.4.2	Análise das produções codificadas.....	125
3.4.3	Protocolos de análise	128
4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DO CORPUS	131
4.1	ANÁLISE DOS CÓDIGOS	131
4.1.1	Automatização de processos em etapas ordenadas	136
4.1.2	Representação de dados por meio de abstrações.....	150
4.1.3	Otimização de processos	163
4.1.4	Padronização.....	171
4.2	O QUE REVELAM OS DADOS TEXTUAIS	181
4.3	EMERGÊNCIAS DAS ANÁLISES DOS CÓDIGOS E DOS TEXTOS.....	185
4.3.1	Interação dos alunos com os participantes da oficina.....	186
4.3.2	Mediação do professor	191
4.3.3	Ambientes e tecnologias como elementos mediadores	195
5	NORTEADORES PARA DESENVOLVER DINÂMICAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO EM ENGENHARIA.....	209
5.1	INVESTIGAÇÃO DO CONTEXTO, DO TEMA CENTRAL E DOS CONCEITOS E TEORIAS	209
5.2	PLANEJAMENTO ESTRUTURAL DA OFICINA	211
5.3	RECURSOS ESCOLHIDOS CONSIDERANDO A MODALIDADE DE ENSINO.....	211
5.4	ESCOLHA DA TECNOLOGIA RELACIONADA À INDÚSTRIA 4.0.....	212
5.5	MATERIAIS DIDÁTICOS EM FORMATO DIGITAL.....	214

5.6	AMBIENTES DE APRENDIZAGEM SELECIONADOS PARA A OFICINA	215
5.7	DIÁRIOS DOS ALUNOS	217
5.8	OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR.....	218
5.9	ELABORAÇÃO DAS PRÁTICAS DE APRENDIZAGEM RELACIONADAS AO PC.....	219
5.10	MEDIAÇÃO SOCIAL NAS DINÂMICAS DAS ATIVIDADES EM GRUPO E INDIVIDUAIS	219
5.11	REVERBERAÇÕES DAS DINÂMICAS DESENVOLVIDAS	221
5.12	DIFICULDADES E OUTROS ASPECTOS PERCEBIDOS DURANTE A OFICINA.....	224
5.12.1	Transposição informática	226
5.13	MINHA AUTOAVALIAÇÃO COMO PESQUISADOR E PROFESSOR	228
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	229
	REFERÊNCIAS	233
	APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DE CONCEITOS.....	250

APRESENTAÇÃO DA TESE

Esta tese de doutorado está dividida em seis capítulos.

O primeiro apresenta uma introdução do tema da pesquisa, esclarecendo a motivação do autor perante o objeto de estudo, o problema e a pergunta de pesquisa, entre outros fatores relevantes para o entendimento inicial do projeto.

No segundo capítulo está desenvolvido o quadro teórico da tese, em que são apresentados os assuntos que embasam o projeto.

O terceiro capítulo relata como foi o desenvolvimento do método da pesquisa, mostrando como foram realizados os procedimentos teóricos na prática.

No quarto capítulo está descrita a análise dos dados oriundos das práticas exercidas na proposta do projeto.

No quinto capítulo estão relatadas as percepções do autor sobre a análise dos dados e os assuntos apresentados no quadro teórico, culminando em sugestões e recomendações que respondem à pergunta de pesquisa.

Por fim, há o sexto capítulo com as considerações finais que revelam um resumo das conclusões reverberadas na tese.

1 INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo faço uma apresentação sobre a minha pessoa e o que me motivou a iniciar esta pesquisa. Após realizo a contextualização desta tese, relatando uma breve história da revolução industrial e os desafios que os profissionais da engenharia e as empresas têm com este cenário tecnológico, assim como as reverberações da indústria 4.0 sobre as práticas pedagógicas. Em seguida, descrevo o problema da pesquisa, o foco, a relevância e as contribuições do trabalho, como também, o objetivo geral e os objetivos específicos da tese.

1.1 APRESENTAÇÃO SOBRE O AUTOR

Meu nome é Fernando, sou o pesquisador e autor desta tese de doutorado, engenheiro de controle e automação e professor¹ da área. Após ingressar na docência, por ter o interesse pessoal em explorar novos horizontes na educação e melhorar as minhas práticas de ensino, realizei o curso de especialização em Educação a Distância (EaD). Vislumbrava na EaD uma possível evolução da educação nesta temática e, por esta razão, resolvi explorar o assunto, pois poderia me ajudar didaticamente em um futuro próximo. Após, com a finalidade de continuar estudando as práticas educativas, realizei a graduação do curso de Licenciatura para a Educação Profissional e Tecnológica. Confesso que no início do curso foi bem difícil a adaptação, uma vez que os termos utilizados nos textos e o método de raciocínio eram diferentes dos vistos e praticados na engenharia. Apesar das diferenças, consegui desenvolver técnicas, habilidades e competências na docência. Com o objetivo pessoal de estar permeando pelos dois grandes temas da minha profissão, a engenharia e a educação, resolvi realizar o mestrado na área das exatas. Então, realizei o mestrado na Engenharia Mecânica desenvolvendo um estudo sobre um tema bem específico de um dispositivo utilizado na engenharia. Nesse período percebi a diferença de comportamento entre os cursos. Nos cursos da área da educação as aulas eram mais verbalizadas, comentadas e discutidas, envolvendo trocas de opiniões e compartilhando ideias. Já nos cursos de exatas (graduação e mestrado), as aulas eram mais objetivas, voltadas em conceitos e práticas das teorias, não tendo muito espaço para discussões. Esta diferença é bem razoável, visto que na área das exatas a teoria é, de certa forma, mais direta, não aberta a interpretações. Logo, os estudantes pouco argumentam sobre os temas e sobre os cálculos abordados na engenharia. As aulas são, normalmente, conduzidas de maneira mais

¹ No texto desta tese os termos professor, docente e educador serão utilizados como sinônimos, embora em outros contextos possam ser diferentes.

mecanizadas, através de resolução de problemas. Percebo que há pouca margem para discussões sobre as teorias, uma vez que são fundamentadas por alguma propriedade matemática, física, química, etc. Já nos textos explorados nos cursos de humanas a interpretação de cada aluno² é relevante para a construção do conhecimento coletivo. É possível nesses cursos refletir mais sobre os temas abordados, já que apresentam mais textos e poucos cálculos. A linguagem e o modo de apresentação dos conteúdos por parte dos professores também são diferentes. Na engenharia, muito da teoria tem embasamento em cálculos, já na educação tem a fundamentação a partir de estudos dos educadores. Como há divergências entre os próprios educadores e várias linhas de pensamento, permite que os estudantes dos cursos de humanas questionem os autores teóricos. Assim, este meu movimento de permear entre os dois “universos” me faz refletir sobre a minha conduta docente. Desta forma, o que me motivou a escolher a área da Educação no doutorado foi continuar em constante renovação e adaptação das técnicas do processo de ensino e aprendizagem³. Desse modo, pretendi seguir a minha jornada de estudos conhecendo as práticas docentes com potencial de inovação para a minha área de atuação como professor. Já que leciono na Engenharia, também necessito me reciclar em relação aos assuntos que envolvem a tecnologia e formação de profissionais que irão contribuir para a sociedade. Assim, com o objetivo de relacionar os dois campos de conhecimento, procurei estudar no doutorado um tema de pesquisa que me ajudasse a explorar mais a educação na engenharia. Portanto, na tese, decidi direcionar o estudo sobre as práticas pedagógicas, envolvendo as tecnologias emergentes e o perfil profissional, reverberando dinâmicas em ambientes de aprendizagem no contexto da indústria 4.0. Cabe salientar que as dinâmicas desenvolvidas pelo professor e alunos no ambiente de aprendizagem podem ser utilizadas como um recurso a serviço da prática pedagógica, pois elas facilitam o processo de comunicação, favorecem a interdisciplinaridade, proporcionam o despertar de lideranças, de valores, o crescimento pessoal e grupal, gerando o comprometimento, a cooperação, a aprendizagem e a transformação do aluno (SILVA, 2013).

² No texto desta tese os termos aluno, estudante, aprendiz e educando serão utilizados como sinônimos, embora em outros contextos possam ser diferentes.

³ No Apêndice A estão esclarecidos alguns conceitos que podem contribuir no entendimento sobre os desdobramentos desenvolvidos nesta subseção, como: processo de ensino e aprendizagem, prática docente, prática pedagógica e prática educativa.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE O TEMA DA TESE

O cenário industrial continuamente promove mudanças tecnológicas significativas, marcadas pelas revoluções industriais, projetando novas tendências em diversos ramos de atuação, incluindo a Engenharia. Este fato influi no desenvolvimento acadêmico dos engenheiros que necessitam aperfeiçoar as habilidades que são interessantes tanto para o seu desenvolvimento pessoal, como para o mercado de trabalho. Portanto, é importante acompanhar a evolução industrial que transforma a sociedade, pois o uso de tecnologias impacta tanto no dia a dia das pessoas, como também transforma o processo de produção de um produto, entre outros fatores.

Desta forma, estão apresentados a seguir: uma breve história da revolução industrial; os desafios, habilidades e competências de engenheiros e outros profissionais para o contexto tecnológico emergente; os desafios das empresas para implementar a indústria 4.0 e as reverberações das tecnologias emergentes para as práticas pedagógicas.

1.2.1 Breve história da Revolução Industrial

As revoluções industriais dizem respeito, basicamente, as mudanças significativas no modo de fabricação dos produtos. Nesse sentido, houve quatro revoluções industriais, sendo que a primeira, conhecida como indústria 1.0, teve início na segunda metade do século XVIII devido à mudança da fabricação artesanal pela mecanização da produção por máquinas a vapor (CAVALCANTE; SILVA, 2011; HEINDL *et al.*, 2016; RIBEIRO JÚNIOR *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018). A segunda revolução industrial (indústria 2.0) originou-se pela utilização da energia elétrica nos processos produtivos e pela massificação da produção, ocorrida após a metade do século XIX (BAYGIN *et al.*, 2016; MARTINS; ALMEIDA, 2018). Já a terceira revolução (indústria 3.0) diz respeito à automatização de atividades mecânicas e repetitivas através de máquinas com suporte eletrônico. Nesse período a eletrônica, os computadores, a internet e a tecnologia da informação (TI) foram recursos utilizados nos processos de produção nas fábricas (BAYGIN *et al.*, 2016; HEINDL *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2018). Com a evolução da eletrônica foram sendo desenvolvidos mais equipamentos para auxiliar na produção e substituição de atividades realizadas pelo homem, como robôs e os controladores lógicos programáveis (CLPs), que são dispositivos programáveis que podem executar tarefas sem a intervenção do operador (BAYGIN *et al.*, 2016; SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018). Muitos países em desenvolvimento ainda utilizam este cenário como meio

tecnológico de produção. Outros, por sua vez, estão utilizando as chamadas fábricas inteligentes (*smart factories*), provenientes do contexto da quarta revolução industrial, conhecida também como indústria 4.0, manufatura avançada, entre outros nomes (BAYGIN *et al.*, 2016). Essa última revolução industrial está relacionada a uma maior conectividade das máquinas e processos de produção em tempo real, viabilizando o gerenciamento automático de um grande fluxo de informações entre diversos segmentos. Como consequência, permite a personalização da produção em massa. Nessa circunstância, máquinas coletam dados, compartilham informações de produção, distribuem e executam tarefas com pouca ou nenhuma intervenção humana (FORSCHUNGSUNION; ACATECH, 2013; HEINDL *et al.*, 2016; SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018). Esse tipo de inovação industrial compreende várias tecnologias que são importantes para as pessoas, visto que muitas delas são empregadas no contexto industrial e social, estando presentes em dispositivos eletrônicos que usamos frequentemente. Desta forma, os profissionais de diversas áreas necessitam de atualizações constantes das inovações emergentes.

1.2.2 Desafios, habilidades e competências de engenheiros e outros profissionais para o cenário tecnológico emergente

Segundo o Instituto Senai de Inovação em Sistemas Virtuais de Produção (ISI SVP), o Brasil está passando por um processo de transformação no ambiente industrial devido ao avanço tecnológico, e estima-se que 15,7 milhões de postos de trabalho sejam afetados até 2030 (ISI SVP, 2019). As tecnologias da indústria 4.0 influenciam na interação do homem com a máquina, mudando as exigências enfrentadas pelos empregados. Por esse motivo, o cotidiano profissional está caracterizado por tarefas menos braçais e mais direcionadas para coordenação e monitoramento de sistemas inteligentes (HEINDL *et al.*, 2016). É importante a reflexão, pois algumas das consequências da evolução industrial são: o declínio de empregos no que diz respeito às tarefas simples e repetitivas por serem mais suscetíveis à automação; e o surgimento de novos cargos em níveis gerenciais ou em áreas que exigem maior qualificação (ALCOFORADO, 2019; TESSARINI JUNIOR; SALTORATO, 2018). À vista disso, emergem vantagens e desvantagens do contexto tecnológico, gerando novos desafios sociais e profissionais, inclusive na área da Engenharia.

O “Mapa do Trabalho Industrial 2019-2023”, elaborado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) a partir de cenários sobre o comportamento da economia brasileira e dos seus setores, prevê que as mudanças tecnológicas para a fabricação de produtos

demandarão gradativamente mais especialistas na área de implementação de processos robotizados (SENAI, 2019). Nessa evolução, a tendência é que as empresas invistam em máquinas e programas mais avançados, sendo promissoras as projeções para os engenheiros, principalmente de controle e automação. Como a evolução industrial vislumbra a crescente eficiência e a inserção tecnológica nos processos de produção, pode-se dizer que esse profissional será bastante requisitado nos próximos anos (HHE, 2021).

Conforme o mesmo mapa do trabalho industrial, as maiores taxas de crescimento de empregos serão de ocupações que têm como base a tecnologia, por exemplo: pesquisadores de engenharia e tecnologia (aumento de 17,9%); engenheiros de controle e automação, engenheiros mecatrônicos e afins (14,2%), diretores de serviços de informática (13,8%); operadores de máquinas de usinagem de controle numérico computadorizado (CNC) (13,6%), etc. (SENAI, 2019). Todavia, há um fato intrigante na engenharia, que é o desvio da área de formação devido ao pouco incentivo empresarial para com os engenheiros. Dessa maneira, esses acabam atuando em outros setores (HHE, 2021). A mesma fonte reforça que para reter talentos é preciso ofertar salários atrativos e capacitação profissional. Ao encontro dessa informação, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) mostrou que menos da metade (41%) dos engenheiros exercem suas ocupações típicas. Logo, esses dados apontam que o engenheiro possui versatilidade, mas que há um desafio das indústrias em cativar este profissional para desempenhar atividades de sua formação (HHE, 2021).

As empresas procuram cada vez mais profissionais com competências diversificadas, ou seja, que não tenham apenas conhecimentos técnicos, mas também habilidades em se comunicar e trabalhar em equipe. O estudo Inova Engenharia (IEL/SENAI, 2006) salienta que as engenharias são desenvolvidas sob influência do processo de industrialização, sendo exigido do engenheiro uma competência eminentemente técnica. No entanto, com a diversificação dos processos industriais, a qualificação científica também começou a ser requerida e, mais recentemente, as indústrias e o mercado exigem, além das anteriores, as chamadas competências gerenciais. Desta maneira, os engenheiros necessitam incluir em seus currículos as atribuições no que diz respeito a relacionamentos interpessoais. O mercado espera que os profissionais integrem as equipes rapidamente com essas habilidades consolidadas, investindo, assim, em treinamentos e capacitações profissionais mais na área técnica (HHE, 2021). Segundo a pesquisa de Silva, Kovaleski e Pagani (2019), as competências de base para pessoas na indústria 4.0 são: comunicação; criatividade; inovação; processos decisórios; habilidades analíticas; liderança; e conhecimento técnico. Já Tessarini Junior e Saltorato (2018) identificaram, através de suas pesquisas, três categorias relacionando as competências

requeridas pelas fábricas inteligentes, sendo estas: 1. competências funcionais, entendidas como aquelas necessárias para o desempenho técnico e profissional das tarefas; 2. competências comportamentais, mais intrínsecas e relacionadas às atitudes do indivíduo; 3. competências sociais, relacionadas com a capacidade de interagir e trabalhar com outras pessoas. Araújo, Silva e Costa Filho (2017) listam algumas das competências e habilidades relacionadas aos egressos de cursos de engenharia, sendo estas: comunicar-se de forma eficaz; aplicar conhecimentos de matemática, ciência e engenharia; trabalhar em equipes multidisciplinares; compreender os impactos das soluções de engenharia em contextos globais e sociais; aprendizagem continuada; liderança; reconhecer e adaptar-se a mudanças.

O estudo de Alcoforado (2019) indica quatro habilidades que são essenciais em um ambiente com tecnologias avançadas: 1. a inteligência interpessoal, uma habilidade de se relacionar com outras pessoas, destacando-se a capacidade de criar empatia e liderança; 2. a inteligência intrapessoal, que envolve a capacidade de se conhecer e relacionar consigo, destacando-se o autoconhecimento, autocontrole e domínio de emoções; 3. a inteligência interartificial, que é a habilidade de compreender o impacto da tecnologia, isto é, conhecer as potencialidades das tecnologias disruptivas, como robótica e inteligência artificial (IA), e utilizá-las como ferramentas a favor das pessoas; 4. a inteligência criativa, que é, por enquanto, o principal diferencial entre a inteligência humana e a artificial, ou seja, a capacidade de criar algo novo utilizando as demais inteligências e aplicando-as de forma inovadora. Rajnai e Kocsis (2017) apontam características ocupacionais no processo de digitalização e informatização, como: a percepção e manipulação das tecnologias; a inteligência criativa (originalidade, belas artes); e a inteligência social (percepção, habilidades de negociação, cooperação com outras pessoas).

A pesquisa desenvolvida pelo Centro de Inovação Sesi em “Skills 4.0: Habilidades para a Indústria⁴” apresenta três categorias das habilidades para a indústria 4.0: as habilidades sociocomportamentais, as habilidades de gestão e as habilidades técnicas. 1. As habilidades sociocomportamentais contribuem para as relações interpessoais do indivíduo, entre as quais destacam-se comunicação, mentalidade digital, resolução de problemas, pensamento crítico, aprendizagem ativa e inteligência emocional. 2. As habilidades de gestão são relacionadas ao planejamento, à organização e ao gerenciamento de pessoas, recursos, atividades e projetos, de acordo com objetivos predefinidos, potencializando a criação de novas oportunidades de

⁴ A publicação apresenta informações estruturantes sobre habilidades para a indústria 4.0 provenientes de um amplo esforço de pesquisa capitaneado pelo Centro de Inovação Sesi Longevidade e Produtividade com a cooperação técnica do Observatório Sistema Fiep.

negócio e colaborando com o alcance do sucesso nas múltiplas atividades de um ambiente de trabalho. 3. As habilidades técnicas dizem respeito à utilização de tecnologias e ao emprego específico destas no dia a dia empresarial, assim como de habilidades em programação, análise de dados, análise avançada, entre outros aspectos mais voltados à tecnologia da informação (SESI, 2020).

As cinco habilidades mais frequentes de cada categoria supracitada são: comunicação, mentalidade digital, resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento crítico para as habilidades sociocomportamentais. Gestão; gestão de pessoas, gestão de projetos, gestão de recursos e gestão da inovação para as habilidades de gestão. Programação, análise de dados, processamento de dados, análise da segurança e manutenção e reparo para as habilidades técnicas. O estudo também destaca que, dentre as trinta habilidades mais frequentes para a indústria 4.0 na literatura, aparecem nas cinco primeiras posições as seguintes capacidades: comunicação, mentalidade digital, gestão, resolução de problemas e programação (SESI, 2020).

Além de conhecer as habilidades e competências das pessoas sobre a indústria 4.0, também é importante saber como desenvolver esses atributos junto com o ser humano. Isto posto, conforme estudo de Silva, Kovalski e Pagani (2019), a qualificação deve ocorrer por meio da capacitação de pessoas, treinamentos integrados em laboratórios técnicos providos de tecnologias adequadas (hardwares e softwares), entre outras ações. O estudo também revela a importância das competências de TI e de pensamento humano interdisciplinar como elementos curriculares básicos para os estudantes. Desta maneira, a qualificação para a manufatura avançada é um dos requisitos primordiais para o sucesso desta quarta revolução industrial. O estudo enfatiza que a participação das pessoas no processo industrial continuará sendo necessária, uma vez que nem todas as tarefas poderão ser substituídas por sistemas ou máquinas com IA. O que irá ocorrer é um redirecionamento de atividades, ou seja, os profissionais desenvolverão outras tarefas, como, por exemplo: a programação de robôs nas linhas de montagem, operações de sistemas, supervisões gerais e trabalhos com processos decisórios. Mesmo que muitas empresas brasileiras ainda vivenciam a segunda revolução industrial, conforme o documento “Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil ProFuturo - Produção do Futuro” do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), é importante o país se preocupar e investir em uma educação acolhedora das tecnologias emergentes (BRASIL, 2017).

Segundo a Resolução CNE/CES nº 2/2019, que institui as diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Engenharia, dentre as características do perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia estão: “ter visão holística e humanista, ser crítico,

reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica” e “estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora” (BRASIL, 2019). Estas informações reforçam a ideia de que o curso deve incentivar o aluno a desenvolver o senso de humanidade, juntamente com a atualização tecnológica que a profissão exige. O cenário da indústria 4.0 exigirá um profissional mais generalista, ou seja, com aptidões que englobem vários campos do conhecimento, ao invés do aperfeiçoamento em uma área isolada (SESI, 2020).

Então, para que ocorra o desenvolvimento da pessoa de forma intrapessoal e interpessoal, levando em conta as necessidades da quarta revolução industrial, existem, segundo Tessarini Junior e Saltorato (2018), duas principais estratégias possíveis: aprendizagem contínua e à inovação constante nos ambientes de trabalho e social; e a reformulação nos sistemas educacionais, conciliando os interesses públicos, privados e científicos. Dessa forma, setores empresariais, governamentais, acadêmicos e a sociedade devem criar políticas direcionadas à formação profissional nos diversos níveis de aprendizagem, como também de questões relativas ao trabalho humano nas indústrias (BRASIL, 2017; SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2019).

1.2.3 Desafios das empresas para implementar a indústria 4.0

Nos países desenvolvidos, a expansão acelerada de tecnologias disruptivas altera os modelos de produção e serviços construídos pela indústria do século XXI, gerando mudanças no comportamento dos mercados consumidores, como também mudanças econômicas e sociais. A manufatura avançada que está emergindo tem por base sistemas digitais complexos que, ao se integrarem em rede e automatização de processos, aproximam objetos físicos e virtuais, gerando uma produção industrial mais flexível e customizada. A digitalização, conectividade e automação são atributos que avançam com a quarta revolução industrial, alterando os padrões de competitividade e provocando transformações industriais nas relações entre homens, máquinas e a inteligência de softwares e algoritmos⁵ (ARBIX *et al.*, 2017).

O estudo de Santos *et al.* (2018) aponta alguns impasses relacionados à implementação da indústria 4.0 nas empresas. Algumas incertezas estão relacionadas com a incompatibilidade das interfaces de comunicação e a segurança na transmissão dos dados. No contexto da quarta revolução industrial, em que a comunicação autônoma entre dispositivos inteligentes

⁵ Um algoritmo é uma sequência de etapas projetadas para realizar uma tarefa específica. Algoritmos são traduzidos em programas, ou código, para fornecer instruções para dispositivos de computação (CSTA, 2016).

conectados à rede impera, é necessário estabelecer procedimentos que assegurem um alto nível de segurança e proteção digital sobre as informações da empresa. Com o aumento de dados e serviços digitais especializados, o processo de digitalização das pequenas e médias empresas (PMEs) torna-se um desafio para implementar as tecnologias emergentes. Dificuldades na obtenção da tecnologia necessária, investimentos em desenvolvimento e a aquisição de pessoal especializado em TI são barreiras para as PMEs (SANTOS *et al.*, 2018).

Devido à rápida flexibilização de produtos e serviços com a implementação das tecnologias emergentes, a empresa que quiser produzir num ambiente voltado para a indústria 4.0 precisará alterar a sua organização empresarial. Assim, o ambiente de trabalho deverá ser adaptável ao nível dos processos de forma a suportar a flexibilidade necessária para fornecer produtos mais individualizados (personalizados) com custos reduzidos, tornando-se mais competitivos no mercado. A mudança também envolve a utilização de novas interfaces homem-máquina (IHM) que permitam novos modos de interação, como, por exemplo, baseados em voz e reconhecimentos de gestos (SANTOS *et al.*, 2018).

Com um cenário em que há muitas mudanças de tecnologias e de processos, a capacidade cognitiva⁶ humana também é afetada. Estas transformações são decorrentes do aparecimento de sistemas tecnológicos altamente sofisticados e que vão exigir cada vez mais de colaboradores com habilidades específicas. As empresas, que estão comprometidas com a implementação da indústria 4.0, terão que investir em programas de formação contínua para capacitarem os operadores a lidarem com as novas ferramentas e tecnologias. À vista disso, a manufatura avançada vai envolver, sobretudo, uma mudança de mentalidade. Igualmente como ocorreram nas revoluções industriais anteriores, surgirão novos processos, produtos e modelos de negócios que, conseqüentemente, terão grandes impactos sociais, econômicos e tecnológicos. Mesmo que algumas empresas ainda tenham uma desconfiança e insegurança em relação a implementação da indústria 4.0, o fato é que esta já é realidade (SANTOS *et al.*, 2018).

Evoluir de uma revolução industrial para outra é um desafio, uma vez que as empresas precisarão investir muito alto em novos equipamentos e treinamentos de pessoal, adaptação do *layout* fabril, reestruturação dos processos de produção, além de desenvolver novas competências e estratégias para lidar com os modelos de negócios e as tecnologias digitais que a manufatura avançada exige. Como o investimento é elevado, este processo pode ser desenvolvido de forma gradual, ou seja, a utilização das tecnologias pode ser feita por etapas da produção, dentro do planejamento financeiro das empresas. Outro fator importante são as

⁶ O produto das habilidades cognitivas tais como percepção, atenção, simbolização, seleção, memória, transferência, avaliação, etc., é conhecido como pensamento (DAVIS; NUNES; NUNES, 2005).

políticas públicas, que são necessárias para assistir o ingresso da indústria na era da digitalização, tais como, promover o desenvolvimento da infraestrutura digital, garantindo maior cobertura e acesso à internet para a sociedade (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2017).

A pesquisa realizada, em 2018, pela Fiesp⁷ em parceria com o SENAI-SP teve o objetivo de identificar o grau de conhecimento a respeito do conceito de indústria 4.0 e entender os desafios a serem enfrentados para sua adoção. A mesma contou com a participação de 227 empresas, sendo 55% pequenas, 30% médias e 15% grandes. O resultado aponta que 32% dos entrevistados não tinham ouvido falar em quarta revolução industrial, indústria 4.0 ou manufatura avançada. Apesar de 90% deste público ter, na época, a convicção que estas novas práticas podem aumentar a produtividade industrial, chama a atenção que 5% se sentiam “muito preparadas” para enfrentar os desafios da indústria 4.0, enquanto 23% se sentiam “nem um pouco preparadas”. Os desafios destacados da indústria 4.0 foram: 1. relação custo-benefício e investimento necessário; 2. insegurança da estratégia adequada e não saber como a empresa se adaptará as tecnologias emergentes; 3. gestão da empresa com nova configuração; 4. tecnologia a ser utilizada; 5. qualificação de mão de obra (FIESP, 2018). Essa pesquisa revela que as indústrias brasileiras tem pouco conhecimento dos recursos da indústria 4.0 e, mesmo que algumas saibam do seu potencial, poucas se consideram preparadas para se adaptarem a ela.

Os países que lideram o atual cenário de inovações industriais, como, Alemanha, Estados Unidos, Japão, Coreia, França e China, traçam o perfil e a configuração do novo paradigma tecnológico composto por novos parâmetros, critérios e protocolos. Estes países, nas próximas décadas, serão fundamentais para a definição dos modelos industriais e os padrões tecnológicos que prevalecerão na segunda metade deste século (ARBIX *et al.*, 2017). Desse modo, caso os desafios para a implantação da indústria 4.0 não sejam enfrentados pelo Brasil, corre-se o risco de aumentar a defasagem tecnológica entre o país e seus concorrentes, diminuindo o seu poder de competitividade (ARBIX *et al.*, 2017; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2017).

1.2.4 Reverberações das tecnologias emergentes para as práticas pedagógicas

Segundo o “Mapa do Trabalho Industrial 2019-2023”, desenvolvido pelo SENAI, será necessário qualificar 10,5 milhões de trabalhadores em ocupações industriais para atender às

⁷ Sigla de Federação das Indústrias do Estado de São Paulo.

demandas do mercado de trabalho (BOAVENTURA, 2019; SENAI, 2019). Para entender a realidade de cada região, o SENAI também estruturou um mapa do trabalho industrial de cada um dos 26 estados e do Distrito Federal. Então, conforme o estudo, o Rio Grande do Sul terá de qualificar mais de 800 mil trabalhadores em ocupações industriais nos níveis de formação superior, técnico e aperfeiçoamento entre 2019 e 2023 (FIERGS, 2019).

Devido à ascensão da tecnologia ao longo do tempo, conforme o estudo de Alcoforado (2019), o ensino brasileiro que está sendo ofertado nos moldes atuais provavelmente será ineficaz daqui a alguns anos. Compete aos gestores dos sistemas de educação identificar as habilidades e competências requeridas para os seres humanos que irão viver em um mundo com a presença de máquinas inteligentes para realizar uma renovação no ensino em todos os níveis, contemplando a qualificação dos professores e a estruturação curricular para ensinar os alunos a lidarem com diversas tecnologias. Caso não ocorra uma renovação na educação, os sistemas de ensino estarão preparando estudantes e profissionais para um mundo (social e de trabalho) que deixará de existir (ALCOFORADO, 2019). Dessa forma, algumas ações possíveis para redimensionar as práticas pedagógicas estão relacionadas a fomentar a formação e qualificação de professores, direcionando ao desenvolvimento de competência e habilidades que contemplem as demandas das tecnologias emergentes (ALCOFORADO, 2019; BRASIL, 2017); incentivar à integração de professores e alunos em atividades empresariais de manufatura avançada (BRASIL, 2017); realizar o acompanhamento de universidades, colégios e outras instituições de educação em relação aos seus procedimentos de ensino; e incentivar as empresas pela formação continuada e treinamento dos funcionários (HEINDL *et al.*, 2016).

Outro fator interessante tem relação de o país adotar um modelo acadêmico com currículos que vislumbrem a formação de estudantes colaborativos, com capacidade de executar projetos que simulem situações que ocorrem nas empresas e com habilidade analítica para decidir ações (BRASIL, 2017), tendo a base desses conteúdos ainda no ensino fundamental, mostrando que o investimento deve ser contínuo, desde o início escolar do aluno (MDIC; MCTIC, 2016). Tal pensamento tem como foco desenvolver a tecnologia desde os anos primários da escola, articulando as suas próprias experiências pessoais e sociais com as advindas do mercado de trabalho. Esse processo, além de capacitar o aluno com habilidades de autoconhecimento e interação com outros colegas através de trabalhos em grupos e autorreflexões, também habilita o aprendiz a conhecer a realidade de mercado que ele pode se interessar e seguir carreira profissional.

Países como a Suíça e a Finlândia, por exemplo, já redimensionam as práticas pedagógicas considerando a nova realidade tecnológica e industrial, formando sujeitos aptos a

interagir com recursos digitais que fazem parte da modernização do parque fabril e da sociedade. Assim, começaram pela reformulação de seus sistemas educacionais, privilegiando: o desenvolvimento da habilidade de metacognição⁸; o domínio de idiomas (em especial da língua inglesa, devido ao fato de que a maioria do conhecimento humano está registrado nesse idioma); e um currículo baseado em ciências, tecnologia, engenharia e matemática, oriunda da sigla em inglês *STEM* (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), associado ao método de “arte liberal” em que é possível formar uma mentalidade mais direcionada à criação de propriedade intelectual e a imaginação (para atuar criativamente na sociedade e gerar inovação) (ALCOFORADO, 2019).

A proposta conhecida como *STEM Education* pode ser compreendida como a construção do ensino integrado, de modo que a execução das estratégias *STEM* tenham a distribuição entre as áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática e a construção da aprendizagem por meio de abordagens interdisciplinares ou multidisciplinares. A inserção das artes à proposta *STEM* amplia o alcance da metodologia, sendo a introdução desta motivada pela demanda artística, que é fundamental no desenvolvimento de novos produtos e considerando a necessária criatividade no mundo contemporâneo (MACHADO; GIROTTI JÚNIOR, 2019). Dessa união surge, então, a abordagem *STEAM*⁹ (sigla em inglês), envolvendo a Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. Essa tem “a concepção de currículo orientado por meio de projetos interdisciplinares, pelas práticas experimentais, pela observação e investigação dos problemas a partir da contribuição entre as áreas do conhecimento” (GRAÇA *et al.*, 2020). A busca por estratégias interdisciplinares permite o desenvolvimento de um perfil mais amplo, conduzindo professor e aluno a uma condição de reflexão frente a situações-problema do mundo real, as quais não são passíveis de uma única solução (MACHADO; GIROTTI JÚNIOR, 2019). Por entender que a arte ajuda no desenvolvimento do indivíduo sobre seu processo criativo, reflexivo, crítico, etc., ajudando no seu processo de “desacomodação” em relação a sua visão de mundo e possibilitando a desconstrução e reconstrução de conceitos, a *STEAM* é vista como uma importante abordagem de ensino-aprendizagem. Contudo, no âmbito da engenharia esta perspectiva ainda não está sendo considerada, ocorrendo de maneira mais usual a utilização da *STEM*.

Rajnai e Kocsis (2017) acreditam que a digitalização mudará o cenário global da sociedade e se espalhará por vários ramos em velocidades diferentes, o que depende da

⁸ “A metacognição se refere ao conhecimento dos próprios processos de conhecer, em um planejamento, predição e monitoramento do próprio processo de aprender.” (NASCIMENTO; ROCHA, 2021).

⁹ Sigla do seu termo em inglês *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*.

complexidade de automação e de modelos de negócios. Os referidos autores elencam ações necessárias para uma mudança na educação escolar em relação à digitalização (processo valioso na indústria 4.0), sendo estas: fortalecer a área de *STEM*; proporcionar ao estudante conhecimentos e habilidades para mudanças contínuas; manter o sistema de educação atualizado, aderindo currículos interdisciplinares no ensino superior; introduzir novas formas de educação, incluindo a aprendizagem ao longo da vida, cursos abertos e online, cooperação da empresa e instituições de ensino.

Segundo o estudo desenvolvido por Eloy (2020), a educação que predomina na época da quarta revolução industrial é denominada educação 4.0. Ela é mais que uma educação que responde às demandas da indústria 4.0, pois ela visa proporcionar que estudantes sejam protagonistas nesse novo cenário, capazes de entender e utilizar as tecnologias emergentes de forma crítica e criativa. No tocante ao tema, Cavalcante e Molisani (2020, p. 270) esclarecem:

Mais do que a tecnologia em si, a educação 4.0 preconiza uma educação que possibilita a formação de indivíduos preparados para resolver problemas, sejam eles de qualquer natureza, científica ou não. Indivíduos que acreditem em si mesmos e no seu potencial, que saibam trabalhar em grupo e dotados de inteligência emocional, portanto, preparados para gerenciar conflitos, muito comuns quando se trata de trabalhos em equipe. Indivíduos que tenham contato com tecnologias existentes, mas que sejam capazes de se adaptar às diferentes realidades, com tecnologias mais avançadas e até mesmo na ausência delas. Indivíduos criativos e sobretudo apaixonados pelo que fazem.

Sobre o perfil docente na educação 4.0, Albino (2019) indica que o professor possui um papel mais amplo no processo de ensino e aprendizagem, sendo transmissor de informação, mediador da construção de conhecimento e orientador de pesquisas. O professor deve conhecer a realidade e diferenças sociais-culturais dos alunos e utilizar variadas metodologias de ensino e aprendizagem. Dessa maneira, o docente poderá criar condições para fazer com que os alunos consigam desenvolver as habilidades técnicas, cognitivas, sociais e emocionais necessárias para o aprendizado do século XXI, assim como as competências digitais para atender as exigências dos trabalhos emergentes da indústria 4.0 (ALBINO, 2019).

Silva (2013) salienta que a escola deve estar atenta a realidade da sociedade, tornando-se necessário reflexões periódicas sobre o sentido de educar em tempo de mudanças. O professor, sendo um agente da educação, necessita entender o contexto social e renovar suas práticas pedagógicas para enfrentar os desafios que se intensificam no cotidiano escolar provocados pelo avanço e acesso às diversas formas de tecnologias. Nesse contexto, as dinâmicas pedagógicas compõem uma abordagem significativa das práticas pedagógicas, viabilizando o processo de ensino e aprendizagem. O professor, ao refletir sobre as dinâmicas

pedagógicas no seu planejamento docente, poderá propor ambientes de aprendizagem diferenciados que envolvam a tecnologia. Estes terão a intenção de motivar e sensibilizar os educandos, resultando em mudanças de mentalidade e de postura dos estudantes frente aos conteúdos, ao conhecimento e aos valores desenvolvidos em aula. A dinâmica pedagógica precisa contemplar o objetivo pretendido, as características do grupo envolvido, as estratégias necessárias, o tempo e os recursos disponíveis. A intencionalidade da dinâmica possibilita que a prática pedagógica seja redimensionada, permitindo que o processo de aprendizagem aconteça mediante a criação e recriação do conhecimento, no qual os alunos são sujeitos ativos desta construção (SILVA, 2013).

Führ (2018) acredita que no contexto das grandes mudanças do mundo contemporâneo, as instituições de ensino devem propor um currículo flexível para que os estudantes se tornem autores de suas próprias vidas; como aprendizes que se autodirigem ao longo da vida; pesquisadores éticos com rigor científico; comunicadores eficazes; cidadãos solidários e comprometidos com a construção de uma sociedade humana justa e igualitária; criadores singulares em suas áreas de especialização e interesse; colaboradores afetivos nos grupos e na comunidade. A construção das práticas educativas para o século XXI devem contemplar ambientes de aprendizagem que possibilitem e estimulem a pesquisa, a autonomia, a criatividade, a solidariedade, a colaboração, a inovação e a interação, promovendo o ato de aprender fazendo (*learning by doing*), potencializando a construção de valores, conhecimentos e habilidades (inatas ou adquiridas) por meio de experiências e vivências do aluno.

Desta forma, a indústria 4.0, além das inovações tecnológicas, também promove inquietações e motivos para se repensar nos modelos de ensino e aprendizagem, exigindo novas práticas pedagógicas. Vislumbrar o cenário social-histórico-cultural, identificar suas necessidades e buscar solução é um processo trabalhoso de reavaliação de propostas e procedimentos educativos, provocando reestruturação e reinvenções (MELO; FARIA, 2020). Para Gavassa (2020) quando a sociedade evolui, a escola também deve evoluir. Por esta razão, pode-se dizer que as mudanças advindas das revoluções industriais, também modificaram as demandas de conhecimento humano e a evolução da sociedade. Esses fatores aumentam o desafio das instituições de ensino e seus atores em promover uma educação de qualidade para a sociedade (GAVASSA, 2020).

Destaca-se também que, desde o final de 2019, as pessoas foram provocadas, em todas as esferas sociais e econômicas, a lidar com novo coronavírus, causador de uma doença nomeada de COVID-19 (SÁ, 2020), que ainda causa muitos óbitos pelo mundo (OUR WORLD IN DATA, 2022). No Brasil, a vacinação começou a ser efetuada no início de 2021

(CRISTALDO; BRANDÃO, 2021) e pode se estender por anos até imunizar toda a população. O isolamento social advindo da pandemia demandou esforços e criatividade, principalmente por parte dos pesquisadores, para inovar e resolver problemas da sociedade. A pandemia continua incitando muitos questionamentos sobre diversos setores, incluindo na educação. A nova rotina das pessoas através do isolamento social controlado, dos cuidados pessoais diários como uso de máscaras e de álcool em gel (não comuns até a presença do novo coronavírus), entre outras orientações para evitar a disseminação da doença, fez com que as instituições de ensino se adaptassem com as novas exigências de saúde (BRASIL, 2020b). Este momento de pandemia gerou (e ainda gera) momentos de reflexão sobre as metodologias de ensino e das práticas pedagógicas empregadas, principalmente com a propagação de aulas remotas¹⁰ com o uso de tecnologias digitais substituindo as aulas presenciais. Em 2022, a maioria da população acima de 12 anos foi vacinada com a segunda dose, segundo a Agência Brasil (2022), e a rotina das pessoas voltou como era antes do surto do coronavírus, porém ainda é uma incógnita de como será o futuro da educação relacionadas às atividades em sala de aula após este período de pandemia (PIMENTA, 2022). As tecnologias digitais podem ser um caminho promissor para a remodelagem da educação e, conseqüentemente, das práticas pedagógicas. O uso de tecnologias emergentes pode auxiliar no redimensionamento educacional, adaptando as escolas a uma nova realidade social. Dessa forma, o atual momento sinaliza que a educação vinculada à tecnologia tende a gerar benefícios amplos para a sociedade.

Por fim, é perceptível que as demandas advindas da indústria 4.0 são muitas, envolvendo um currículo adaptado às tecnologias, a qualificação de professores, a formação continuada de profissionais, o redimensionamento de práticas pedagógicas, entre outras ações. Este cenário sugere um profissional com capacidade de desenvolver o autoconhecimento e ações colaborativas, que saiba desenvolver projetos com uma base em conteúdos direcionados a dispositivos digitais que estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas e nas indústrias. O cenário da indústria 4.0 impacta na educação prevendo um ambiente escolar com o uso de tecnologias emergentes em sala de aula, um local em que o aluno é o protagonista do seu aprendizado, interagindo com os recursos informáticos e com o professor e colegas. As instituições de ensino brasileira devem desenvolver estratégias para readequar suas práticas

¹⁰ A aula remota se configura como uma modalidade de ensino ou aula que pressupõe o distanciamento geográfico de professores e estudantes. Nessa modalidade, o ensino presencial físico é transposto para os meios digitais em rede. Embora haja um distanciamento geográfico, privilegia-se o compartilhamento de um mesmo tempo, ou seja, a aula ocorre num tempo síncrono, seguindo princípios do ensino presencial. A presença física do professor e do aluno no espaço da sala de aula geográfica são substituídas por uma presença digital numa sala de aula digital (MOREIRA; SCHLEMMER, 2020).

pedagógicas para um contexto social que será predominante, observados os avanços tecnológicos globais.

1.3 PROBLEMA DA PESQUISA

No Brasil, as indústrias utilizam máquinas e equipamentos que representam, predominantemente, a indústria 2.0 e 3.0, empregando automação e robótica de forma limitada (HEINDL *et al.*, 2016, p. 25-26; ISI SVP, 2019). Em relação apenas a estrutura das micro, pequenas e médias empresas (MPEs), o cenário não é positivo, vivenciando conceitos da segunda revolução industrial com uso restrito das tecnologias digitais (BRASIL, 2017, p. 28; HEINDL *et al.*, 2016, p. 18). Segundo a pesquisa bibliográfica de Vello e Volante (2019, p. 333)¹¹, alguns desafios referentes à implantação de conceitos da indústria 4.0 no Brasil está exatamente no fato de que algumas indústrias nacionais ainda estão na revolução 2.0, além de haver uma defasagem em tecnologias de informação e comunicação, falta de infraestrutura tecnológica, entre outros fatores. Entretanto, os CLPs, oriundos da terceira revolução industrial, possuem uma tecnologia de controle de processos que é amplamente utilizada nas indústrias (PETRUZELLA, 2014). Com o avanço das tecnologias a automação vem se destacando, e o uso do CLP em processos industriais vem sendo uma das soluções no ramo da automação industrial (NASCIMENTO, 2020, p. 62).

Portanto, o CLP é um componente valioso para automatizar processos, pois com ele é possível fazer com que as operações das fábricas se tornem mais independentes, realizando tarefas pré-programadas sem a intervenção humana. Para tanto, o CLP se comunica com outros instrumentos industriais (sensores e atuadores, por exemplo), sendo ele o “cérebro” do sistema. Nele há um programa elaborado pelo usuário que possui instruções sobre quais atividades a máquina deve executar. Como consequência, consegue gerenciar as informações do sistema e comandar os acionamentos dos dispositivos conectados a ele (NASCIMENTO, 2020; PETRUZELLA, 2014; FONSECA; PINTO, 2019; THERBA, 2021). Por ser um equipamento versátil na área da automação e com diversos modelos, ele é utilizado em várias instituições de ensino nos cursos de Engenharia de Controle e Automação. Devido a sua importância, o CLP é incluído em ementas de disciplinas nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs).

Com a indústria 4.0 tendo como um potencial a aceleração de tomadas de decisão por parte das máquinas e adaptação nas indústrias, o CLP, nessa circunstância, tem relevância por

¹¹ O estudo teve como finalidade verificar e analisar o conhecimento do conceito de indústria 4.0 no Brasil.

ser um equipamento com acesso aos dados do sistema, visto que ele já é amplamente utilizado em sistemas supervisórios (SCADA¹²) para monitorar os parâmetros da máquina em todos os momentos (FONSECA; PINTO, 2019). Além de ser um equipamento para a automação de processos, o CLP também é uma fonte de dados e, com aperfeiçoamento sobre os recursos de comunicação como a conexão ethernet, por exemplo, ele estará cada vez mais alinhado as tecnologias da indústria 4.0, como a internet das coisas (*IoT*¹³), que visa a comunicação e troca de dados entre as máquinas (FONSECA; PINTO, 2019), e *big data*, que trata da captura e análise de grandes quantidades de dados do sistema para que as máquinas tomem as melhores decisões para o processo (IMMERMAN, 2019). Assim, um CLP é capaz de proporcionar uma grande quantidade de dados que, juntamente com os dados dos sensores e atuadores, fornecem uma visão mais completa do que está acontecendo com qualquer máquina (IMMERMAN, 2019). A união das tecnologias da quarta revolução industrial com o acesso às informações dos dispositivos das máquinas permite que o processo industrial seja capaz de tomar decisões mais rápidas e precisas, características da indústria 4.0. Portanto, mesmo com a indústria 4.0 sendo uma realidade para algumas empresas e uma tendência para outras, o CLP deve continuar tendo espaço na automação, podendo contribuir para a automação de processos em empresas que visam atingir tecnologias da quarta revolução industrial.

Por outro lado, as mudanças decorrentes da manufatura avançada impõem desafios que exigem adaptações por parte das empresas, dos governos, da sociedade e das instituições de ensino, tornando necessário um novo modelo acadêmico focado na formação de estudantes colaborativos, com capacidade sistêmica de executar projetos reais e capacidade analítica para decidir qual a melhor solução para um dado problema (BRASIL, 2017, p. 47-48). Além do mais, as tecnologias da quarta revolução industrial como robôs autônomos, realidade aumentada, cibersegurança, simulação em 3D, entre outras devem ser utilizadas e se tornar comuns no âmbito acadêmico. É possível que os custos oriundos de hardware e softwares dessas tecnologias, além da necessidade de treinamento e qualificação dos professores para usufruir destes conhecimentos possam ser fatores limitadores para a utilização dessas tecnologias em sala de aula.

No entanto, é possível perceber que os alunos, ao interagir com essas tecnologias da indústria 4.0, podem desenvolver habilidades e competências significativas que são importantes para a formação de qualquer profissional, principalmente da área da Engenharia, que lida com projetos e dispositivos eletrônicos modernos. A interação com tecnologias disruptivas

¹² Sigla do seu termo em inglês *supervisory control and data acquisition*.

¹³ Sigla do seu termo em inglês *internet of things*.

proporciona desafios tanto para o aluno como para o professor. Nesse caso as dinâmicas pedagógicas desenvolvidas em sala de aula são importantes, uma vez que por meio delas o professor pode provocar os alunos a interagirem com dispositivos tecnológicos. As dinâmicas pedagógicas relacionadas aos dispositivos informáticos são entendidas, neste trabalho, como um conjunto de intervenções e mediações realizadas pelo professor, articuladas juntamente com as possibilidades dos recursos digitais, que podem despertar o processo de construção de aprendizagem. Entende-se que a maneira que os estudantes são conduzidos a se envolverem com os elementos da indústria 4.0 é importante para a compreensão, percepção e internalização do objeto de estudo. Não obstante, no contexto acadêmico dos cursos de engenharia, os ambientes de aprendizagem muitas vezes não possuem a devida renovação de equipamentos e de infraestrutura se for levado em conta as demandas da indústria 4.0, de forma que as práticas pedagógicas se tornam defasadas.

Corroborando essas ideias, a pesquisa realizada por Murofushi e Barreto (2019) com docentes de engenharia de três universidades públicas brasileiras de estados diferentes revelam que as respostas dos professores sobre o que poderia ser melhorado no sistema atual de ensino relacionam: um ambiente em sala de aula mais colaborativo, a estrutura das universidades e o uso de tecnologia em sala de aula. A respeito do quanto eles entendem da indústria 4.0, entre os que conhecem e desconhecem parcialmente o assunto somam-se 72,23%, e 17,9% dos respondentes desconhecem plenamente o tema. A partir das respostas dos professores foi identificado que o modelo de educação atual de engenharia ainda está ultrapassado, em que as estruturas das universidades deixam a desejar, sendo o professor o centro do processo de aprendizagem, desenvolvendo aulas muito expositivas, seja por utilização de slides ou lousa para explicar os conteúdos (MUROFUSHI; BARRETO, 2019). Logo, segundo os autores Murofushi e Barreto (2019) é necessária uma mudança de pensamentos, comportamentos e atitudes por parte dos professores, além de treinamentos sobre essa nova concepção de ensino.

Desta maneira, parece haver uma lacuna entre o que as tendências da indústria 4.0 sinalizam e o que a escola aborda. Logo, vislumbrando os desafios tecnológicos emergentes, é preciso considerar as possibilidades e recursos da indústria 4.0 nas práticas pedagógicas. É perceptível que as tecnologias, decorrentes das inovações da quarta revolução industrial, além de serem utilizadas no âmbito industrial, também estão surgindo no ambiente social, através de aplicativos de IA, eletrodomésticos com conexão wi-fi, jogos para reabilitação, agentes de conversação autônomos para atendimento ao cliente, além de realidade aumentada para compra de diversos produtos, entre outros. Então, percebe-se a importância de abordar esses conceitos tecnológicos no ensino, fazendo com que os alunos comecem a se adaptar com as novas

ferramentas. Pessoalmente¹⁴, percebo também a possibilidade de realizar esta migração de tecnologia, da indústria 3.0 para a 4.0, nas salas de aula, combinando equipamentos já utilizados no mercado brasileiro com as tecnologias emergentes. Assim, destaco o terceiro item dos quatro passos rumo ao caminho da indústria 4.0 (ISI SVP, 2019): 1º) a indústria precisa enxugar seus processos produtivos; 2º) a indústria deve requalificar trabalhadores e gestores; 3º) a inserção na indústria 4.0 deve se iniciar por tecnologias já disponíveis e de baixo custo; 4º) a indústria deve investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). Por essas questões levantadas, percebe-se que as práticas educativas além de atuarem na utilização de tecnologia já existente e de baixo custo, também podem influenciar na execução de P,D&I e na qualificação dos futuros profissionais, que terão uma visão de indústria mais eficiente. Deste modo, os processos pedagógicos trarão grandes contribuições nas vidas das pessoas, não só de cunho pessoal, como também profissional.

Atuando como docente na área técnica e na Engenharia de Controle e Automação, tenho como exemplos as disciplinas de “Automação II” e “Informática Industrial”, as quais leciono e trabalho com o CLP e sua programação. Este equipamento pode ser programável por diversas linguagens de programação, sendo a linguagem Diagrama Ladder (DL) uma das mais populares para programar o CLP (PETRUZELLA, 2014). Na disciplina “Informática Industrial”, que é ofertada para a graduação em Engenharia de Controle e Automação, incentivo o desenvolvimento e o aprofundamento do raciocínio lógico de programação por meio de exercícios teórico-práticos individuais e em grupos. Em razão da utilização de equipamentos na indústria e a evolução tecnológica dos sistemas de automação, percebo, baseado no maquinário das empresas, um ambiente fabril cada vez mais sofisticado e programável, solicitando um profissional de engenharia com potencial de desenvolver o pensamento lógico computacional para poder lidar com novas competências no ambiente de trabalho. O pensamento computacional (PC) é um conceito que pode fornecer caminhos para pensar em práticas pedagógicas com possibilidade de desenvolver habilidades relacionadas a resolução de problemas computacionais, em que, combinando os pensamentos lógico e crítico com os fundamentos da computação, favorece o aprender a aprender (WING, 2006).

Em sala de aula, também percebo que o aluno tem dificuldades em realizar mentalmente a construção lógica de resolução do problema sem o auxílio do software de simulação, que tem

¹⁴ No texto há tanto o uso de verbos na 3ª pessoa do singular (impessoal) como o uso da 1ª pessoa do singular. Como pesquisador, autor e professor investigador desta tese, mesclo essas duas conjugações verbais no texto, expondo minhas reflexões, percepções e contribuições sobre os assuntos da pesquisa. Esse movimento, me colocando como sujeito/pesquisador implicado no processo, foi desenvolvido para me fazer presente na construção do conhecimento advindos dos conceitos abordados neste trabalho.

a função de compilar e mostrar para o usuário as informações de operação do algoritmo. Este obstáculo é compreensível, pois o educando precisa executar mentalmente os passos do programa de acordo com a sua evolução. Sem a ajuda da simulação via software, é difícil processar tantas informações através da imaginação, pois normalmente os processos industriais são muito dinâmicos e qualquer mudança no sistema pode alterar diversas variáveis ao mesmo tempo. Com o auxílio de um software simulador, o estudante elabora a programação e, após, testa a dinâmica do sistema, percebendo se há falhas ou não no programa. Não obstante, construir um novo conhecimento através dos conceitos estudados pelas instruções de programação que a linguagem oferece e desenvolver um raciocínio lógico que resolva o problema de automação apresentado é um desafio constante. Compreender as funcionalidades do CLP e da linguagem de programação, elaborar um algoritmo de programação e utilizar um software específico para executá-lo são processos mais técnicos do que intuitivos.

Isto posto, para o aluno criar e executar um sistema automatizado com o auxílio do computador, ele necessita de um apoio educacional do professor, que elabora estratégias pedagógicas e realiza intervenções no processo de aprendizagem. Como a indústria 4.0 envolve a inserção e integração de ferramentas digitais ao ambiente de trabalho, partiu-se do pressuposto de que o conceito de transposição informática pode auxiliar o professor na criação de dinâmicas pedagógicas articuladas aos recursos computacionais. A transposição informática compreende o estudo, a identificação, a avaliação e a seleção de componentes computacionais (compreendendo artefatos de software e hardware) para o ensino, levando em consideração a validade epistemológica dos recursos computacionais no processo de ensino e aprendizagem.

Dessa forma, o docente, embasado no conceito da transposição informática, consegue selecionar dispositivos informáticos e criar práticas pedagógicas adaptando os conteúdos conceituais, promovendo tarefas e experiências que envolvem recursos tecnológicos que possam contribuir para que o aluno desenvolva operações cognitivas relacionadas a aprendizagem às práticas pedagógicas. Tarefas, experiências e outras ações relacionadas ao processo de aprender dizem respeito ao que será denominado ambiente de aprendizagem e ambiente virtual de aprendizagem (AVA). Dessa maneira, o ambiente de aprendizagem (virtual ou não) é entendido como local de convívio social, propício para o aluno estabelecer novas relações, desenvolver e reconhecer a sua autonomia no processo de aprender, expressando sua condição de autor naquilo que aprende fazendo, vivenciando conflitos e buscando a compreensão de conceitos (SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 2020).

Logo, os ambientes de aprendizagem e os AVAs podem ser entendidos como espaços sociais, constituindo-se de interações, reflexões, experiências e produções sobre ou em torno

de um objeto de estudo ou de construção. Todavia, os AVAs são espaços na Web, concebidos como cenários onde as pessoas interagem. As práticas pedagógicas podem se dar pelo uso de equipamentos computacionais, constituindo um ambiente que inclui recursos digitais para corroborar na construção da aprendizagem. Tais práticas estão relacionadas a uma dinâmica envolvendo professor, estudante, aparatos digitais e objeto do conhecimento. Dinâmica essa que tem potencial de desencadear processos de significação das operações realizadas a fim de que elas sejam precursoras da aprendizagem. Assim, o plano pedagógico que sustenta a concepção e configuração do ambiente é fundamental para que ele possa ser um espaço onde os interagentes se constituam como elementos ativos, coautores do processo de aprendizagem. O ambiente virtual por meio de sua interface gráfica (ferramentas de comunicação, imagens, links, etc.) combinada com as relações estabelecidas entre ela e os participantes (professores e estudantes), que se manifestam pela linguagem (conversas, diálogos, produções) permeadas pelo objeto de conhecimento, formam um cenário para aprender. Portanto, a conscientização do potencial desses ambientes é crucial para a efetividade das práticas pedagógicas e, conseqüentemente, do processo de ensino e aprendizagem.

Diante dessas considerações proponho uma pesquisa que tenha como fio condutor a questão:

Quais norteadores podem ser a base para desenvolver dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem para Engenharia de Controle e Automação levando em conta as demandas da indústria 4.0 e o conceito de transposição informática?

1.4 FOCO, RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Impulsionado pelo cenário contextualizado anteriormente, a tese toma como ponto de partida o contexto da quarta revolução da indústria, conhecida como indústria 4.0, para repensar as práticas pedagógicas aliadas a recursos da informática no curso de Engenharia de Controle e Automação.

Deste modo, como resultado, espera-se oferecer subsídios e ideias para planejar dinâmicas para ambientes de aprendizagem no ensino em engenharia, levando em conta as demandas das tecnologias emergentes, cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas e nas indústrias, promovendo a reflexão sobre a reestruturação dos ambientes de aprendizagem e o redimensionamento das práticas pedagógicas, visando, principalmente, um novo contexto tecnológico-social e a formação de futuros engenheiros.

A pesquisa tem relevância social porque revela um estudo que visou trazer alternativas para sanar implicações causadas pelas tecnologias emergentes da indústria 4.0 que repercutem na formação de engenheiros. Dessa forma, o trabalho foi direcionado para proporcionar ambientes de interação com os outros em atividades mediadas pelo professor e pelos recursos informáticos em que, por meio das ações de interação e mediação, as pessoas possam desenvolver a si mesmas como sujeitos, com espírito colaborativo e com autoconhecimento. O estudo também investigou se as pessoas, ao participarem em ambientes de ensino, se demonstraram estimuladas a serem cidadãos ativos, com percepção e compreensão reflexiva e crítica, desenvolvendo pensamentos independentes, criativos e outras características que o cenário social tecnológico abarca.

A tese tem relevância científica inédita uma vez que propôs avanços científicos de dinâmicas pedagógicas mediante a avaliação e utilização, por meio da transposição informática, de um recurso tecnológico que caracteriza a indústria 4.0 (software de simulação em 3D) no desenvolvimento da aprendizagem de programação de CLP no ensino na Engenharia. O aprofundamento sobre a transposição informática e o PC às práticas pedagógicas foi um fator enriquecedor no âmbito científico. O desdobramento de elementos científicos e tecnológicos da quarta revolução industrial, e a transposição desses conhecimentos, envolvendo dinâmicas pedagógicas, para um ambiente de aprendizagem utilizando os recursos informáticos, contribui para a academia.

Logo, a relevância desta pesquisa tem a colaboração em caráter social, intelectual e científico, pois o estudo ofereceu para a comunidade acadêmica de engenharia um contexto evolutivo de interação das tecnologias, alunos e professores em sala de aula.

1.5 OBJETIVO GERAL

Construir norteadores para desenvolver dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação, no contexto da evolução tecnológica nas indústrias, considerando as demandas da indústria 4.0 e o conceito de transposição informática.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Elaborar um corpo teórico a partir do cenário no tocante à evolução da indústria, em especial, à quarta revolução industrial, destacando os desafios e as tendências

da formação profissional na área de Engenharia, articulando as teorias de Papert e Vygotsky, e os conceitos de transposição informática e de PC, para fundamentar a pesquisa proposta;

- b) Desenvolver um estudo de caso para gerar dados de pesquisa, sendo o caso em questão constituído por uma oficina concebida considerando os conceitos do quadro teórico, com foco na aprendizagem de programação de CLP pela linguagem Ladder associada a tecnologia de simulação em 3D (um dos pilares da indústria 4.0), envolvendo alunos do ensino superior de Engenharia de Controle e Automação;
- c) Analisar os dados de pesquisa considerando aspectos da análise textual discursiva (ATD) e aspectos analíticos relacionando as características do PC e do engenheiro no cenário da indústria 4.0;
- d) Avaliar as dinâmicas pedagógicas construídas para os ambientes de aprendizagens propostos, no contexto da indústria 4.0, no ensino em Engenharia de Controle e Automação, a partir dos resultados da análise e interpretação do *corpus* de pesquisa.

2 QUADRO TEÓRICO

Neste segundo capítulo é apresentada uma sistematização envolvendo conceitos relacionados ao tema da tese. Para tanto, foi realizada uma revisão integrativa de literatura, que é um método que tem como finalidade sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema, de maneira sistemática, ordenada e abrangente. É denominada integrativa porque fornece informações mais amplas sobre um assunto, constituindo, desse modo, um corpo de conhecimento (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

A seguir estão expostos os assuntos que servem de base teórica para o desenvolvimento do estudo de caso proposto. Esta apuração envolve e aprofunda os conceitos relacionados à indústria 4.0, processos automatizados, transposição informática, PC e teoria sobre construção de conhecimento, desenvolvimento e aprendizagem.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

Nesta subseção 2.1 e seus subitens se tem como finalidade abordar a história das revoluções industriais e as transformações da educação ocorridas em cada época, as tecnologias emergentes da indústria 4.0 e o cenário industrial tecnológico brasileiro.

2.1.1 História da revolução industrial

Antes da revolução industrial, até a metade do século XVIII, os produtos eram fabricados de forma manual pelos camponeses e artesãos e, conseqüentemente, em pouca quantidade. Com o crescente aumento da população e a constante migração das pessoas do campo para as grandes cidades, houve a necessidade de aumentar a produção dos produtos artesanais. Este fenômeno migratório provocou um excesso de mão-de-obra, permitindo uma produção mais elevada e barata. Contudo, com a necessidade do aumento da produção aliada ao avanço do desenvolvimento científico da época, na segunda metade do século XVIII (a partir de 1760), começou na Inglaterra, a primeira grande revolução industrial, com o surgimento de máquinas a vapor no setor de indústria têxtil no processo de fabricação. À vista disso, ocorreu a mecanização da produção e, devido ao aperfeiçoamento da máquina a vapor por James Watt, houve uma grande evolução do setor produtivo e de transporte através das locomotivas (CAVALCANTE; SILVA, 2011; HEINDL *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2018).

A primeira revolução industrial, também conhecida como indústria 1.0, marcou a transição dos métodos de produção artesanais para processos de produção mecanizados, isto é, a transição do trabalho manual para máquinas operadas por energia hídrica e vapor. As indústrias, utilizando produção mecânica com base na água e no vapor, substituíram as oficinas e artesanatos de pequena escala (HEINDL *et al.*, 2016; RIBEIRO JÚNIOR *et al.*, 2017; A VOZ DA INDÚSTRIA, 2020). Esta revolução impactou na vida cotidiana das pessoas, concentrando os trabalhadores assalariados em fábricas; assim como modificou a dinâmica da econômica da época devido ao aumento da produção e comercialização dos produtos. Pode-se dizer que foi a passagem do capitalismo comercial para o capitalismo industrial, onde as indústrias alteraram tanto os métodos dos sistemas de produção quanto de gestão (CAVALCANTE; SILVA, 2011; SANTOS *et al.*, 2018).

Na segunda metade do século XIX, a partir do ano 1870, e início do século XX ocorreu a segunda revolução industrial (indústria 2.0) marcada pelas linhas de montagem, pela introdução da eletricidade nos sistemas produtivos, pela separação do trabalho por tarefas dispostas em níveis hierárquicos e pela produção em massa (DFKI, 2011 apud FORSCHUNGSUNION; ACATECH, 2013, p. 13; SCHWAB, 2019; A VOZ DA INDÚSTRIA, 2020). Os mais famosos processos de organizações industriais do final do século XIX e início do século XX são representados pelo taylorismo e o fordismo. O primeiro (de Frederic Winslow Taylor) visava o esforço da racionalização, a divisão de tarefas de forma hierárquica e a otimização do trabalho. Dessa forma, cada operário realizava apenas uma atividade, aperfeiçoando-se nela de forma que a tarefa fosse executada com os melhores e mais rápidos gestos, num tempo mínimo, evitando lentidão (BORGES, 2010). O fordismo (de Henry Ford) surgiu após do taylorismo, sendo destaque do século XX, apresentando um conjunto de técnicas que tinha como objetivo a produção em massa em linhas de montagem, provocando avanços na indústria automobilística (BAYGIN *et al.*, 2016). Na época da indústria 2.0, além da descoberta da eletricidade, ocorreram outras mudanças significativas como o surgimento e modernização dos meios de transporte, o avanço dos meios de comunicação, o desenvolvimento da indústria química e de aço, entre outros setores. Essa revolução industrial teve destaque a busca de maiores lucros, de especialização do trabalho e da ampliação da produção. Com a manufatura direcionada nas linhas de produção, países industrializados tradicionais na Europa, nos Estados Unidos e no Japão conseguiram reduzir os custos de produção, especializar os funcionários e separar as etapas do processo em trabalhos individuais, tornando-se assim líderes globais de tecnologia (HEINDL *et al.*, 2016). Percebe-se, então, o surgimento de uma nova tecnologia de produção industrial, passando da tecnologia mecânica para a elétrica.

A terceira revolução iniciou em 1969 e princípio dos anos 70, caracterizada pela automação, isto é, pela utilização da eletrônica e TI na indústria, aprimorando o processo de fabricação (BAYGIN *et al.*, 2016; HEINDL *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2018; A VOZ DA INDÚSTRIA, 2020). Os computadores, redes de computadores e a internet foram introduzidos nas fábricas para automatizar tarefas mecânicas e repetitivas, promovendo máquinas que operavam de forma automática (A VOZ DA INDÚSTRIA, 2020). Essas novas tecnologias tinham o propósito de reduzir a participação humana no processo de produção, visando um aumento de produção e maior lucro (SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018). Portanto, nessa revolução, etapas de trabalhos manuais eram substituídas por máquinas, e o uso de tecnologias de automação permitiu um maior potencial de inovação, necessitando de maiores investimentos na formação profissional e continuada (HEINDL *et al.*, 2016).

Com utilização de componentes eletrônicos nas máquinas, novos equipamentos industriais foram sendo desenvolvidos para a produção, como os CLPs e robôs. Esses, aliados com as tecnologias da informação e comunicação¹⁵ (TICs), foram responsáveis por integrar os processos, máquinas e pessoas (BAYGIN *et al.*, 2016; SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018). Logo, na indústria 3.0 ocorreu o aumento da robótica na manufatura, a conectividade de máquinas e a evolução da internet, promovendo o manuseio e o compartilhamento das informações. É na terceira revolução industrial que emerge o sistema Toyota de produção com conceitos de eliminação de todos os desperdícios e de flexibilização da produção (ou acumulação flexível). Desta maneira, os produtos eram produzidos conforme a demanda de mercado, gerando uma produção mais consciente e visando maior lucro (RIBEIRO JÚNIOR *et al.*, 2017; SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018; A VOZ DA INDÚSTRIA, 2020).

No início da década de 2010, algumas fábricas começaram a ingressar na era da quarta revolução industrial. Esta visa, principalmente, a conectividade entre as máquinas e processos. A indústria 4.0 também é conhecida como manufatura avançada, manufatura inteligente, indústria da internet ou indústria integrada (BAYGIN *et al.*, 2016). A revolução que se presencia hoje teve início na feira de tecnologia industrial de Hannover, em 2011, onde o governo alemão apresentou pela primeira vez o termo “indústria 4.0”. O termo teve origem a partir de estratégias da Alemanha voltadas à tecnologia com o objetivo de consolidar o país como líder na área tecnológica e fortalecer sua competitividade global por meio de “fábricas

¹⁵ As TICs correspondem ao conjunto de recursos tecnológicos, de informática e de telecomunicações que apoiam o tratamento e a troca de informações. Abrangem tanto os hardwares (componentes que permitem codificar, armazenar, processar e transmitir a informação) como os softwares. São exemplos de TICs os computadores, os tablets, os smartphones, os sistemas operacionais, os aplicativos diversos, os bancos de dados, as redes computacionais e a internet (ROZA, 2018; VICARI *et al.*, 2018).

inteligentes” (BAYGIN *et al.*, 2016; TESSARINI JUNIOR; SALTORATO, 2018; SCHWAB, 2019). Em 2013, na mesma feira, foi lançado oficialmente o projeto alemão “*Industrie 4.0*” com as primeiras recomendações para sua implementação. Dessa maneira, o termo indústria 4.0 mostrou a real mudança de paradigmas econômicos, caracterizada pelo fornecimento, fabricação, manutenção, entrega e atendimento ao cliente vinculados por meio da internet (FORSCHUNGSUNION; ACATECH, 2013; HEINDL *et al.*, 2016; SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018). Na quarta revolução industrial, a conexão de ambientes digitais e físicos na fabricação, conhecidos como sistemas ciber-físicos (em inglês *cyber-physical systems – CPS*), e a utilização de tecnologias como internet das coisas (*IoT*), *big data*, nuvem, etc. permitem que as indústrias usufruam de sistemas de produção que incluam máquinas inteligentes. Tais máquinas são capazes de trocar informações em tempo real de forma autônoma e realizar ações de maneira controlada e independente, otimizando o uso de materiais e de toda a gestão da cadeia de suprimentos e do ciclo de produção (FORSCHUNGSUNION; ACATECH, 2013; SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018; MUROFUSHI; BARRETO, 2019). Os *CPS* são sistemas compostos de componentes eletrônicos ou eletromecânicos no campo físico, representados por sensores e atuadores, que são conectados ao software formando uma rede de comunicação entre vários dispositivos. Todos os dispositivos são conectados entre si ou usam a internet para a transferir e monitorar os dados do processo. Assim, o software monitora, supervisiona e controla os processos reais. Os componentes do mundo físico podem ser “espelhados” para o mundo virtual, formando uma representação gráfica do processo. Os dados trocados, em tempo real, dos sensores e atuadores do chão de fábrica com o ambiente virtual, possibilitam que o processo seja controlado a distância pelo ambiente *cyber*¹⁶. Logo, as indústrias têm a oportunidade de representar a realidade do mundo físico em ambientes digitais (softwares), possibilitando realizar simulações e testes do processo produtivo no campo virtual sem que o mundo físico seja comprometido, prejudicando a produção (SACOMANO *et al.*, 2018, p. 34; IEEE RAS UFCG, 2021). Os *CPS* podem monitorar falhas de máquinas, por exemplo, no entanto, esses sistemas podem ser utilizados em quaisquer processos, sendo os aplicativos de fluxo de trânsito um exemplo, visto que o mundo real é replicado no mundo virtual (aplicativo) possibilitando ao usuário enxergar o tráfego desejado, assim como lombadas eletrônicas, blitzes e até mesmo acidentes. Através do monitoramento do mundo real, o aplicativo toma as decisões de forma autônoma, apresentando para o usuário a melhor opção que o software simulou.

¹⁶ *Cyber* é uma abreviação da palavra “*cybernetic*”, que, em português, significa cibernético. A palavra significa alguma coisa ou algum local que possui uma grande concentração de tecnologia avançada, em especial computadores, internet, etc. (SIGNIFICADO DE CYBER, [s.d.]).

Qualquer alteração que ocorrer no trânsito, o software imediatamente processa a informação e reajusta a rota (IEEE RAS UFCG, 2021).

Segundo Coelho (2016, p. 15),

O impacto da Indústria 4.0 vai para além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará as empresas a repensar a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, com pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição.

Alguns fundamentos que regem a indústria 4.0 são: Tempo real - receber, monitorar e processar dados em tempo real, reduzindo o tempo de espera para decisões e tornando-as mais precisas e assertivas; Virtualização - capacidade de sistemas computadorizados simularem processos reais, indicando falhas e erros que devem ser corrigidos; Descentralização - compartilhamento de informações entre setores que possibilita maior capacidade de aprimorar processos e menor incidência de erros recorrentes; e Modularização - divisão dos processos em etapas e módulos que podem ser distribuídos entre as equipes diretamente responsáveis por cada etapa, gerando otimização de recursos e mais eficiência no trabalho humano (PLMX, 2020).

O contexto social, econômico e político de cada época provocou mudanças na educação, visto que a escola é uma instituição legítima formadora da sociedade. Desse modo, a cada novo cenário é necessária uma nova postura e novas competências do sujeito inserido no seu contexto. Entender essa evolução da educação até o atual momento é importante para situar o cenário em que vivemos.

2.1.2 Transformações na educação

Em relação à educação no período pré-revolução industrial, em que predominou o artesanato, as pessoas aprendiam as profissões observando e sendo auxiliadas pelos mais velhos e experientes, não necessitando de escolaridade para os serviços. A educação escolar era privilégio somente para as pessoas das classes sociais mais ricas, sendo as classes menos favorecidas ou com menor poder aquisitivo, em geral, tendo o seu aprendizado com os pais, fora da escola. A educação ocorria por um único professor que ensinava todas as disciplinas, para um grupo pequeno de pessoas, em diversos locais (na biblioteca ou na igreja ou sala de aula). Os alunos recebiam os ensinamentos dos mestres numa atitude de admiração e submissão,

pois ele era o detentor do saber. A educação tinha um princípio centralizador, com caráter hierárquico, unilateral, focado no professor. O currículo consistia apenas em aprender a ler, a escrever, conhecer a bíblia, aprender sobre canto e um pouco de aritmética. Essas características marcaram a educação conhecida como educação 1.0, modelo predominante até a primeira revolução industrial (BORGES, 2010; FÜHR, 2018).

Devido à migração da população para as cidades e à ascensão do comércio provocadas pela primeira revolução industrial, foi necessário oferecer uma escolaridade mínima para a população. No final do XVIII e no decorrer do século XIX, pouco a pouco, a instrução pública foi sendo institucionalizada e, com isso, a educação primária passou a ser obrigatória. Logo, a educação formal começou a ser estruturada em conjunto com o desenvolvimento do processo da primeira revolução industrial, período que as indústrias precisavam de pessoas preparadas para o mercado de trabalho (BORGES, 2010; FÜHR, 2018). Com o avanço da indústria, ocorreu a segunda revolução industrial, necessitando aumentar a escolarização da força de trabalho. Desse modo, o surgimento da revolução industrial fez com que as escolas abordassem um conhecimento mais específico, preparando as pessoas para trabalhar nas fábricas com linhas de produção, ocorrendo a expansão do ensino. Houve, então, a demanda por capacitação em massa, impactando nas salas de aula. A educação nesse período, conhecido como educação 2.0, passou a ter características advindas da produção industrial, com tarefas repetitivas, mecânicas e trabalhos individuais. A prática pedagógica tinha como objetivo o treinamento com base na memorização alicerçado na informação transmitida. Havia uma metodologia de ensino e aprendizagem que se caracterizava pela padronização, concentração, centralização e sincronização. A educação era mecanizada com uma aprendizagem com ênfase em decorar conteúdos. O professor possuía uma turma com vários alunos (fazendo alusão à produção em massa), e tinha o papel de orientá-los no processo de aprendizagem, sendo a fonte de conhecimento e o condutor para um determinado aprendizado. O conhecimento considerado transmitido pelo professor tinha o intuito de adequar os educandos ao mercado de trabalho (BORGES, 2010; FÜHR, 2018).

Com a ocorrência da terceira revolução industrial, envolvendo eletrônica e TIC, as escolas começaram a utilizar mais a ciência e a tecnologia em comparação com as duas revoluções anteriores. Nesse modelo de educação, conhecida como educação 3.0, o professor precisava conhecer as novas tecnologias da época com potencial didático e usá-las nas práticas pedagógicas, estimulando o estudante a desenvolver a autonomia, a criatividade, a flexibilidade, a participação e a pesquisa a partir de projetos. Por meio da internet surgiu a possibilidade de um modelo híbrido e flexível de educação, que alterna atividades presenciais e não presenciais

com o uso ferramentas de conectividade como AVA, blogs, redes sociais, wikis, etc. As práticas pedagógicas tornam-se mais dinâmicas e flexíveis às necessidades estudantis. Assim, o educador tinha uma nova concepção do que ensinar, como ensinar e com o que ensinar. Nas práticas, o professor não era mais uma figura centralizadora e rígida, mas sim um colaborador do conhecimento no contexto de aprendizagem, tornando os alunos criadores do seu conhecimento por meio de troca de informações com o uso da internet e da tecnologia. Os alunos passaram a ser agentes ativos no processo educacional, resultando em uma aprendizagem menos vertical e mais horizontal. Eles simplesmente deixam de memorizar e repetir informações e passam a manipulá-las, tornando-as significativas. O uso das tecnologias, principalmente com o uso da internet, permitiu uma nova relação entre professores-alunos-objeto de estudo, garantindo uma ampla disponibilização e distribuição dos conteúdos. A educação torna-se mais democrática, com processos pedagógicos mais dinâmicos e flexíveis, ajudando os alunos a serem mais autônomos (BORGES, 2010; FÜHR, 2018).

A educação 4.0 surge como reflexo da quarta revolução industrial, baseando-se na utilização de tecnologias emergentes para promover um processo de ensino e aprendizagem construído em conceitos de colaboração, criação, pesquisa e compartilhamento. O professor, envolto de informações acessíveis pelas TICs, precisa despertar no aluno diversas habilidades para que ele (o estudante) consiga construir o conhecimento pela sua experiência e interação com os recursos tecnológicos. As práticas pedagógicas, com o uso de recursos tecnológicos variados e apoiados em um ambiente baseado em experimentação, devem possibilitar vivências significativas ao aluno, tornando-o o centro do processo de ensino-aprendizagem. Nesse processo de ensino horizontal, o professor deixa de ser o detentor do saber e torna-se um colaborador/mediador da aprendizagem discente, onde o aluno é o protagonista, capaz de entender e utilizar as tecnologias disruptivas de forma crítica, criativa e inovadora, regulando o seu aprendizado (ELOY, 2020). O termo educação 4.0 inclui linguagem computacional e tecnologias, incentivando o *learning by doing*, que pode ser entendido como aprender por meio da experimentação, vivências, projetos e “mão na massa” (GARÓFALO, 2018; VALENTE, 2020). Isto posto, as metodologias ativas recebem destaque nas estratégias de aprendizagem, pois este formato pedagógico está centrado na participação efetiva do aluno no processo de aprendizagem, permitindo que ele construa o seu conhecimento com o processamento, interpretação e compreensão da informação adquirida ao longo das aulas (HILDEBRAND, 2020; VALENTE, 2020). Ela está associada ao conceito de “faça você mesmo”, do inglês *DIY* (“*do it yourself*”), onde as atividades realizadas pelos estudantes são mediadas de forma que os ensinamentos advindos dessa mediação conduzam o aluno a construir o seu próprio aprendizado

(HILDEBRAND, 2020). Segundo Hildebrand (2020) diversas ações podem ser desenvolvidas por meio da metodologia ativa¹⁷, como: a leitura prévia de conteúdos para favorecer a interação e a discussão; o uso das tecnologias a fim de potencializar a aprendizagem; a apresentação de desafios para instigar o pensamento crítico e criativo; a realização de trabalho em equipe; a resolução de problemas e a criação de interfaces midiáticas com finalidade específica. “De maneira geral, uma metodologia ativa é aquela que proporciona ao sujeito aprender ativamente por meio de uma ação.” (PASQUAL JÚNIOR, 2020, p. 27).

No decurso das três primeiras revoluções industriais foi exigida a aquisição das habilidades de caráter técnico (*hard skills*) entre os trabalhadores. Estas são tradicionalmente descritas nos currículos, em tópicos, tais como a formação acadêmica, o nível de especialização e a experiência profissional. Já no período da quarta revolução emergem, como fundamentais, as *soft skills*, ao lado das *hard*. As *soft skills*, relacionadas às habilidades sociocomportamentais (como ao comportamento pessoal, interpessoal, intrapessoal, à gestão das emoções, entre outros), historicamente, não são aprendidas de modo formal nos universos educativos institucionalizados. Contudo, elas tendem a se tornar cada vez mais presentes nos currículos e contemplam, por exemplo, pensamento crítico, a criatividade, a comunicação, o trabalho em equipe e a liderança (SESI, 2020).

Nessa relação das revoluções industriais e as transformações na educação, percebe-se que a evolução industrial provoca mudanças nos processos de ensino e aprendizagem. Este fato não surpreende, visto que a educação é uma área fundamental para o desenvolvimento social e econômico do país e precisa ser redimensionada periodicamente. Para tanto, o professor necessita ter uma percepção e compreensão reflexiva e crítica do contexto histórico e social para desenvolver suas práticas pedagógicas com atividades planejadas, dirigidas e intencionais.

Diante das considerações apresentadas nos tópicos 2.1.1 e 2.1.2, foram destacadas a seguir algumas tecnologias relacionadas a quarta revolução industrial, com o intuito de compreender melhor o cenário industrial e as demandas para a educação em engenharia.

2.1.3 Tecnologias emergentes

A indústria 4.0 objetiva conectar as máquinas a ponto que estas consigam interagir umas com as outras, trocando informações em tempo real, de modo a melhorar a produção de forma autônoma, permitindo a personalização da produção em massa. Com a quarta revolução

¹⁷ O conceito de aprender de forma ativa surge nos anos 1920, quando John Dewey propôs que as formas de ensinar não eram propriamente eficazes para as necessidades da sociedade (PASQUAL JÚNIOR, 2020).

industrial é possível reunir e analisar dados entre máquinas, permitindo processos mais rápidos, flexíveis e eficientes para produzir mercadorias de maior qualidade a custos reduzidos (RÜBMAN *et al.*, 2015). O surgimento de sistemas inteligentes e conectados no âmbito físico e virtual (digital), denominados sistemas ciber-físicos, representam o centro da fábrica inteligente do futuro. Nestes processos, existe a preocupação não somente por uma produtividade mais elevada, mas também por uma eficiência energética (HEINDL *et al.*, 2016). Para Forschungsunion e Acatech (2013) os sistemas ciber-físicos compreendem máquinas inteligentes e sistemas de produção capazes de compartilhar informações, desencadeando ações e controles independentes. Santos *et al.* (2018) indicam que os processos ou dispositivos físicos, seja uma máquina ou uma linha de produção, são digitalizados.

Tais processos de fabricação inteligentes são complexos, envolvendo muitas outras tecnologias da indústria 4.0, como, por exemplo, as técnicas de IA. Considerando os avanços nos métodos e procedimentos da IA é possível que as máquinas simulem a capacidade humana de raciocinar, aprender continuamente e resolver problemas de forma autônoma (SOUZA; JUNIOR; NETO, 2017; SACOMANO *et al.*, 2018, p. 37). Graças ao avanço dessa tecnologia, especialistas acreditam que a inteligência das máquinas se equipará à dos humanos até 2050 (ALCOFORADO, 2019). De fato, diversos setores da indústria têm se beneficiado da IA, em especial dos progressos na área de *Machine Learning*, ou aprendizagem de máquina (MITCHELL, 1997). Essa compreende uma série de técnicas de aprendizado (construção de algoritmos e modelos analíticos) que, seguindo instruções, firmam um processo de aprendizado contínuo de máquina. A partir de dados de entrada a máquina consegue aprender e elaborar saídas (tomar decisões) que satisfaçam a situação-problema. Modelos de aprendizado profundo (em inglês *deep learning*) também estão associados a IA, pois possibilitam que máquinas realizem tarefas complexas, transformando grandes volumes de dados em informações úteis. Funções desempenhadas pelos seres humanos como reconhecimento visual, tomada de decisão, reconhecimento de voz, além de outras que superam a capacidade humana como a manipulação e o processamento de grandes bases de dados (*big data*) estão sendo executadas por máquinas inteligentes via modelos de aprendizado profundo. Com tais avanços tecnológicos da IA é possível que os dispositivos inteligentes tenham a capacidade de se adaptar e de aprender a realizar certas tarefas, realizar previsões, exibir comportamentos, etc. a partir de grandes volumes de dados (DAMACENO; VASCONCELOS, 2018; KAUFMAN, 2018).

Seguindo com as tecnologias emergentes, o relatório intitulado “Indústria 4.0: O Futuro da Produtividade e Crescimento nas Indústrias de Manufatura” (em inglês *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*) do *Boston Consulting Group*

(BCG)¹⁸ prevê nove pilares tecnológicos da indústria 4.0 para as próximas décadas. Estes pilares são vistos como determinantes para a produtividade e crescimento das indústrias sobre esta nova configuração tecnológica (RÜßMANN *et al.*, 2015). Na Figura 1 estão expostas as tecnologias que estão transformando a produção industrial.



Fonte: Adaptado de Rüßmann *et al.* (2015).

Os robôs autônomos são máquinas capazes de realizar tarefas em ambientes dinâmicos, sem intervenção ou controle de humanos, cabendo aos robôs tomar decisões não programadas para solucionar problemas novos e lidar com situações imprevisíveis. Eles estão cada vez mais autônomos, flexíveis e cooperativos. Os níveis de autonomia variam de acordo com a estrutura do robô e com a função a desempenhar. Eventualmente, estes robôs irão interagir uns com os outros e podem até trabalhar com segurança próximos aos humanos (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020). Um exemplo, citado pela BCG (RÜßMANN *et al.*, 2015), é o robô chamado YuMi (Figura 2), do fornecedor de robôs industriais ABB, projetado especificamente para montar produtos (como eletrônicos de consumo) ao lado de humanos, conforme ilustrado na Figura 3. Este possui dois braços acolchoados e visão computacional que permitem interação segura e

¹⁸Boston Consulting Group é especialista em estratégia de negócios, o qual associa líderes empresariais e sociais para enfrentar seus desafios mais importantes e capturar suas maiores oportunidades (RÜßMANN *et al.*, 2015).

reconhecimento de peças. Por ser um robô utilizado sem enclausuramento junto à seres humanos, em total segurança, é considerado um robô colaborativo.

Figura 2 – Robô YuMi



Fonte: ABB (2015).

Figura 3 – Interação do Robô YuMi com humanos

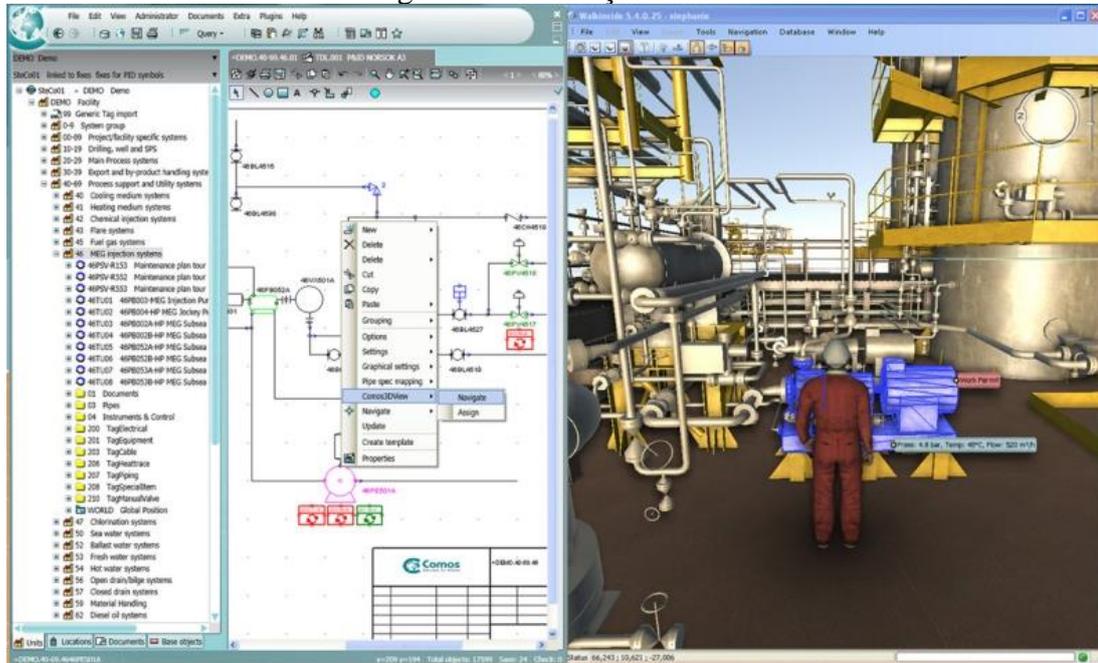


Fonte: ABB (2015).

A tecnologia de simulação em 3D, que utiliza dados em tempo real para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, também é considerada uma evolução da indústria 4.0. As simulações podem ser de produtos, máquinas, processos de produção e operações de planta, como, por exemplo, a Figura 4, que mostra, na janela da direita, um operador em um ambiente, ambos virtuais. Com a simulação é possível criar e projetar um sistema real ou imaginário, por meio do uso de modelos físicos, matemáticos ou outras ferramentas para modelagem, visando avaliar e prever o comportamento do sistema. Desta forma é possível incluir/excluir máquinas, produtos e humanos na simulação, permitindo que os operadores testem e otimizem as

configurações da máquina para um produto antes de montar o processo real, reduzindo, assim, os tempos de configurações das máquinas e diminuindo erros de produção (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020).

Figura 4 – Simulação em 3D



Fonte: Topomaster (2015).

Outra tecnologia importante que se desenvolve nas indústrias é a integração de sistemas. Os sistemas de TI agregam valor na cadeia produtiva, pois realizam a comunicação tanto entre departamentos internos (de engenharia, produção e serviço); como externos (empresas, fornecedores e clientes), por meio da digitalização de dados. Desta forma, as empresas, departamentos, funções e recursos se tornam muito mais unidos e coesos nas decisões (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020).

A internet das coisas (*IoT*) é a tecnologia que “compreende uma rede inteligente de dispositivos altamente conectados, capaz de monitorar, coletar, trocar e analisar dados em grande volume, provenientes de fontes diversificadas” (SESI, 2020, p. 56). Ou seja, a *IoT* conecta ambientes, máquinas, entre outras “coisas”, ao meio digital por meio de sensores e dispositivos com computação incorporada (inteligência embarcada). Essa tecnologia caracteriza-se como uma rede de dispositivos e máquinas usados no dia a dia das residências/fábricas/indústrias conectados à rede mundial de computadores, com o intuito de estabelecer uma troca de informações e dados constantemente, interligando cada vez mais o mundo real e o digital. Isso acarreta em uma infraestrutura de rede que conecta objetos físicos

e virtuais, gerando um grande volume e processamento de dados que desencadeiam ações de comando e controle das “coisas”, sendo que as “coisas” são os dispositivos, sensores, aplicativos, entre outros que possam enviar ou receber dados. Na utilização dessa tecnologia, também são importantes os softwares que tem capacidade de gerenciar dispositivos vinculados, tal como a conectividade, que relacionada tudo aquilo que está interligado e que transmite dados para a “nuvem” (CARRION; QUARESMA, 2019). Com o avanço da utilização da internet das coisas nas indústrias, também é comum o uso do termo internet industrial das coisas (em inglês *industrial internet of things – IIoT*).

Dessa maneira, para auxiliar na disponibilidade dos dados digitais, existe a tecnologia computação em nuvem, que tem como propósito o acesso e compartilhamento de informações de qualquer dispositivo conectado à internet. Ou seja, com essa tecnologia, os equipamentos conseguem enviar e receber dados por meio da internet sem a necessidade de utilizar sua estrutura interna, aumentando a capacidade e velocidade de processamento, e garantindo maior quantidade de dados passíveis de integração. Como é usada outra máquina para armazenar dados acessíveis para outros dispositivos (servidor), se tem a alusão da “nuvem”. Deste modo, também é possível obter economia em relação ao hardware, atraindo mais o interesse das indústrias (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020).

Devido à facilidade de troca de informações entre sistemas e, conseqüentemente, a geração de grande quantidade de dados, é utilizada a tecnologia de análise de *big data* para gerenciar esse ambiente digital e assessorar nas ações do processo. Assim, no contexto da indústria 4.0, a coleta e a inspeção de dados de muitas fontes diferentes se tornaram padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real. As análises de grandes quantidades de dados, algumas vezes diversificados, ajudam a identificar falhas nos processos da empresa, a otimizar a qualidade da produção, a economizar energia e a tornar mais eficiente a utilização de recursos na produção com ações mais velozes (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020).

Com um volume importante de informações da empresa trafegando via internet é importante investir em sistemas de cibersegurança. Esses visam gerar meios de comunicação mais seguros e confiáveis com gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários, protegendo os sistemas e informações de possíveis falhas de comunicação que podem causar danos à produção. Junto com o aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação advindas da indústria 4.0, há também, infelizmente, o aumento das ameaças de segurança contra sistemas digitais industriais e linhas de fabricação. Por esse modo, a tecnologia de cibersegurança também é desenvolvida e fundamental na quarta revolução industrial (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020).

A *BCG* também cita a manufatura aditiva, mais conhecida como impressão 3D, como sendo pilar da indústria 4.0. Essa visa produzir componentes individuais por meio de adição de matéria-prima sem o uso de moldes físicos. Então, o material é depositado continuamente por um bico injetor, via processo automatizado, até formar a peça. Devido a sua grande aplicabilidade, a fabricação aditiva está sendo empregada em diversas áreas, como, por exemplo, na medicina, com a fabricação de próteses de órgãos customizados (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020).

A tecnologia de realidade aumentada tem como objetivo o emprego de sistemas que permitem a interação entre o mundo real e o virtual através de dispositivos móveis (tablets, smartphones, óculos de realidade aumentada, etc.). Dessa forma, a pessoa consegue visualizar dados e objetos virtuais, em três dimensões, no ambiente concreto em tempo real. Ou seja, mediante um dispositivo de visualização, o sistema permite a sobreposição de objetos gerados por computador em um ambiente real, conforme a Figura 5, que mostra o usuário enxergando uma peça virtual interna do motor sem precisar retirar de dentro do carro (um objeto real). À vista disso, a realidade aumentada pode fornecer aos trabalhadores informações de uma máquina ou processo, de modo virtual, para melhorar a tomada de decisão e os procedimentos de trabalho. A Figura 6, por exemplo, mostra o operador visualizando dados virtuais de uma máquina sem precisar acessar o computador físico que armazena esse tipo de informação. Além de conseguir um acesso rápido às informações de fabricação, o usuário também pode alterar parâmetros e recuperar dados operacionais e instruções de manutenção (RÜßMANN *et al.*, 2015; SESI, 2020). Portanto, a realidade aumentada é utilizada para complementar o mundo real com componentes virtuais, fazendo objetos físicos e objetos virtuais coexistirem no mesmo espaço do mundo real (LOPES *et al.*, 2019).

Figura 5 – Uso de tablet na realidade aumentada



Fonte: A voz da indústria (2018a).

Figura 6 – Uso de óculos específicos para realidade aumentada



Fonte: A voz da indústria (2018b).

Além dessas tecnologias citadas, existem outras áreas que estão sendo aprofundadas devido a evolução industrial, como a biologia sintética, a *internet of services (IoS)*, veículos autônomos, nanomateriais e nanosensores (MDIC; ABDI, 2018; TESSARINI JUNIOR; SALTORATO, 2018). O documento “Plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para tecnologias convergentes e habilitadoras” do MCTIC, prevê os cenários possíveis da aplicação das tecnologias para manufatura avançada, conforme a Figura 7, sendo que os autores enfatizam que algumas áreas são mais factíveis e outras um pouco distantes, mas sem dúvida todas se tornarão realidade com o tempo (BRASIL, 2020a).

Figura 7 – Cenários possíveis da aplicação das tecnologias para manufatura avançada



Fonte: Brasil (2020).

O Instituto Euvaldo Lodi (2017), através do “Mapa de *clusters* tecnológicos e tecnologias relevantes para competitividade de sistemas produtivos”, identifica oito grupos (*clusters*) tecnológicos com efeitos disruptivos na produção industrial: 1. internet das coisas (*IoT*), seus sistemas e equipamentos; 2. redes de comunicação; 3. computação em nuvem, *big data* e IA; 4. produção conectada e inteligente; 5. bioprocessos e biotecnologias avançadas; 6. materiais avançados; 7. Nanotecnologias; 8. armazenamento de energia (INSTITUTO EUVALDO LODI, 2017).

Em um cenário industrial em que as máquinas compartilham informações e tomam decisões sobre problemas de produção com o mínimo de intervenção humana, é possível integrar vários conceitos que podem ser utilizados em uma fábrica que utiliza processos direcionados a indústria 4.0. Desta forma, o estudo dessas tecnologias é importante para o futuro das indústrias e da educação, que também pode se beneficiar com esses recursos.

A implementação da indústria 4.0 remete a desafios e oportunidades em uma empresa. Nesse sentido, algumas das vantagens para um negócio é o aumento da produtividade, pois investimentos em automação trazem agilidade e precisão, permitindo a realização de atividades mais estratégicas; maior eficiência, já que estrutura baseada na indústria 4.0 possibilita a utilização de recursos empresariais com mais inteligência, melhorando os indicadores de desempenho do negócio, e redução dos custos de produção, por conta do aprimoramento dos resultados gerados a partir da maior capacidade de autonomia nos processos da cadeia produtiva. Contudo, como desvantagem existe a dificuldade de encontrar mão de obra capacitada, uma vez que se trata de tecnologias novas no mercado e encontrar profissionais capacitados pode ser um desafio, e o aumento de ciberataques, já que com a implementação da indústria 4.0 há uma maior conectividade à internet e as empresas devem se atentar à questão da segurança cibernética. Nesse sentido as ferramentas da indústria 4.0 operacionalizam sob esses fundamentos (PLMX, 2020).

Apontadas, em linhas gerais, as tecnologias emergentes das indústrias, será apresentada a situação do Brasil neste cenário tecnológico. Desta maneira, serão abordados os desafios e limitações do país para a implementação dessas tecnologias habilitadoras.

2.1.4 Cenário industrial tecnológico brasileiro

A globalização, impulsionada pela evolução tecnológica, tem alterado os processos de inserção e permanência das empresas no mercado (BRASIL, 2017). Segundo levantamento da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) há uma estimativa anual de redução

de custos industriais no Brasil a partir da migração da indústria para o conceito 4.0. Essa economia envolve ganhos de eficiência, diminuição nos gastos de manutenção de máquinas e consumo de energia (MDIC; ABDI, 2018). A transição das empresas para a manufatura avançada implica na promoção de melhorias em diversos processos e setores, como de engenharia, fabricação, serviços, vendas, marketing e cultura organizacional (BRASIL, 2017; SANTOS *et al.*, 2018).

Países com economias tecnologicamente avançadas adotam estratégias de políticas públicas para potencializar essas inovações. O objetivo é sustentar a competitividade internacional, fortalecer os ecossistemas de inovação, consolidar a capacitação e a qualificação de recursos humanos, gerar empregos e apoiar as micros e pequenas empresas (MPEs), inclusive startups. A utilização das tecnologias emergentes nas empresas pode aumentar a produtividade e fortalecer a competitividade, porém, também é preciso conhecer os desafios de se implementar esses novos conhecimentos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019). O cenário industrial continuamente sofre transformações e a troca de tecnologia nas indústrias é um fator que demanda pesquisa, planejamento e investimento.

No Brasil, as limitações na produção de inovações contribuem para a baixa produtividade das empresas e, conseqüentemente, a participação das mesmas no mercado interno e externo, reprimindo a produção de riqueza, emprego e renda (BRASIL, 2017). O parque industrial brasileiro é constituído, essencialmente, por micros, pequenas e médias empresas (MPME), as quais, em geral, quando comparado a padrões internacionais de mercado, apresentam uma pequena produtividade e baixo nível de digitalização (BRASIL, 2017). Além disso, o parque produtivo nacional vivencia, majoritariamente, entre a indústria 2.0 e a 3.0, empregando automação e robótica de forma ainda limitada, sendo que o conceito de manufatura avançada não está consolidado nem mesmo em grandes empresas. Logo, as indústrias nacionais possuem anos de atraso em relação aos países mais desenvolvidos (BRASIL, 2017; HEINDL *et al.*, 2016; ISI SVP, 2019). Entretanto, com planos de investimentos sistemáticos de instalação de sensores em máquinas, implantação de sistemas de conexão em redes on-line e digitalização da gestão, será possível encurtar a distância da fronteira tecnológica entre os países (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

A transição para a indústria 4.0 é marcada por desafios decorrentes da existência de equipamentos de diferentes gerações tecnológicas, incluindo equipamentos mais antigos sem a presença de controle numérico computadorizado (CNC) ou CLP, necessitando de adaptação de máquinas via sensores, prevalecendo à customização das empresas as suas necessidades. As

deficiências de capacitação e da escassez de engenheiros também geram um cenário desafiador para as MPEs (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

Arbix *et al.* (2017) acentuam três assuntos voltados para o desenvolvimento da manufatura avançada no Brasil, sendo estes: 1. Os *testbeds*, que são ambientes desenvolvidos para testes com equipamento e infraestrutura compartilhados, multi-institucionais e multiusuários, nos quais empresas e instituições de pesquisa (grupos de pesquisa) procuram soluções para problemas tecnológicos, simulando condições próximas de sistemas reais de produção. Deste modo, mais do que um suporte aos testes, esses ambientes são utilizados para a disseminação de técnicas e de qualificação profissional. 2. A integração internacional, em que ocorre a cooperação de informações com centros qualificados no que se refere às tendências das indústrias. 3. A governança, ou seja, a necessidade de o governo planejar estratégias para a reestruturação e remodelagem da indústria brasileira.

Segundo pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) (2016), as prioridades que o governo deve se ater para acelerar o desenvolvimento de tecnologias digitais no país se refere a promover o desenvolvimento da infraestrutura digital (banda larga, sensores); investir em novos modelos de educação e em programas de treinamento; e estabelecer linhas de financiamento específicas para as empresas. Para o ISI SVP a distância entre as universidades e as indústrias também surge como um agravante no avanço tecnológico nas fábricas (ISI SVP, 2019).

A empresa *Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*¹⁹ (GIZ) divulgou um estudo, em 2016, embasado em entrevistas com representantes de empresas brasileiras, instituições científicas e organizações, implicações das empresas brasileiras rumo à indústria 4.0. O referido estudo está divulgado no documento intitulado “Indústria 4.0: Possibilidades de colaboração com a cooperação para o desenvolvimento e a economia alemã na área de tecnologia/transfêrencia de know-how para o Brasil” (HEINDL *et al.*, 2016). Pela pesquisa da GIZ há três pontos que devem ser alterados para que ocorra o processo de transformação das empresas: 1. infraestrutura inteligente, para a conexão de equipamentos à internet, possibilitando a troca de informações em tempo real entre as máquinas; 2. plataformas digitais, que compilam e gerenciam os dados gerados pelo processo; 3. novos modelos de negócios baseados em dados, devido a grandes quantidades de informações (*big data*) que devem ser gerenciados por meio de algoritmos inteligentes. Desse modo, com a conectividade, o

¹⁹ Empresa prestadora de serviços no campo da cooperação internacional para o desenvolvimento sustentável e o trabalho de educação internacional (GIZ, 2020).

compartilhamento e a gestão inteligente de dados, é possível oferecer aos clientes propostas customizadas de serviços em tempo real (*smart services*) (HEINDL *et al.*, 2016).

Conforme o mesmo estudo, publicado pela *GIZ*, indica que, para 83,6% dos 67 entrevistados, a falta de mão de obra qualificada lidera como o desafio para as empresas de pequeno e médio porte, especialmente, atingirem condições para o desenvolvimento da indústria 4.0 no país, seguido pela falta de infraestrutura de internet e a falta de apoio político, conforme Figura 8 (HEINDL *et al.*, 2016). A pesquisa realizada pela CNI, em 2016, com base em entrevistadas em empresas industriais, também constata que a falta de trabalhador especializado é uma barreira para o desenvolvimento de tecnologias digitais nas indústrias, principalmente para as empresas dos setores de baixa e média-baixa tecnologia. Para as grandes empresas, tão relevante quanto à falta de qualificação dos trabalhadores, também salienta a insuficiência de infraestrutura do setor de telecomunicações do país. Como barreira interna, cita-se o alto custo de implementação como empecilho para a utilização de tecnologias digitais nas indústrias (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016).

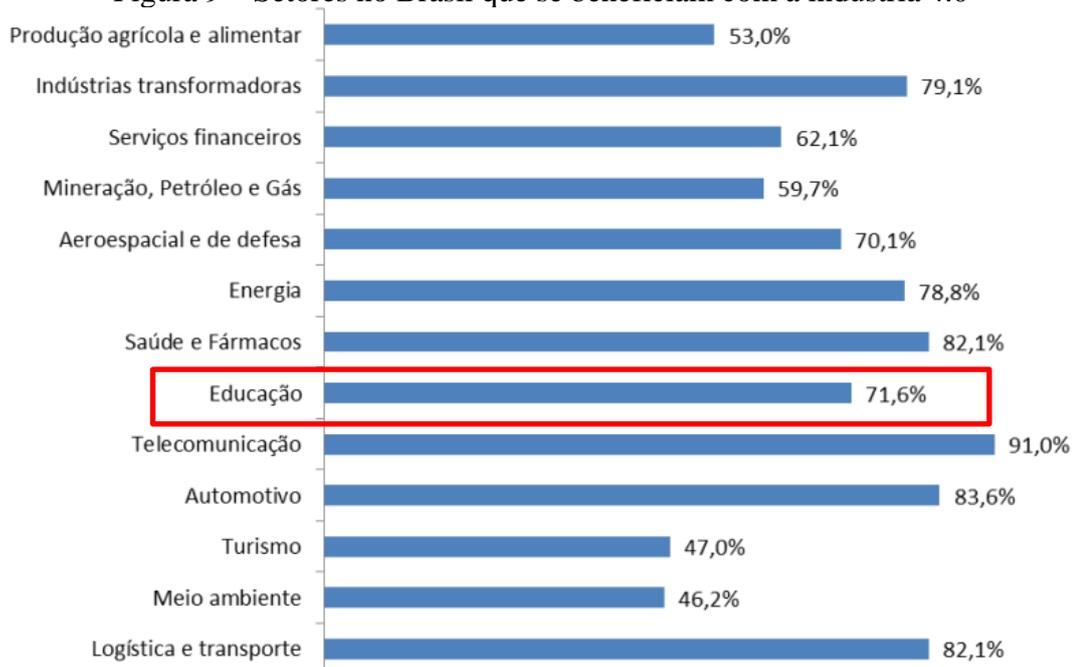
Figura 8 – Grau de desafios para a implementação da indústria 4.0



Fonte: Heindl *et al* (2016).

Reforçando a importância do ensino no âmbito da quarta revolução industrial, os autores do documento publicado pela agência alemã *GIZ* apontaram os setores que se beneficiam com a implementação da indústria 4.0, sendo a educação uma área com alto índice de oportunidades para o desenvolvimento, segundo o destaque em vermelho na Figura 9 (HEINDL *et al.*, 2016). Este quadro indica a conexão entre a educação com a indústria 4.0, sendo, então, importante para a transição de tecnologia e para o desenvolvimento do país.

Figura 9 – Setores no Brasil que se beneficiam com a indústria 4.0



Fonte: Heindl *et al* (2016) com marcação do autor.

Uma das razões para os países avançarem nas tecnologias da indústria 4.0 é promover o aumento da competitividade no mercado mundial. Em 2018, segundo o ranking de competitividade apresentado no anuário²⁰ do *International Institute for Management Development (IMD)*, que avaliou o desempenho de 63 países com base em critérios que medem diferentes facetas da competitividade industrial, o país mais competitivo industrialmente foram os Estados Unidos, seguido por Hong Kong e Singapura. Em 2019, ocorreu uma inversão entre os países, sendo Singapura o primeiro colocado, Hong Kong o segundo e Estados Unidos o terceiro. Em 2020, em meio a pandemia, o ranking ficou com a seguinte classificação: Singapura (1º), Dinamarca (2º) e Suíça (3º). No ano seguinte as primeiras posições ficaram com Suíça (1º), Suécia (2º) e Dinamarca (3º), e em 2022 com Dinamarca (1º), Suíça (2º) e Singapura (3º). O Brasil, através das limitações e incapacidades para promover o fortalecimento de tecnologias, obteve, desde 2010, uma queda constante no que diz respeito ao ranking mundial da competitividade industrial, estabilizando apenas em 2017. Nos anos de 2019 e 2020 o país conseguiu reagir e melhorou sua colocação, porém o seu desempenho no geral é muito ruim. Em 2021²¹ o Brasil piorou para a posição 57, e em 2022 caiu mais duas posições, ficando na 59ª posição entre 63 países, conforme a 34ª edição do Anuário de Competitividade do *IMD*, sendo uma das nações menos competitivas do mundo. No Quadro 1 estão relacionadas às

²⁰ *World Competitiveness Yearbook (WCY)*.

²¹ Foram avaliados 64 países nesse ano.

posições de competitividade industrial do Brasil no mundo nos últimos seis anos, considerando a avaliação de 63 países (IMD, 2022).

Desta maneira, com base nos dados fornecidos pelos especialistas das diversas pesquisas, percebe-se um cenário preocupante para o país, principalmente para as empresas que ainda utilizam equipamentos com a tecnologia referente à indústria 2.0.

Quadro 1 – Posição do Brasil sobre sua competitividade industrial em relação ao mundo

Ano	Posição
2015	56°
2016	57°
2017	61°
2018	60°
2019	59°
2020	56°
2021	57°
2022	59°

Fonte: Elaborado pelo autor (2022), a partir de IMD (2022).

Os dados supracitados alertam sobre a situação do cenário industrial tecnológico brasileiro e sinalizam a educação como um setor com potencial para alcançar a transição de tecnologia para a indústria 4.0, podendo qualificar a força de trabalho e contribuir para o desenvolvimento do país. Nesse sentido é de grande valia propor que as instituições de ensino consigam utilizar, manipular e desenvolver tecnologias emergentes na esfera educacional. Entretanto, essas instituições necessitam de qualificação contínua de professores, de equipamentos modernos com conectividade e de estrutura adequada para o desenvolvimento de ações pedagógicas. Logo, o presente contexto do país sugere novas práticas pedagógicas para redimensionar os cursos tecnológicos, incluindo o de Engenharia de Controle e Automação. As demandas da indústria 4.0 geram desafios para a educação em engenharia, pois revelam a necessidade de formar futuros engenheiros mantendo um olhar voltado para as novas tendências sociais e tecnológicas. Realizar a migração de tecnologia de um país é um processo lento e deve ser considerado tanto na esfera industrial como educacional, visto que elas impactam diretamente na sociedade.

Na educação, não se tem como objetivo formar um profissional dependente da indústria, e sim formar um cidadão reflexivo e capacitado para tomar suas próprias decisões sobre sua carreira. Nesse sentido, as instituições de ensino devem fornecer condições para que os estudantes consigam desenvolver habilidades técnicas para sua formação profissional e, também, fornecer condições para que eles desenvolvam características que o façam ser

indivíduos com capacidade de enxergar possibilidades de evolução pessoal a partir de suas reflexões, críticas, pensamentos e projetos de vida que eles almejam. Para tanto, a escola deve ter um olhar para além das atividades que tenham relação com o mundo do trabalho, incentivando os alunos a terem o gosto pela ciência, investigação, inovação, pesquisa, etc. Os estudantes de engenharia devem se sentir encorajados a terem uma visão reflexiva sobre suas vidas. Assim, poderão se sentir provocados a transformar o cenário social e industrial do país, ao invés de serem “ferramentas” do mercado de trabalho e consumidores do que está sendo posto para elas. Logo, as instituições de ensino devem focar na educação num contexto tecnossociocultural, não excluindo as lacunas entre a educação e o mercado. Elas não devem ser formadoras de pessoas para abastecer a indústria 4.0, mas sim formar cidadãos que sejam críticos do que está posto na sociedade contemporânea e que possam alavancar outras possibilidades futuras. Neste momento, as tecnologias da indústria 4.0 estão presentes na sociedade sendo importante para o desenvolvimento sociocultural e industrial, porém, como todas as outras revoluções, a quarta revolução industrial será passageira, e logo estaremos falando da indústria 5.0, 6.0, assim por diante. O indivíduo deve estar sempre preparado para mudanças e renovação, podendo construir essa cultura e esse hábito durante o seu período escolar.

Desta forma, o estudo do cenário industrial brasileiro, sobre a implementação das tecnologias emergentes, embasa a proposta da tese, já que é fundamental inserir conceitos da indústria 4.0 nas escolas para auxiliar o país a desenvolver inovações na área industrial e educacional. A reformulação da dinâmica pedagógica nos ambientes de aprendizagem na engenharia pode impactar na situação econômica e social do país, promovendo um avanço no cenário industrial tecnológico brasileiro. Assim, vislumbrando uma reconfiguração das práticas pedagógicas no ensino em Engenharia de Controle e Automação para o contexto da indústria 4.0 é fundamental conhecer elementos de um processo automatizado com equipamentos industriais do parque fabril brasileiro (da indústria 3.0).

2.2 PROCESSO AUTOMATIZADO DA INDÚSTRIA 3.0

Visto a defasagem tecnológica que o Brasil apresenta em relação as tecnologias emergentes e tendo a educação como um setor importante para a transição de tecnologia e para o desenvolvimento do país, o intuito desta subseção é esclarecer como um sistema pode ser automatizado utilizando equipamentos da terceira revolução industrial, uma vez que o país desenvolve esse nível de tecnologia. O entendimento desse processo de automatização é

importante para compreender futuramente a utilização das tecnologias emergentes da indústria 4.0 nos processos de aprendizagem.

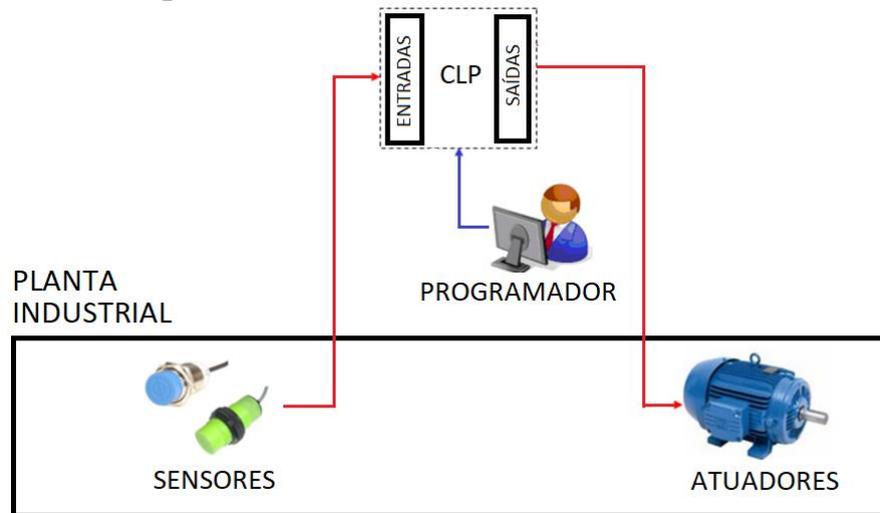
A relação do perfil do egresso de um Bacharel em Engenharia de Controle e Automação ou de um engenheiro de controle e automação é consistente com o proposto nesta tese, visto que este profissional pode atuar no desenvolvimento e integração de processos, sistemas, equipamentos e dispositivos de controle e automação, segundo os “Referenciais curriculares nacionais dos cursos de bacharelado e licenciatura” (BRASIL, 2010, p. 41).

2.2.1 Sistema de controle automatizado

Um sistema pode ser definido como automatizado, segundo Prudente (2013), quando este é capaz de cumprir uma ou várias tarefas por meio de decisões que são tomadas por dispositivos que compõem o processo a ser controlado sem a intervenção humana. As operações de uma instalação automatizada flexível têm vantagens como: economia energética e de materiais; rápida modificação na produção; redução de tempo de trabalho e de custos; e melhoria do ambiente de trabalho (PRUDENTE, 2013).

Os sistemas de controle são compostos, essencialmente, por quatro elementos: planta, sensores, controladores (tendo como exemplo o CLP) e atuadores, conforme a Figura 10. A planta significa o sistema ou processo que se deseja automatizar. Os sensores são dispositivos que estão dentro da planta e que podem mensurar os valores das variáveis desejadas, como, temperatura, pressão, vazão, etc. Esses também têm a função de enviar as informações coletadas para o controlador. O controlador, o “cérebro” do sistema, é o instrumento responsável por processar os dados advindos dos sensores através de uma programação definida pelo programador. Como o CLP é bastante utilizado no meio industrial, este foi selecionado para representar o controlador do processo na Figura 10, porém, poderia ser outro dispositivo que tenha a mesma função. Então, o resultado do processamento do CLP sobre os dados recebidos (entradas) é a ativação dos atuadores, que são máquinas (motores, por exemplo) que estão na planta. Ou seja, o controlador envia sinais de acionamento para os atuadores e, portanto, esses sinais são definidos como saídas do CLP. Os atuadores, por sua vez, agem diretamente na planta para manter ou modificar as variáveis desejadas no sistema com o objetivo de alcançar os valores estipulados no projeto (PRUDENTE, 2013; FONSECA; PIINTO, 2019).

Figura 10 – Elementos de um sistema de controle



Fonte: Adaptado de Silva (2011).

Sistemas automatizados com CLPs são comuns no cenário industrial brasileiro, visto que são equipamentos que fazem parte da indústria 3.0 e o país se enquadra nessa Era tecnológica. Nesse sentido, por ser um dispositivo amplamente utilizado, ele possui uma tecnologia acessível às instituições de ensino, pois devido a sua vasta gama de modelos, há variados preços no mercado. A sua popularização também traz outro benefício, que é a produção de materiais técnicos e didáticos (apostilas, livros, cartilhas, etc.) que auxiliam os professores a desenvolver estratégias e práticas para o ensino em engenharia. No entanto, modelos mais modernos de CLPs, sensores e atuadores, que possuem tecnologias propícias para a indústria 4.0, apresentam custos mais elevados, além de o mercado oferecer treinamentos/cursos ainda escassos sobre o tema. A migração de equipamentos com tecnologia 4.0 ainda é modesta por parte das fábricas, dificultando também a aliança entre instituição de ensino e empresas. Adaptar os métodos de ensino e aprendizado para a indústria 4.0, utilizando equipamentos já existentes nas empresas, é uma estratégia viável para adequar a realidade do Brasil as tecnologias emergentes.

Além dos equipamentos supracitados que compõem os sistemas de controle, ilustrados na Figura 10, outro elemento bastante utilizado nas indústrias para facilitar o monitoramento e o acompanhamento do processo industrial é o sistema de supervisão, controle e aquisição de dados, ou abreviadamente *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Este sistema é composto por uma estação central, podendo ser representada por um computador com um software específico de supervisão, controle e aquisição de dados, interligada a um sistema de controle (CLP, por exemplo), no qual, são conectados os componentes do chão de fábrica (sensores e atuadores). O referido software é interligado ao sistema de controle, via

comunicação específica (*drivers*), com o objetivo, por exemplo, de aumentar a praticidade de controle do processo de produção, melhorar a interface entre o homem e a máquina e reduzir a dimensão dos painéis de controle. Para tanto, o software supervisor fornece subsídios ao operador da máquina controlar ou monitorar mais rapidamente um processo automatizado, permitindo a leitura de variáveis em tempo real e o gerenciamento da dinâmica da planta industrial de maneira remota. O software consiste, basicamente, em uma ou mais telas, usualmente desenvolvidas pelo usuário, com indicadores mostrando a situação em tempo real das máquinas e as variáveis do processo, possibilitando ao operador compreender as informações e tomar ações para o funcionamento adequado do sistema. Tipicamente, o software supervisor, em comunicação com CLP, possibilita a interação amigável entre usuário e as variáveis do processo por IHM. Assim, o operador pode visualizar os dados dos dispositivos do processo que deseja e acioná-los, caso necessário, via software em uma sala de controle, eliminando a necessidade de o usuário permanecer ou deslocar-se até a máquina para realizar as tarefas de monitorização ou de controle do equipamento. Portanto, quando o sistema de SCADA se comunica com CLPs e/ou outros equipamentos de aquisição de dados (como sensores) para obter informações sobre a operação do equipamento, essas informações são exibidas em uma HMI em formato gráfico ou em outra representação visual que facilite a leitura e a compreensão (COPADATA, 2019). Dentre as várias funcionalidades do sistema supervisor cita-se a criação de um banco de dados, de telas de alarmes e de gráficos de tendências (RIES; REGIS; VALENTIM, 2017; VILLARIM *et al.*, 2018). Dessa forma, essa é uma ferramenta amplamente utilizada em grandes processos automatizados, uma vez que o operador não necessita estar no chão de fábrica para gerenciar a planta.

O ato de desenvolver sistemas automatizados em sala de aula como prática didática proporciona ao aluno autonomia para desenvolver competências requeridas pela indústria 4.0, como, a reflexão, pesquisa, criação, inovação, análise, poder de decisão e gerenciamento de atividades para resolver problemas. Nesse sentido, o professor pode explorar práticas de aprendizagem por meio de exercícios²² de cunho social e de interesse dos alunos para propiciar um vínculo afetivo com o objeto de estudo, resultando na satisfação de aprender. Os trabalhos colaborativos de sistemas automatizados podem proporcionar atividades práticas, incentivando a abordagem “*learning by doing*”, que significa “aprender fazendo”. Nesse caso, infere-se por

²² O termo práticas de aprendizagem relacionado neste trabalho é compreendido como todas as tarefas e atividades que o professor propõe que o aluno realize para que a partir dessas atividades ele desencadeie o processo de internalização. Os exercícios aqui representados são considerados atividades em que a teoria e a prática estão articuladas, propondo que o aluno coloque em movimento os conceitos teóricos a partir de experiências de aprendizagem, podendo ser mediado pelos recursos informáticos.

meio dos conceitos expostos sobre o contexto da indústria 4.0, que os alunos, ao se envolverem em ambientes de aprendizagem baseados em exercícios colaborativos podem desenvolver competências funcionais, comportamentais e sociais, além de possibilitar o desenvolvimento da inteligência intrapessoal e da inteligência interpessoal, qualidades importantes para um engenheiro que pretende atuar no cenário que envolve as tecnologias da indústria 4.0.

Na automação, dentre os elementos de um sistema de controle apresentados na Figura 10, o controlador é um dos principais equipamentos, pois possibilita que o programador realize a programação do processo para que o sistema execute determinadas funções de forma autônoma. Como é possível observar a presença dos controladores, tais como os CLPs, e as linguagens que permitem a sua programação em processos que envolvem a automação de sistemas nas indústrias brasileiras, logo, na Engenharia de Controle e Automação esses dispositivos (oriundos da indústria 3.0) são relevantes e ainda atuais, justificando suas presenças nos cursos de engenharia.

Ademais, devido a utilização do CLP na indústria, estes equipamentos estão sendo fabricados com recursos tecnológicos da indústria 4.0, com, por exemplo, a tecnologia de internet das coisas, da qual envia dados do chão de fábrica diretamente para a nuvem (WAGO, 2022). A DJP Automação (2021) menciona que o CLP tem um papel fundamental na aplicação de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, visto que já existem CLPs que contém tecnologia embarcada para executar tarefas ligadas à quarta revolução industrial. Entretanto, alerta que os componentes sem esse tipo de função devem ficar rapidamente obsoletos.

Corroborando a importância do CLP no cenário atual, Andreas Hager, gerente de produto da B&R²³, acredita que mesmo com a inserção da internet das coisas, virtualização e 5G, abrindo novas possibilidades na indústria, o CLP ainda será necessário, pois continuará sendo um hardware para lidar com a transmissão de dados no chão de fábrica (B&R, 2021). Segundo Hager, o CLP está longe de se tornar supérfluo, sendo um equipamento que irá crescer em importância devido aos papéis adicionais que assumirá: como um dispositivo de ponta conectado a nuvem. (B&R, 2021).

Portanto, os sensores, atuadores, CLPs tendem a se modernizarem e adquirir funcionalidades relacionadas a indústria 4.0, continuando relevantes no processo da automação industrial, e a programação a ser implementada nesses equipamentos permanecerá essencial.

²³ Empresa que desenvolve soluções em automação industrial.

2.2.2 Controlador lógico programável

O controlador lógico programável (CLP) (em inglês *programmable logic controller – PLC*), é um dos equipamentos utilizados como controlador de um sistema automatizado. De forma simplificada, o CLP pode ser definido com um equipamento que processa informações e realiza funções de controle em vários níveis de complexidade. Este contém um sistema eletrônico programável, utilizado basicamente na área industrial, capaz de gerir operações de controle industrial de maneira flexível (PRUDENTE, 2013).

O CLP foi inventado para substituir os circuitos lógicos desenvolvidos com relés para o controle industrial. O primeiro CLP surgiu na indústria automobilística, no final dos anos sessenta, com o intuito de diminuir os tempos de parada de produção devido à mudança das atividades da fábrica. Para modificar a fabricação e montagem de outro modelo de carro, as fábricas de automóveis suspendiam a produção para alterar a configuração dos quadros elétricos das máquinas (troca da fiação, componentes, etc.). Com o advento do CLP, foi possível flexibilizar a produção de novos modelos sem gastar muito tempo em alterações dos painéis de acionamentos a relés, já que dependia da reprogramação do CLP, o que era muito mais rápido. Com a redução de tempo de parada do processo, as indústrias produziam mais e se tornavam mais competitivas no mercado. À vista disso, o CLP se tornou necessário no meio industrial, marcando a geração da indústria 3.0, sendo ainda muito utilizado atualmente (PRUDENTE, 2013).

Uma das vantagens em utilizar o CLP em um sistema automatizado é a possibilidade de realizar operações de controle, monitoramento e intertravamento de processos industriais. Também o CLP é escolhido por ser reprogramado com agilidade, ter baixo custo, conseguir se comunicar com vários sensores e atuadores, possuir alto nível de confiabilidade e segurança, entre outras vantagens. Todavia, uma das desvantagens é a exigência de profissionais qualificados para programação e realizar a manutenção do sistema (FRANCHI; CAMARGO, 2009; PRUDENTE, 2013).

No contexto da sala de aula, o professor pode explorar o uso do CLP para situações industriais que necessitem ser automatizados. Este processo é interessante, visto que há diversas maneiras de resolver um problema de automação. Um sistema que precisa ser automatizado pode ter diferentes configurações no que se refere aos dispositivos utilizados e a programação implementada. Cabe aos alunos criarem soluções de acordo com a necessidade exigida e os instrumentos que têm disponíveis. Com a realização de atividades individuais e em grupo, o professor consegue estimular os estudantes a terem ações colaborativas, criativas e, ao mesmo

tempo, proporcionar ações planejadas e intencionais que resultam em reflexões de aprendizado devido a percepção de ações mentais que eles desenvolvem no processo de resolução de problemas. Isto posto, o aluno, mediado pelos instrumentos tecnológicos e pelo professor e colegas, constrói o seu aprendizado, conscientemente, no seu ritmo, com a influência de fatores afetivos e sociais.

O CLP, como visto, é uma máquina que precisa ser programada para executar qualquer tarefa. Desta maneira, o operador precisa utilizar uma linguagem de programação específica para o equipamento, sendo que a *International ElectroTechnical Commission*²⁴ - IEC 61131-3 indica as linguagens de programação para os CLPs. Dentre elas, a mais comum é a linguagem Diagrama Ladder, do inglês *Ladder Diagram (LD)* e, popularmente, conhecida como linguagem Ladder (PRUDENTE, 2013; RIBEIRO, 2016).

2.2.3 Linguagem Ladder

A linguagem Ladder é uma linguagem gráfica (utiliza símbolos) e é uma das principais linguagens de programação de CLPs. Por ser a pioneira, ao ser criada, ela precisava ser de simples entendimento para os técnicos e engenheiros responsáveis pelas máquinas das fábricas. Como, anteriormente ao CLP, utilizava-se quadros elétricos com lógicas de comando via dispositivos eletromecânicos (relés), a linguagem Ladder foi desenvolvida para aproximar o conhecimento da época com a nova tecnologia do CLP. Assim, pelo fato da linguagem Ladder ter conceitos parecidos com os diagramas de contatos elétricos (lógica a relés), ela foi disseminada com sucesso, constituindo-se em uma ferramenta poderosa de programação. Além disso, ela trouxe algumas vantagens, tais como: a possibilidade de uma rápida adaptação do pessoal técnico; uso de símbolos padronizados e mundialmente aceitos; e uso de técnica de programação difundida e aceita industrialmente (FRANCHI; CAMARGO, 2009). Com a evolução da informática, tanto o CLP quanto a linguagem Ladder foram incorporando novas funcionalidades, exigindo dos profissionais da área constante aprimoramento.

A solução para um problema de automação pode ter diversas respostas. Uma delas diz respeito a programação implementada no CLP. Não existe um único programa que satisfaça um sistema automatizado, e sim vários. Nesse sentido, o professor, ao propor práticas de aprendizagem de automação, pode explorar a programação do controlador para estimular a criatividade, a cooperatividade, a mentalidade de resolver problemas, o pensamento lógico e

²⁴ A IEC é a norma que estabelece todo o ciclo de desenvolvimento dos CLPs, incluindo o projeto de hardware, instalação, testes, documentação, programação e comunicação (FRANCHI; CAMARGO, 2009).

algorítmico dos alunos, que são características importantes para os profissionais da indústria 4.0.

As habilidades de programação são de fato importantes na formação do engenheiro de controle e automação, devendo estas serem desenvolvidas e aprimoradas nas instituições de ensino, seja por meio do uso de CLPs ou por outros instrumentos programáveis. As tecnologias podem evoluir e as plataformas de programação podem mudar, mas a lógica computacional baseada em métodos formais de representação e validação das instruções permanece a mesma. Por esta razão, é importante reconhecer que, para além da instrumentalização dos engenheiros sobre uma linguagem ou plataforma específica, considera-se que as habilidades do PC devem ser visadas. Por este motivo, este conceito tem influência no profissional que deseja desenvolver uma programação e automatizar um processo.

2.3 PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Tendo em vista que a indústria 4.0 evidencia dispositivos digitais conectados, utilizando informações gerenciadas por meio de algoritmos inteligentes, a programação de sistemas é um dos fatores fundamentais no ramo tecnológico. A atividade de programação desenvolve diversas habilidades e competências requeridas pela indústria 4.0, sendo o pensamento computacional (PC) um conceito agregador para esta prática.

2.3.1 Conceito, habilidades e competências do Pensamento Computacional

O pioneiro a utilizar o conceito do pensamento computacional (em inglês *computational thinking*) foi Seymour Papert, em seu livro *Mindstorms, Children, Computers and Powerful Ideas*²⁵ ao fazer explorar ao uso do computador como ferramenta de aprendizagem. Nessa obra o autor aborda os computadores e o papel da tecnologia no ensino de crianças (PAPERT, 1980). Ao envolver a programação como uma estratégia de pensamento em seus estudos, Papert desenvolveu a teoria de que uma criança poderia aprender a pensar como o computador, sendo este pensamento entendido como o PC. O PC tem a finalidade de desenvolver habilidades de raciocínio que podem ser executadas pelo computador, tornando assim um processo cognitivo e metacognitivo importante para a resolução de problemas. Apesar do termo PC ter origem a partir dos estudos de Papert nos anos 1980, não há uma definição precisa ou formal do PC. Esse

²⁵ Obra de 1980, publicada no Brasil com o título LOGO: computadores e educação (PASQUAL JÚNIOR, 2020).

conceito tomou novas dimensões mediante um artigo resumido publicado por Jeannette Marie Wing, que é uma cientista e pesquisadora influente na área da Computação. Ela apresentou em seu artigo a importância da inserção do PC como uma competência para todos e não apenas para cientistas da computação (VICARI *et al.*, 2018; WING, 2006).

De acordo com Wing (2006), o PC tem como base conceitos fundamentais da ciência da computação e pode ser definido como um método ou abordagem para resolver problemas, projetar sistemas e compreender o comportamento humano (WING, 2006). Na visão de Wing, o PC não está necessariamente relacionado ao uso de artefatos tecnológicos, mas sim ao desenvolvimento de processos mentais abstratos²⁶ direcionados à resolução de problemas. Desse modo, a autora esclarece que o PC não tem o objetivo de tentar fazer com que seres humanos pensem como computadores de fato, mas que se valham de um conjunto de habilidades e técnicas que incluem a decomposição de uma tarefa, o reconhecimento de um padrão e abstração, e a formulação de algoritmos para resolver problemas (AFFELDT *et al.*, 2018; MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016). Com base nessas informações, o PC pode ser considerado uma metodologia que utiliza esses quatro pilares para auxiliar na resolução de problemas, sendo o primeiro passo do processo a identificação de um problema (que pode ser complexo) e a sua divisão em partes menores para facilitar a análise, compreensão e solução (decomposição). A partir dessa divisão é possível analisar cada um dos problemas menores de forma individual em profundidade, identificando problemas parecidos que já foram solucionados anteriormente (reconhecimento de padrões). Essa análise tem como objetivo ter o foco apenas nos detalhes que são importantes, enquanto informações irrelevantes são ignoradas (abstração). Por fim, pode-se criar regras simples para resolver cada um dos subproblemas encontrados (formulação de algoritmos) (VICARI *et al.*, 2018). Para Vicari *et al.* (2018) essas etapas podem ser utilizadas para criar um código ou programa, que pode ser compreendido por sistemas computacionais e, conseqüentemente, utilizado na resolução de problemas complexos.

A complexidade de alguns problemas pode ultrapassar a capacidade do pensamento humano para desvendá-los sozinho, ou pode demandar muito tempo para que sejam resolvidos. Nesse sentido, o uso de recursos computacionais é necessário para auxiliar no desenvolvimento de uma resposta. As pessoas equipadas com aparelhos informáticos conseguem desenvolver habilidades para solucionar problemas que seriam difíceis sem o uso dos mesmos, pois estariam

²⁶ O conceito de abstração nesse contexto reflete em o usuário ignorar o detalhamento interno do componente para se concentrar apenas em entender a funcionalidade do processo em que está inserido como um todo (uma visão mais macro). Para cada parte do sistema, há vários níveis de abstração (BROOKSHEAR, 2013).

limitadas a construir sistemas com funcionalidades reduzidas apenas pela imaginação (WING, 2006). A partir dessas observações, reconhece-se ser importante ensinar uma forma de pensar em que os seres humanos possam resolver problemas com base no PC, estruturando o raciocínio de tal maneira que ele possa ser codificado e executado pelos computadores.

No entanto, Vicari *et al.* (2018) alertam que o PC não envolve necessariamente máquinas e a execução de programas. O PC pode ser utilizado *unplugged* (desplugado) ou *plugged* (plugado). O PC *unplugged* é uma abordagem sem o uso de computadores. É mais difundido com crianças, nos anos iniciais de sua formação, e costuma utilizar dinâmicas colaborativas e planejadas, como jogos educacionais e uso de cartões e tabuleiros, por exemplo, com atividades lúdicas que envolvem recortar, dobrar, colar, desenhar, pintar e resolver enigmas para abordar conceitos de Computação. Neste caso o uso de materiais escolares é comum para simular o comportamento de máquinas. O PC *plugged* é a forma mais utilizada internacionalmente, com o mesmo foco da PC *unplugged*, porém os alunos utilizam máquinas no processo de aprendizagem, como, por exemplo, o uso de computadores ou robôs do tipo Lego. O ensino de programação é a abordagem mais utilizada no PC *plugged*.

Para a comissão elaborada pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC), o PC refere-se à capacidade de sistematizar, representar, analisar e resolver problemas (SBC, 2017). Segundo orientações da própria SBC, o PC desenvolve as seguintes competências (SBC, 2017):

1. abstração, que visa compreender e utilizar modelos e representações adequadas para descrever informações e processos, e técnicas para construir soluções algorítmicas;
2. automação, que invoca o usuário ser capaz de elaborar soluções por meio de algoritmos de forma que máquinas possam executar partes ou todo o algoritmo proposto, bem como de construir modelos computacionais para sistemas complexos;
3. análise, que prevê a função de analisar criticamente os problemas para identificar não somente se existem soluções que podem ser automatizadas, mas também ser capaz de avaliar a eficiência e a correção destas soluções.

O processo do PC inclui (mas não está limitado) as habilidades de formular problemas de forma que seja possível usar um computador e outras ferramentas em sua resolução; de organizar e analisar informações de forma lógica; de representar dados por meio de abstrações, como modelagem e simulações; de automatizar soluções mediante algoritmos pensando em uma série de etapas ordenadas; de identificar, analisar e implementar soluções possíveis para alcançar a combinação mais eficiente e eficaz; e de generalizar e transferir este processo de resolução de problemas para uma ampla variedade de problemas (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011; VARELA *et al.*, 2019). Segundo Pasqual Júnior (2020), em alguns cargos das áreas de automação e engenharia mecânica, os profissionais precisam criar e programar

máquinas para realizarem atividades de forma automática e, nesse contexto, eles precisam ter a competência de pensar computacionalmente e ter as habilidades de extrair informações, sistematizar uma solução, reconhecer padrões e implementar um algoritmo.

Devido à grande evolução dos equipamentos eletrônicos, cada vez mais presentes na vida das pessoas, o PC se tornou uma habilidade fundamental para todos, não somente para cientistas da computação. Segundo Wing (2006), uma das características do PC que irá afetar as pessoas não está ligada apenas aos artefatos de software e hardware que estão fisicamente em diversos lugares e que utilizamos no dia a dia, mas sim os conceitos computacionais que usamos para resolver problemas, gerenciar o nosso cotidiano e interagir com outras pessoas (WING, 2006). Varela *et al.* (2019) acreditam que os alunos, para terem sucesso no mundo de mudança em que vivemos, independentemente da área que irão trabalhar, precisam ser adaptáveis, sensíveis a mudanças e serem capazes de solucionar intemperes.

2.3.2 Contribuições do pensamento computacional para a educação em engenharia

Por suas características, o PC é estrategicamente importante para lidar com muitos tipos de problemas e pode ser útil em disciplinas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (*STEM*), onde modelos, simulação, experimentos, que utilizam recursos informáticos, fazem parte do aprendizado. Entretanto, as habilidades que o PC enaltece podem ser utilizadas em qualquer assunto, tais como, música, línguas, política, entre outros (BILBAO *et al.*, 2016). Para Wing (2006) e SBC (2017), o método de raciocínio e habilidade analítica que o PC agrega deveria ser implementado para crianças em diversas áreas, como na leitura, escrita e aritmética. Mohaghegh e McCauley (2016) entendem que o significado de PC tem grande importância no século XXI e deve ser explorado em maior profundidade em diversos níveis de aprendizagem. Para a SBC (2017), a inserção da computação na educação básica oportuniza a formação de habilidades e competências computacionais, apoiando outras áreas de conhecimento. Essas habilidades e competências são importantes para potencializar a capacidade de solucionar problemas ao utilizar o PC para criar processos e produtos (SBC, 2017). Aprender a pensar com os conceitos do PC traz consigo uma série de benefícios educacionais que reforcem habilidades intelectuais e melhoraram o aprendizado sobre qualquer assunto (MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016). Varela *et al.* (2019) acreditam que existe a necessidade de preparar as pessoas com as competências do PC, sendo a maneira mais eficaz de fazer isso é integrando-as nos currículos do ensino obrigatório. Mohtadi, Kim e Schlosser (2013) percebem que as mudanças no ensino médio podem resultar em habilidades básicas e conhecimento em áreas

como matemática e de programação. Para alunos que irão cursar a engenharia, esses atributos são bastante importantes, visto que muito da educação em engenharia requer uma base sólida de matemática, bem como compreensão e percepção de problemas. Cabe ressaltar que o PC não tem a relação apenas em resolver problemas com a computação. O uso do computador é uma aplicação do pensamento computacional. O PC constitui em um pensamento para resolver problemas de qualquer natureza, sendo este uma das grandes contribuições para a educação.

O PC apresenta o desenvolvimento de algumas facetas do pensamento, demonstrando que é um conceito importante para ser propagado no aprendizado escolar. Segundo Mohaghegh e McCauley (2016) essas peculiaridades envolvem o pensamento lógico, o pensamento algorítmico, pensamento eficiente e o pensamento inovador. O primeiro, o pensamento lógico, refere-se a uma dedução ou extrapolação de novas informações ou dados com base no contexto, sendo o aspecto lógico a ideia de formar conclusões realistas, evitando alcançar suposições corretas por acaso. O pensamento algorítmico faz alusão a um pensamento estratégico (um processamento passo a passo), importante na resolução de problemas computacionais, especialmente em problemas repetitivos. O pensamento eficiente trata sobre o desenvolvimento de algoritmo utilizando o menor número de etapas para solucionar um problema. Por fim, o pensamento inovador tem o intuito de treinar a mente para questionar coisas que já existem, para desafiar suposições e, finalmente, pensar "fora do caixa".

No âmbito da engenharia, desenvolver quaisquer dessas facetas supracitadas do pensamento torna-se um fator relevante no ato de articular projetos de sistemas de controle automatizados, visto que o engenheiro necessita ter uma visão racional e sistemática do processo para poder resolver problemas com criatividade e inovação que, na maioria dos casos da automação, exigem programação. O professor, ao implementar o conceito do PC nas práticas pedagógicas, possibilita um aprendizado focado no desenvolvimento de artefatos digitais em contextos colaborativos, criativos e comunicacionais (HILDEBRAND, 2020), fatores importantes para o ensino em engenharia.

Corroborando as características acima mencionadas, Varela *et al.* (2019) destacam, em sua pesquisa sobre a competência do PC relacionada os alunos ingressantes nos cursos de Engenharia, as seguintes habilidades do PC: resolução de problema; pensamento algorítmico; cooperatividade; pensamento crítico e criatividade. Varela *et al.* (2019) também argumentam que quando o pensamento crítico é combinado com o poder da computação, uma base sólida é estabelecida para tomar decisões e inovar soluções que podem melhorar a resolução de qualquer tipo de problema que possa surgir.

Em outro estudo Mohtadi, Kim e Schlosser (2013) analisaram informações de diversas universidades do mundo para verificar a importância da introdução do PC no currículo da engenharia. Através de sua pesquisa, foi diagnosticado que, devido ao aumento da complexidade dos sistemas de engenharia, os engenheiros devem ter a competência de conseguir analisar, projetar e testar esses sistemas. Assim, um engenheiro graduado precisa de um conhecimento prático e aprofundado dos processos envolvidos na concepção desses sistemas complexos, e o PC é um pré-requisito chave para isso. A pesquisa de Mohtadi, Kim e Schlosser (2013) revela que os educadores de engenharia enfrentam algumas barreiras, sendo destaques a pouca qualificação dos alunos ingressantes em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (*STEM*), e o desafio de preparar os alunos com as habilidades e conhecimentos necessários para resolver problemas complexos usando ferramentas computacionais associadas à competência de trabalhar em equipe e com tarefas multidisciplinares. Dessa maneira, foi constatado pelo estudo de Mohtadi, Kim e Schlosser (2013) que para motivar os alunos e encorajar sua criatividade, o professor precisa apresentar-lhes desafios reais de engenharia. Outro fator que o docente precisa lidar é com a lacuna entre as habilidades desiguais dos alunos que ingressam no nível superior devido à diferença na formação inicial de cada um. Deste modo, o estudo também enfatiza que para promover uma adequação do conhecimento, as instituições de ensino precisam integrar o PC em todos os aspectos do currículo da engenharia. Essa ação consiste em formar um currículo em espiral, abordando os assuntos de forma gradual em diversas disciplinas sequenciais. Em cursos de nível superior, os alunos ampliam suas habilidades e técnicas usando os mesmos ambientes de software durante todo o curso, desenvolvendo de maneira constante atribuições mais complexas. Logo, é importante as competências de programação serem abordadas nos primeiros semestres durante as disciplinas de matemática e física, porque estas são pré-requisitos para conteúdos de engenharia (MOHTADI; KIM; SCHLOSSER, 2013).

Nos cursos de engenharia, os estudantes universitários muitas vezes aprendem sobre matemática e algoritmos sem adquirir uma apreciação pelo que é necessário para colocar esse conhecimento em prática. A solução consiste em complementar as aulas teóricas com simuladores e demonstrações interativas. A utilização de plataformas de programação e simulação permitem a integração de PC e ferramentas para promover uma compreensão mais profunda da engenharia. Desse modo, os alunos adquirem a compreensão de programação e de sistemas de engenharia com aprendizagem prática baseada em problemas e em projetos ligados a hardware utilizados em processos reais da indústria, como também aprendem a pensar de

forma independente, investigando e aplicando os conceitos em exercícios com o auxílio das ferramentas usadas nas indústrias por engenheiros (MOHTADI; KIM; SCHLOSSER, 2013).

O incentivo sobre a utilização do PC nas instituições de ensino pode facilitar a adaptação do estudante ao mundo tecnológico, já que o PC engloba habilidades cognitivas envolvendo tarefas computacionais (VARELA *et al.*, 2019). Contudo, as habilidades são apoiadas por uma série de atitudes comportamentais que são atributos essenciais do PC, incluindo: confiança em lidar com a complexidade; persistência em trabalhar com problemas difíceis; tolerância para ambiguidades; capacidade de lidar com problemas em aberto; e capacidade de se comunicar e trabalhar com outras pessoas para atingir um objetivo ou solução em comum (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011). Desta forma, o professor precisa estar atento ao comportamento do aluno durante as atividades para conseguir explorar essas atitudes em favor do aprendizado.

As pesquisas citadas nesta tese têm demonstrado o valor e o potencial que o ensino do PC pode trazer para os processos educacionais, principalmente na área da Engenharia. Em geral, tais trabalhos apresentaram o PC como uma possibilidade de proporcionar um ensino de forma a estruturar o pensamento focado em construir soluções para problemas complexos que possam ser resolvidos por computadores. Logo, não propõe a mera instrumentalização ou uso de tecnologias. O uso da programação é um forte indicador para desenvolver o conceito do PC em sala de aula, como foi revelado no estudo de Araújo, Andrade e Guerrero (2016), que, através de um mapeamento sistemático de literatura, identificou que a programação foi a abordagem mais empregada para desenvolver o PC no Brasil.

Automatizar um sistema de controle utilizando CLP pela linguagem Ladder exige diversas habilidades e competências do PC, pois o engenheiro necessita além de saber programar o processo, precisa desenvolver raciocínio lógico para resolver cada etapa do problema por meio de ações que devem ser executadas pelo computador. No ramo da automação, a utilização de tecnologia e sua programação são fundamentais, assim como conhecer os tipos de linguagens e a habilidade de interação com os recursos informáticos. O conceito do PC envolve todas estas ações, promovendo o desenvolvimento de processos mentais abstratos relacionados a resolução de problemas. Dessa forma, diante do exposto nesta subseção, fica evidente que o PC não está estritamente ligado a programação em si, e sim em um sistema mais abrangente de pensamento envolvendo o recurso computacional. O PC é relevante para qualquer prática que envolva resolução de problema e dispositivos programáveis.

Portanto, as habilidades ao desenvolver práticas com o computador são importantes para diversas áreas, inclusive para a engenharia, que opera com vários dispositivos programáveis e

situações que necessitam de uma lógica mais específica, na qual o PC prevalece. Desse modo, tendo em vista que as suas habilidades são especialmente desejadas ao engenheiro em formação, incluir esse conceito nas práticas pedagógicas pode ser um acréscimo no currículo escolar do curso. Contudo, a possibilidade de inserção do PC em processos de ensino e aprendizagem carece de uma articulação com métodos apropriados que auxiliem e orientem a utilização do PC no ensino na Engenharia. Neste contexto, emergem os conceitos de transposição didática e informática, abordados nas próximas subseções, que tratam dos processos de transposição e validação epistemológica dos recursos tecnológicos no contexto de aprendizagem considerada neste projeto.

2.4 TRANSPOSIÇÃO INFORMÁTICA

O conceito de transposição informática²⁷ concerne a uma abordagem que articula os recursos computacionais à prática pedagógica integrando a dimensão didática e informática, favorecendo a reorganização da prática pedagógica. A origem do conceito está na transposição didática, que constitui o ponto de partida para o seu estudo.

2.4.1 Transposição didática

A transposição didática²⁸ refere-se aos fenômenos de transformação do saber, desde o conhecimento produzido por cientistas e pesquisadores até o conhecimento ensinado em sala de aula. Pode-se dizer que o saber científico sofre um processo de adaptação do conteúdo para se tornar o saber ensinado. A transposição didática designa o conjunto de transformações que um saber de referência sofre para ser ensinado. O conceito relaciona etapas variadas dos saberes, uma vez que existe uma diferença em relação às características de cada produção do conhecimento, tais como: a linguagem textual e o público alvo (ALVES FILHO, 2000; BELLEMAIN, 2000). Então, para a produção de um material didático, existe a necessidade de uma adequação dos saberes, uma vez que os conhecimentos acadêmico-científicos não foram elaborados com o objetivo de serem didáticos e ensinados nas escolas (POLIDORO; STIGAR,

²⁷ A transposição informática foi idealizada pelo estudioso francês em educação em matemática Nicolas Balacheff (PORTO *et al.*, 2020).

²⁸ O conceito de transposição didática foi proposto inicialmente pelo sociólogo Michel Verret, em 1975, mas amplamente estudado por Ives Chevallard, um pesquisador matemático que se tornou uma referência no assunto (JARDIM; CAMARGO; ZIMER, 2015). A primeira edição do livro referência de Chevallard, *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*, foi publicada em 1985, com tradução para o espanhol em 1991 e suas edições (MARANDINO *et al.*, 2016).

2010). O processo de transformação de um saber científico em um saber a ser ensinado é denominado de transposição didática.

A transposição didática, de Chevallard, revela um instrumento utilizado no processo de construção de conhecimento, ilustrado na Figura 11, em que inicialmente o saber produzido pelos cientistas e pesquisadores, o chamado saber de referência (saber sábio ou saber científico) é transformado em saber a ser ensinado (saber escolar). Nesse estágio, o saber é adaptado para produção de diferentes materiais e estratégias de ensino (CHEVALLARD, 2013; MARANDINO *et al.*, 2016; PORTO *et al.*, 2020; RÊGO BARROS, 2019). Essa primeira transformação é chamada de transposição didática externa, porque acontece fora da escola por uma pluralidade de agentes (uma rede de influências), incluindo políticos, acadêmicos, representantes da sociedade, membros do sistema educacional, chamada por Chevallard de “noosfera”. O processo de transposição didática externa envolve reuniões com propostas, produção e debate de ideias sobre os conhecimentos que os alunos precisam aprender (os saberes ensinados) (ALVES FILHO, 2000; CHEVALLARD, 2013). Esta etapa é importante e precisa ser aplicada periodicamente porque o saber ensinado pode se tornar obsoleto (reflita sobre uma disciplina de datilografia, por exemplo), assim como também há novidades constantes na ciência que precisam ser integradas ao conteúdo escolar.

Após construído o saber a ser ensinado, esse é novamente modificado, a partir das ações do professor, para um conhecimento estimulado em sala de aula, nomeado como saber ensinado, vide Figura 11. O resultado da interação com os alunos é o saber aprendido (CHEVALLARD, 2013; MARANDINO *et al.*, 2016; PORTO *et al.*, 2020; RÊGO BARROS, 2019). Essa segunda transposição didática, por acontecer dentro da escola pelo professor quando planeja sua aula e os meios de suas práticas pedagógicas, é entendida como transposição interna (ALVES FILHO, 2000; CHEVALLARD, 2013; MARANDINO *et al.*, 2016).

De forma sucinta, a transposição didática sugere que um elemento do saber deve sofrer transformações de tal maneira que se torne suscetível a ser ensinado, levando em consideração fatores como os ambientes e os recursos educativos (PORTO *et al.*, 2020). É relevante ressaltar que não há uma hierarquia entre os saberes, logo, a distância entre o saber científico e o saber ensinado existe devido as diferentes práticas sociais em função da diversidade dos gêneros discursivos e dos interlocutores envolvidos (POLIDORO; STIGAR, 2010).

Figura 11 – Processo de transformação dos saberes com a transposição didática



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A seguir estão apresentados os saberes da transposição didática:

O saber de referência (saber sábio ou saber científico) é aquele oriundo da comunidade científica, apresentada à sociedade através de publicações, onde os pesquisadores versam sobre os mais variados assuntos. Assim, por ter maior grau de abstração, reflexão e complexidade, esse saber não é o mesmo que é estudado na esfera escolar (ALVES FILHO, 2000; JARDIM; CAMARGO; ZIMER, 2015; NEVES; BARROS, 2011).

O saber a ser ensinado, que é o resultado da primeira adaptação, é determinado por interesses emergentes da sociedade, cita-se, como exemplo, a formação profissional e necessidades econômicas. A transposição externa é percebida em diretrizes escolares, programas curriculares, propostas pedagógicas e livros didáticos destinados às instituições de ensino. O saber a ser ensinado constrói um novo quadro epistemológico em comparação ao saber de referência (ALVES FILHO, 2000; JARDIM; CAMARGO; ZIMER, 2015; NEVES; BARROS, 2011; POLIDORO; STIGAR, 2010).

O terceiro estágio do conhecimento, resultado da segunda transposição, é o saber ensinado, que se refere às transformações e adaptações necessárias do saber para o entendimento dos estudantes no ambiente escolar. O professor incorpora novos elementos didáticos com o objetivo final de tornar os saberes mais acessíveis aos educandos (JARDIM; CAMARGO; ZIMER, 2015). Ou seja, é aquele conhecimento que realmente é desenvolvido no ambiente educativo pelo professor. Dessa maneira, o saber a ser ensinado torna-se objeto de trabalho do docente, uma vez que ele o utiliza para preparar sua aula (ALVES FILHO, 2000). Visa questões que estão relacionadas a aprendizagem, mediação, intervenção e o significado dado ao aluno pelas ações por ele realizadas. Para Chevallard (2013), o sistema didático envolve a inter-relação entre o professor, o aluno e o saber ensinado, componentes indissociáveis para a transformação do saber (CHEVALLARD, 2013; NEVES; BARROS, 2011; JARDIM; CAMARGO; ZIMER, 2015; RÊGO BARROS, 2019).

Dessa forma, pode-se dizer que um desafio para o professor é criar estratégias didáticas, articulando conceitos do saber científico e do saber a ser ensinado. Esse processo didático carece da aderência de diversas tarefas, como: criar um ambiente com recursos didático-

pedagógicos de acordo com o perfil dos estudantes; produzir o material de estudo conforme o nível de conhecimento dos alunos; compreender os ritmos (individuais e coletivos) que os estudantes aprendem e se apropriam do saber ensinado; e utilizar as linguagens (oral e escrita) de acordo com as condições dos aprendizes (PORTO *et al.*, 2020).

Diante desse contexto, o docente necessita inovar e visualizar diversas formas de construir um ambiente educativo apropriado para os seus alunos. Esse não é representado apenas por uma sala de aula ou pela estrutura física de uma unidade escolar, existem espaços que podem ser explorados com tal finalidade, tais como, palestras, museus, feiras, laboratórios, ambientes virtuais, entre outros. Todavia, cabe ao professor perceber as potencialidades do local e desenvolver as estratégias, recursos e métodos adequados conforme a realidade dos educandos e dos propósitos pedagógicos (PORTO *et al.*, 2020). Deste modo, pode-se dizer que o professor realiza a transposição didática quando, efetua as adequações do saber, considerando as especificidades da ação pedagógica, de modo que a sua intervenção resulte em situações de ensino e aprendizagem ajustadas à realidade educacional (WEBBER *et al.*, 2016).

Com a introdução dos recursos da informática nas escolas como elementos de apoio educacional, as exigências e preocupações com os processos de ensino e aprendizagem exigiram outros estímulos e respostas, tanto por parte do estudante quanto do professor. Isto posto, as condições da transposição didática também sofreram alterações. Recursos como os softwares educativos começam a ser utilizados no ambiente educacional, desenvolvendo a interação entre o aluno e o computador (BELLEMAIN, 2000; WEBBER *et al.*, 2016). Deste modo, o aproveitamento da informática como recurso didático motivou uma adaptação no conceito da transposição didática, emergindo o conceito de transposição informática, que está apresentado na próxima subseção.

2.4.2 Transposição informática

Visto que a transposição didática é um processo de adaptação de saberes de referência para produzir os saberes ensinados, Nicolas Balacheff (1991) propõe uma teoria que correspondente a uma modalidade de transposição didática em que no processo de transformação, necessariamente, utiliza-se recursos computacionais (ABAR, 2020; BELLEMAIN, 2000; WEBBER *et al.*, 2016). Balacheff (1991) considera a transposição informática (ou transposição computacional) como um complemento da transposição didática, e introduz o conceito da transposição informática como sendo as modificações do saber a ser

ensinado com auxílio da mediação pelo computador (BELLEMAIN, 2000). Desta forma, a sua definição pode ser dada como:

A transposição informática é um processo que integra, explicitamente, a dimensão didática e informática nos processos de ensino e aprendizagem, favorecendo repensar a estrutura educativa da prática pedagógica, os tipos de atividade e recursos didáticos utilizados em sala de aula, bem como os conteúdos ensinados. (SOARES; NARDINI; GIRON, 2016, p. 285).

A Figura 12 apresenta as fases desse desenvolvimento do saber, onde, inicialmente, o saber de referência sofre uma adaptação, chamada de transposição didática externa, resultando no saber a ser ensinado. Como visto na subseção anterior, ela corresponde às modificações realizadas sobre assuntos científicos, tornando-os acessíveis no âmbito escolar (diretrizes escolares, programas curriculares, propostas pedagógicas e materiais didáticos), tendo em vista os quesitos relacionados a aprendizagem do aluno. Quando se diz respeito a transpor do âmbito científico ao âmbito didático, há um movimento não apenas para cumprir rituais, mas principalmente para o estudante aprender, dar sentido ao que faz.

A etapa final, conforme a Figura 12, indica que o educador transforma, por meio da transposição informática e da transposição didática interna, o saber a ser ensinado dos livros e dos materiais didáticos em saber ensinado. Para tanto, o docente avalia e seleciona dispositivos computacionais para que possam ser utilizados em sala de aula, adaptando o conteúdo para um contexto didático específico. Quando se trata de transposição informática aliada ao aspecto didático, é preciso considerar as características do meio computacional e como ele pode contribuir para aprendizagem do estudante. O professor precisa ter claro esses aspectos para avaliar e selecionar dispositivos computacionais que possam ser incluídos às práticas pedagógicas de forma que o saber a ser ensinado possa ser desenvolvido mediado pelos recursos computacionais. Isto é, o professor tem que ter ciência sobre quais são as possibilidades de aprendizagem que o recurso computacional pode oferecer. Nessa ação pode-se dizer que ocorre a transposição didática interna integrada a transposição informática, visto que o docente, além de desenvolver práticas pedagógicas mediatizadas pelo computador, ele também precisa observar as características do seu público para elaborar os materiais (linguagem, ritmos de aprendizagem, ambiente educacional, etc.) (PORTO *et al.*, 2020).

Figura 12 – Processo de transformação dos saberes com a transposição informática



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Em seus trabalhos, Balacheff (1993) considera que, através da transposição informática, os saberes sofrem uma modelagem, adaptando-se às especificidades dos recursos computacionais, sejam estes: ambientes virtuais, softwares, dispositivos eletrônicos ou de IA (BALACHEFF, 1993; PORTO *et al.*, 2020). Como referência, pode-se citar a simulação, que utiliza modelos computacionais, proporcionando a experimentação de forma dinâmica, de ensaios, por exemplo, valorizando a operacionalidade e capacidade do objeto de estudo. Assim, o conceito de transposição informática representa um processo que conduz a adaptação de um conhecimento e de como ensiná-lo, considerando uma representação computacional (AFFELDT *et al.*, 2018). O ambiente de aprendizagem informatizado associado a uma prática pedagógica possibilita o desenvolvimento do objeto de estudo por meio da interação entre o dispositivo informatizado e o aluno, proporcionando mais possibilidades em termos de estratégias de resolução de problemas e, conseqüente, o aprofundamento no saber ensinado (BALACHEFF, 1993).

Para Bellemain (2000), à medida que o computador executa algumas tarefas, tais como, cálculos, construção de figuras, de gráficos, etc., o aluno pode ser levado a desenvolver operações cognitivas relacionadas à aprendizagem. De forma complementar, Soares, Nardini e Giron (2016) argumentam que as operacionalidades dos recursos computacionais, interface, sintaxe dos programas, dentre outros, quando articuladas com estratégias didáticas, podem auxiliar o aluno no processo de aprendizagem. Essas autoras ainda inferem que as dimensões da informática computacional podem ser a base da criação de situações de aprendizagem que simulam o real e, sendo assim, possibilitam uma aprendizagem contextualizada e com significado (SOARES; NARDINI; GIRON, 2016).

A transposição informática propõe o uso de recursos computacionais sob três aspectos denominados: universo interno, interface e universo externo. O universo interno representa tudo que está vinculado à máquina, como os componentes eletrônicos, as simulações e a linguagem de programação utilizada. A interface corresponde o meio que promove a comunicação entre o indivíduo e o dispositivo informático, também conhecida como IHM, que pode ser

caracterizada como a tela do computador. Isto posto, através da interface, o usuário realiza a interação com a máquina, podendo modificar o programa desenvolvido, os parâmetros de simulação, entre outros fatores. Já o universo externo é reconhecido como o próprio indivíduo (aprendiz), que a partir das interações com a interface, aprende e constrói suas representações internas. Dessa forma, na perspectiva docente, tem relação com sua maneira de organizar as ações de aprendizagem, envolvendo novas estratégias e intervenções, como também tarefas e atividades pedagógicas. No caso do aluno, tem relação com o jeito como ele realiza e significa as ações que a interface possibilita (BALACHEFF, 1993; PORTO *et al.*, 2020; SOARES; NARDINI; GIRON, 2016). Contudo, o software e outras ferramentas computacionais não podem ser considerados apenas como um ambiente de interação homem-máquina, uma vez que o usuário também pode evoluir e aprender por meio da experiência através do seu uso (BELLEMAIN, 2000; WEBBER *et al.*, 2016). A transposição informática oferece elementos conceituais para que o professor crie práticas e intervenções que auxiliam o aluno no processo de significar as ações realizadas por meio dos recursos computacionais.

Ressalta-se que no momento de realizar as adaptações didáticas, envolvendo dispositivos informáticos, podem ser consideradas as alterações que ocorrem no contexto da cultura digital vigente, tal como na cultura escolar e acadêmica, uma vez que as TICs têm alterado o comportamento intelectual, afetivo e social dos alunos por efeitos dos variados recursos tecnológicos disponíveis para desenvolver diferentes atividades (WEBBER *et al.*, 2016). No meio industrial, existe a implementação de tecnologias vinculadas aos computadores, como: robôs, dispositivos móveis, *IoT*. Dada a relação entre a educação e a formação do estudante, é importante a instituição criar ambientes escolares com recursos pedagógicos por meio de tecnologias informatizadas, sob o risco de, na ausência desses ambientes, os cidadãos se tornem inaptos e despreparados para o futuro do mercado de trabalho e de suas vidas sociais (AFFELDT *et al.*, 2018). Nesse contexto, um desafio para as instituições de ensino é conseguir a inserção dos recursos tecnológicos no espaço educativo, visando uma perspectiva inovadora que estimule e afete tanto o professor, como os alunos. É importante considerar que a utilização dos recursos informáticos no ambiente escolar não substitui a presença do professor, mas solicita uma renovação constante das práticas docentes na mesma proporção que a evolução da tecnologia (SOARES; NARDINI; GIRON, 2016).

Diante do exposto, enfatiza-se o aspecto de integração entre a dimensão didática e informática nos processos de ensino e aprendizagem, que a transposição informática evoca, provocando questionamentos sobre a ação docente, a organização pedagógica, as atividades de aprendizagem e os recursos didáticos utilizados em sala de aula. Além de redimensionamentos

acerca do papel do estudante e do professor e suas as formas interações (AFFELDT *et al.*, 2018; WEBBER *et al.*, 2016).

Com base nos estudos abordados, o Quadro 2 apresenta uma sequência de etapas que configuram os procedimentos da transposição informática em relação as ações do professor.

Quadro 2 – Procedimentos da transposição informática

(continua)

<p style="text-align: center;">1 - SABER A SER ENSINADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definição do objeto de estudo a ser ensinado no ambiente de aprendizagem, a partir de um contexto explorado.
<p style="text-align: center;">2 - MATERIAIS DE ESTUDO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa dos conceitos e teorias existentes que podem potencializar as modificações do saber a ser ensinado, relacionando trabalhos que corroboram o objeto de estudo, e promovendo um direcionamento às práticas pedagógicas.
<p style="text-align: center;">3 - RECURSOS INFORMÁTICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigação e seleção dos recursos informáticos e da interface com o usuário apropriados para a adaptação do saber a ser ensinado, visando a elaboração das práticas pedagógicas. Os recursos informáticos são compreendidos, na transposição informática, como universo interno, como, por exemplo: softwares, linguagens de programação, componentes eletrônicos, plataformas digitais e tudo que está vinculado ao interior da máquina. A interface com o usuário (IHM) é o meio pelo qual o sujeito consegue interagir com a máquina, ou seja, tela do computador, tablet, smartphone, etc.
<p style="text-align: center;">4 - MATERIAIS INFORMATIZADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleção, produção e adaptação de materiais (vídeos, livros, simulações, periódicos, revistas, documentários, apostilas, visualizações em 3D, etc.) a serem explorados pelos estudantes mediante a interação com os recursos informáticos selecionados, seguindo as intencionalidades das práticas pedagógicas e o nível de conhecimento que se deseja atingir.
<p style="text-align: center;">5 - PRÁTICAS PEDAGÓGICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de práticas pedagógicas relacionando os materiais informatizados produzidos, os recursos informáticos e interface selecionados com a natureza epistemológica do saber a ser ensinado. Dessa maneira, o professor precisa considerar aspectos do conhecimento a ser ensinado, agregando elementos dos recursos informáticos. Nessas práticas devem ser consideradas tanto a mediação pelas tecnologias, como a mediação do professor. O docente precisa pensar na utilização dos recursos e materiais informáticos, identificando a compatibilidade do saber a ser ensinado com o que será desenvolvido nas interfaces. Ao planejar as práticas e atividades de aprendizagem, é necessário atentar no aprendiz (universo externo), considerando a construção do conhecimento por meio da mediação do professor e dos colegas, e da interação do aluno com os recursos informáticos. As atividades sobre as práticas pedagógicas devem considerar a internalização de conceitos do saber a ser ensinado, e a construção do conhecimento do próprio ser aprendente pelo convívio com as pessoas e o ambiente.

(conclusão)

6 - SABER ENSINADO:

- Desenvolvimento das práticas pedagógicas no ambiente de aprendizagem com o intuito de conduzir o saber ensinado. O professor neste caso não propõe apenas práticas utilizando recursos informáticos, ele acompanha o aluno realizando atividades usando os aparatos computacionais. Tais atividades proporcionam um ambiente dinâmico em que, durante o processo de aprendizagem, o docente realiza mediações (perguntas, instigações, orientações, etc.) a fim de que o aluno possa construir, no seu tempo, o conhecimento em estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Além da transposição informática e do PC, também são importantes para esta tese conhecer teorias que relacionem a tecnologia no processo de ensino e aprendizagem e as relações que podem emergir com sua utilização. Portanto, estão apresentadas a seguir teorias e estudos que sinalizam a importância da interação social, da mediação do professor e do uso de dispositivos computacionais no processo de aprendizagem que podem desencadear o desenvolvimento cognitivo, metacognitivo e pessoal do aluno.

2.5 TEORIAS DE DESENVOLVIMENTO E APRENDIZAGEM

Nesta subseção tem-se como intuito apresentar algumas concepções de estudiosos sobre teorias relacionadas ao desenvolvimento humano e a aprendizagem que possam ser norteadoras para o delineamento de práticas pedagógicas para o processo de ensino e aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação no contexto da evolução tecnológica nas indústrias.

As ideias de Seymour Papert são relevantes para este estudo, visto que consideram o aluno como sujeito de seu processo de aprender e o computador como um meio para isso, de forma que o professor é o mediador da ação (SILVEIRA, 2014; SILVA; KALHIL; NICOT, 2015). A visão de Lev Semenovitch Vygotsky também contribui para o desenvolvimento desta tese porque indica que o aprendizado e o desenvolvimento humano ocorrem numa interação do sujeito com o meio social, desencadeando funções psicológicas superiores (FPS) (DUARTE *et al.*, 2019).

Seymour Papert (1928-2016) foi um professor, pioneiro no estudo do uso de computadores na educação, apresentando o conceito PC, e foi um dos fundadores do laboratório de IA do *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*. Ele teve influências dos educadores Jean Piaget, Lev Vygotsky, Maria Montessori, John Dewey e Paulo Freire, e escreveu diversas obras referenciando os computadores com a educação, como *Mindstorms: Children, Computers*

and Powerful Ideas e *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of Computer*²⁹. Papert desenvolveu a linguagem LOGO no final dos anos sessenta com o objetivo de utilizar a programação de computadores no aprendizado das crianças (PAPERT, 1985, 2008; SILVEIRA, 2014). O uso da linguagem desenvolvida por Papert não era apenas uma ferramenta informática de programação, mas todo um projeto pedagógico de utilização de computadores na educação, explorando-os para potencializar o aprendizado do aluno. Assim, Papert introduziu a tecnologia como ferramenta modificadora de relações de aprendizagem. O referido professor propunha com o LOGO uma mudança de paradigma educacional, migrando de paradigma instrucionista para um novo paradigma construcionista (PAPERT, 1985, 2008; PASQUAL JÚNIOR, 2020; SOUSA; FINO, 2008).

É relevante salientar que Papert trabalhou durante anos no Centro Internacional de Epistemologia Genética, na Universidade de Genebra, na Suíça, ao lado de Jean Piaget. Piaget, psicólogo e biólogo, desenvolveu pesquisas acerca do desenvolvimento biológico e os processos de formação do raciocínio infantil entre outras faixas etárias (MASSA; OLIVEIRA; SANTOS, 2022; KOSCIANSKI; GLIZT, 2017; PASQUAL JÚNIOR, 2020, PAPERT, 1985). Ele estudou o modo como as crianças aprendem e criou uma teoria para explicar que o conhecimento não é transmitido, mas construído ao longo da vida. Ele “buscou mostrar que o conhecimento evolui progressivamente através de estruturas de raciocínio que substituem umas às outras por meio de estágios de desenvolvimento.” (KOSCIANSKI; GLIZT, 2017, p. 3). Os estudos de Piaget e Papert estabelecem que o conhecimento não é empírico nem inato, mas construído à medida que o indivíduo conhece o mundo e modifica suas estruturas mentais (PASQUAL JÚNIOR, 2020). Dessa maneira, eles concordavam que a criança era um ser capaz de elaborar suas próprias estruturas cognitivas, mesmo que não intencionalmente. No entanto, Papert avançou suas pesquisas sobre como criar condições para que o aluno pudesse adquirir conhecimento e acrescentou à teoria de Piaget o fato de que a manipulação de objetos (ação do fazer) um fator importante para as crianças construírem seu próprio conhecimento. Nesse viés, ele utilizou o computador como ferramenta mediadora no ambiente de aprendizagem (MASSA; OLIVEIRA; SANTOS, 2022; KOSCIANSKI; GLIZT, 2017; PASQUAL JÚNIOR, 2020; PAPERT, 1985). O construcionismo de Papert adota uma estratégia que visa estimular o pensamento de forma criativa, possibilitando o aluno aprender através da curiosidade e pelo seu envolvimento na atividade em que está realizando (KOSCIANSKI; GLIZT, 2017). Sendo

²⁹ Obra de 1993, publicada no Brasil com o título *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*.

assim, a teoria construtivista de Jean Piaget teve grande influência para a surgimento da teoria construcionista de Papert.

Papert (1985, 2008) relaciona o uso do computador na educação com uma abordagem pela qual o aprendiz constrói o seu próprio conhecimento por meio da mediação pelo mesmo, utilizando-o como ferramenta e não como máquina de ensinar. Essa abordagem pedagógica conceitua o construcionismo. O estudante, nessa perspectiva, desenvolve ações que o levam a construir os conceitos ao interagir com objetos do ambiente computacional por meio de operações mentais e processos de internalização. O aprendizado mediado pelo computador tem como objetivo a busca de elementos significativos para o educando com o desenvolvimento de atividades baseadas na compreensão, construção e resolução de problemas.

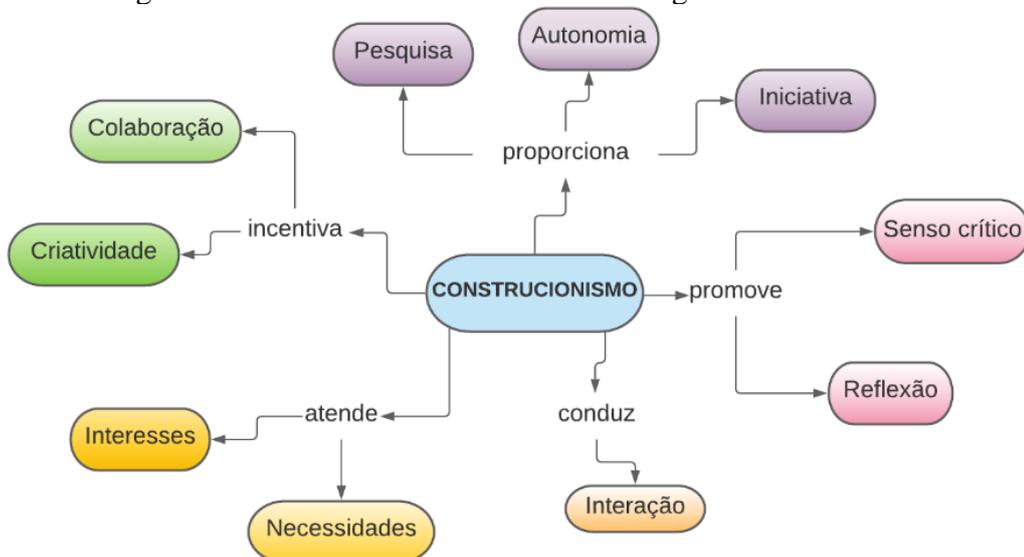
Segundo Papert (1985, 2008) é necessária uma adaptação das teorias de aprendizagem com o uso das tecnologias no ensino, como, por exemplo, a utilização do computador como uma ferramenta educacional na aprendizagem. A partir de suas ideias o construcionismo emergiu, sinalizando que a aprendizagem é mais eficaz quando se constroem objetos tangíveis ou por meio de imagens. A visão construcionista tem uma abordagem em que o sujeito é o agente construtor de seu próprio conhecimento por intermédio do computador, defendendo a ideia de que o aprendiz manipula conceitos quando interage com os recursos informáticos, desenvolvendo esquemas mentais e novos saberes sobre o objeto de estudo. Desta maneira, não é um processo de transmissão de informações para o sujeito, e sim uma teoria de construção de seu conhecimento (MASSA; OLIVEIRA; SANTOS, 2022; PAPERT, 1985, 2008; SCHELLER; VIALI; LAHN, 2014).

Outro fator que Papert (1985, 2008) argumenta tem relação à motivação do aprendiz para com o objeto de estudo. Desse modo, o construcionista também aborda a ideia de que a construção do conhecimento ocorre quando o aluno produz algo de seu interesse. Ao estar envolvido em uma situação que tenha vínculo com a sua realidade ou com o local em que ele será inserido, instiga a motivação do estudante para aprender fazendo. No caso dos estudos de Papert, o construcionismo proporcionava a construção mental do sujeito pela interação estudante-objeto, mediada por uma linguagem de programação LOGO, em que o resultado era exibido, discutido, examinado, admirado e analisado através do recurso informático. Nesse processo a aprendizagem do indivíduo ocorria pelo fato de estar executando uma tarefa via computador e desenvolvendo algo (reflexões, desconstruções e construções) para si (MASSA; OLIVEIRA; SANTOS, 2022; PAPERT, 1985, 2008; SCHELLER; VIALI; LAHN, 2014; SILVA; KALHIL; NICOT, 2015). Essa interação aguça no sujeito o ato da iniciativa, da autonomia e da pesquisa sobre o tema estudado, como também promove a reflexão e senso

crítico ao desenvolver ações no computador. Logo, o professor deve estar atendo em suas práticas pedagógicas, propondo atividades para solucionar problemas que atendem uma necessidade da sociedade, visto que ao desenvolver algo de seu interesse e de sua realidade, o aluno é incentivado a exercitar a criatividade e a colaboração, características importantes para o desenvolvimento do ser humano (SCHELLER; VIALI; LAHN, 2014).

Na teoria construcionista a aprendizagem ocorre num processo em que o estudante participa ativamente na elaboração de seu saber através da mediação por meio do recurso tecnológico e do professor. As relações estabelecidas pelo aprendente com o meio são essenciais para o aprendizado, pois proporcionam um contexto de descobertas, de experiências e de novos desafios motivados pelo diálogo e interação, criando um ambiente propício para aprendizagem (SCHELLER; VIALI; LAHN, 2014). Sendo assim, a Figura 13 apresenta os elementos essenciais presentes na abordagem de Papert, o construcionismo, que configuram uma alternativa para as práticas pedagógica num contexto de tecnologias, gerando novas possibilidades no processo de ensino e aprendizagem na educação, inclusive na engenharia.

Figura 13 – Elementos essenciais da abordagem construcionista



Fonte: Adaptado de Scheller, Viali e Lahn (2014).

O uso de tecnologias digitais e computacionais para aprimorar o processo de aprendizagem está relacionado em diversos trabalhos, dentre os quais destacam-se alguns que corroboram o tema em questão.

Scheller, Viali e Lahn (2014) apresentam uma análise reflexiva de Papert como uma das teorias que podem ser utilizadas no contexto de ensino e aprendizagem na era digital, uma vez que Papert sugere uma adaptação das teorias de aprendizagem propondo ideias sobre as

implicações inerentes a utilização de tecnologia no ensino. A pesquisa de Scheller, Viali e Lahn (2014) destaca que aprender na era digital pressupõe um sujeito autônomo, conectivo, criativo, crítico, interativo e reflexivo perante suas decisões. Neste processo de ensino e aprendizagem com o uso das tecnologias, o papel do professor é de mediador das atividades, auxiliando e orientando o aluno na construção, ampliação e manutenção do seu conhecimento, providenciando espaços reflexivos para a percepção das oportunidades de aprendizagem. Dessa maneira, o educador deixa de ser o detentor do conhecimento e um mero transmissor de conteúdo, prática ainda comum nos espaços escolares.

O estudo de Castro e Lanzi (2017) contribui para esta tese trazendo elementos de reflexão sobre o futuro da escola e as tecnologias. A pesquisa dessas autoras enfatiza que a educação de uma sociedade que está envolta em informações acessíveis pela tecnologia ocorre em diversos ambientes, uma vez que as pessoas conseguem aprender enquanto trabalham, enquanto assistem TV, enquanto manuseiam dispositivos móveis (tablets, computadores), ouvindo rádio do seu carro, etc. Nesse sentido, é possível compreender que a educação pode atingir diversas atividades cotidianas, podendo essas serem consideradas pelas instituições de ensino. A integração das tecnologias na elaboração e desenvolvimento do currículo escolar exige uma releitura do significado do conhecimento com o intuito de proporcionar uma educação que promova desenvolvimento humano, isto é, que implique na transformação das pessoas e de suas condições de vida. Dessa forma, exige uma reflexão sistemática acerca dos objetivos, dos conteúdos escolhidos, das práticas pedagógicas, entre outras ações importantes para a construção da aprendizagem. O uso de tecnologias na escola permite que os educadores e educando possam desenvolver ambientes coletivos, criativos e colaborativos de aprendizagem. O estudo de Castro e Lanzi (2017) indica que a tecnologia pode ser considerada como meio potencializador no processo de ensino e aprendizagem, atingindo professores e alunos, sendo um elemento de interação que pode contribuir para a apropriação e significação dos objetos de estudo. Logo, as ferramentas digitais de informação e comunicação pressupõem uma mudança nas formas de relação dos educandos, educadores e gestores com a própria tecnologia, exigindo do professor a qualificação acerca das tecnologias no ensino e a reformulação em suas práticas pedagógicas. Nesse contexto, o docente deve ser um mediador, utilizando a tecnologia como uma das ferramentas para o aprendizado. Entretanto, a ação do educador deve considerar as dificuldades de seus alunos frente à utilização das ferramentas informatizadas. Este movimento implica em um árduo trabalho de planejamento, baseado na reflexão das dinâmicas pedagógicas, onde o professor age diante das indagações dos educandos, favorecendo a autonomia de novas apropriações com o uso dos recursos tecnológicos. Cabe ao

docente criar condições para que o estudante se envolva em projetos e atividades que possam aliar o uso das inovações tecnológicas a um desenvolvimento pessoal, unindo esforços individual e coletivo. Por fim, a pesquisa de Castro e Lanzi (2017) salienta que a utilização das tecnologias nas escolas exige novas formas de ensinar e aprender, novas competências e novas formas de se realizar o trabalho pedagógico, necessitando a formação contínua dos professores.

Além do processo de mediação que o professor deve exercer ao utilizar recursos tecnológicos nas práticas pedagógicas, promovendo a construção do conhecimento pela interação do aluno com os dispositivos informáticos, o processo de comunicação do sujeito com o meio social, estudado por Vygotsky, também é importante, uma vez que, segundo o referido autor, o contexto interfere diretamente no desenvolvimento do indivíduo. No atual momento em que a tecnologia está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, impulsionando o desenvolvimento humano, é necessária a reflexão acerca do ambiente educacional e das relações sociais e culturais envolventes para projetar o papel do professor como mediador nessa atmosfera (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017).

Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934) foi um professor bielo-russo e lecionou literatura e psicologia, além de ter formação em medicina e em outras áreas. Ele realizou pesquisas sobre variados temas relacionados ao desenvolvimento cognitivo humano e aprendizagem, sendo as principais obras (de maior repercussão no Brasil): Formação social da mente; Pensamento e linguagem e A construção do pensamento e da linguagem (CAVALCANTI, 2005). Para Vygotsky o desenvolvimento do ser humano ocorria nas interações no seu contexto histórico-cultural. Segundo sua perspectiva, a partir da interação, o professor era capaz de construir o conhecimento junto com o aluno, considerando a sua realidade, uma vez que o meio em que o discente convivia influenciava no desenvolvimento de sua aprendizagem. Dessa forma, o aprendizado era considerado um processo profundamente social, e Vygotsky enfatizava a linguagem no desenvolvimento cognitivo mediado (DUARTE *et al.*, 2019, VYGOTSKY, 1991). Por ter uma visão social-cultural e uma relação com o construtivismo, a teoria de Vygotsky tinha algumas definições, como: socioconstrutivismo, sociointeracionismo e sócio-interacionismo-construtivista, tal como a denominação de teoria histórico-cultural ou sociocultural ou sócio-histórico-cultural (DUARTE, 1996; VYGOTSKY, 1991).

A teoria sócio-histórico-cultural Vygotskyana reflete a ideia de que o desenvolvimento do indivíduo está diretamente ligado às interações entre o homem e a sociedade, cultura e sua história de vida, fator que inclui as situações de aprendizagem, as oportunidades e as várias influências externas ao indivíduo. (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017, p. 86).

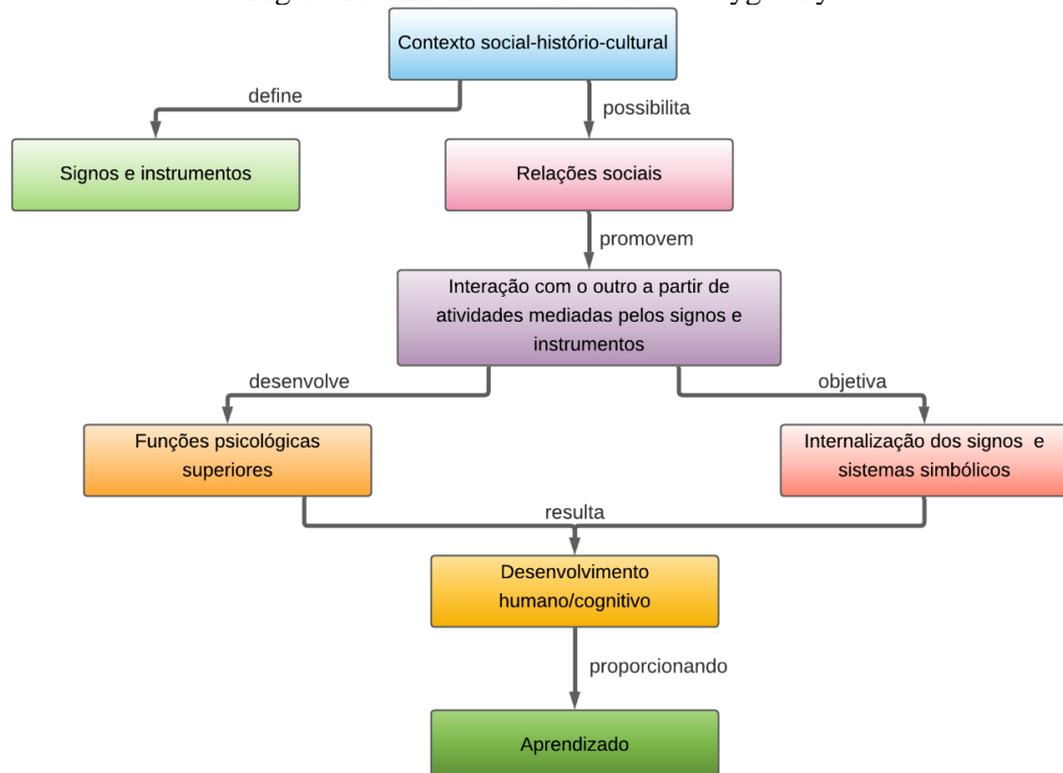
A interação social (mediação do outro) e os estímulos do ambiente que permeiam as experiências do sujeito desencadeiam as FPS, que são aquelas funções mentais que caracterizam o comportamento consciente do homem, como sua memória, consciência, percepção, atenção, uso da linguagem, pensamento, vontade, formação de conceitos e emoção. Citam-se como exemplos de atividades psicológicas superiores a capacidade de pensar em objetos ausentes, imaginar fatos nunca vividos, estabelecer relações entre fatos e planejar ações a serem efetivadas em momentos posteriores. Essas funções passam a funcionar como parte de sua personalidade, formando o sistema psicológico (SOUZA; ANDRADA, 2013), e significam o controle consciente do comportamento, a ação intencional e a liberdade do indivíduo em relação ao ambiente em que está (SOUTO MAIOR; WANDERLEY, 2016). Posto isso, segundo Vygotsky (1991, 2002), o contexto social-histórico-cultural é uma referência do desenvolvimento cognitivo em que este ocorre, e por esta razão, os processos mentais superiores têm sua origem no ato da mediação social. O desenvolvimento das FPS a partir das relações sociais não é direta, é mediada por elementos intermediários definidos pelo contexto social-histórico-cultural (MOREIRA, 2011; VYGOTSKY, 1991, 2002). Esses elementos mediadores podem ser físicos ou simbólicos, conhecidos por instrumentos e signos. Logo, é nas interações com os outros em atividades práticas que as pessoas, mediadas por instrumentos e signos (linguagem, por exemplo), vão constituindo e desenvolvendo a si mesmas como sujeitos (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017). Esse movimento de interação do outro com o uso de elementos intermediários tem o propósito fazer com que a pessoa consiga internalizar os signos e sistemas de signos, resultando a formação de consciência e o desenvolvimento cognitivo.

O processo de internalização constitui na reconstrução interna do indivíduo a partir de saberes exteriorizados observada a sua interação com o meio. Ou seja, é um processo interpessoal e que se torna intrapessoal, uma vez que envolve uma atividade externa que é modificada para uma atividade interna (CAVALCANTI, 2005, VYGOTSKY, 1991). Sendo assim, quanto mais instrumentos o sujeito aprender a usar, mais se amplia a gama de atividades nas quais as funções psicológicas se envolvem. Do mesmo modo o uso dos signos, quanto mais o ser humano utiliza signos, mais operações psicológicas ele é capaz de construir (em número e complexidade) (MOREIRA, 2011). A concepção de desenvolvimento humano, da teoria de Vygotsky, é gerada em função das interações sociais e respectivas relações com processos mentais superiores, que são mediados por instrumentos e/ou signos fornecidos pela cultura em que vive (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017).

Os elementos mediadores estimulam as representações mentais e são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana, mudando a forma e o comportamento social,

como também o nível de seu desenvolvimento cultural (VYGOTSKY, 1991). Os instrumentos (físicos/materiais) são utilizados para fazer alguma coisa e transformar o meio externo, como por exemplo, uma serra que é utilizada para cortar madeira (ZANATTA; BRITO, 2015). “O instrumento é o elemento de mediação que age entre o sujeito e o objeto de seu trabalho. Ele amplia as possibilidades de transformação da natureza, sendo criado ou usado para atingir um determinado objetivo.” (ROZA, 2018, p. 500) Os signos (ou instrumentos simbólicos) são elementos direcionados as ações psicológicas do próprio sujeito. Citam-se como exemplos as palavras, números, desenhos e os gestos. À medida que os signos são internalizados pelo indivíduo, ele desenvolve estruturas de signos (sistemas simbólicos) articuladas em si. (ROZA, 2018; VYGOTSKY, 2002). A fala é um exemplo do uso de signos, pois uma vez internalizada, torna-se uma parte profunda e constante dos processos psicológicos superiores. Ela atua na organização, unificação e integração de aspectos variados do comportamento da pessoa, tais como: percepção, memória e solução de problemas (características das FPS) (VYGOTSKY, 1991). Dessa maneira, a linguagem (escrita ou falada) e o sistema de números constituem sistemas de signos (ou sistemas simbólicos), englobando vários signos e que também são elementos de mediação na internalização de signos (MOREIRA, 2016; SOUTO MAIOR; WANDERLEY, 2016). A Figura 14 sintetiza os elementos da teoria de Vygotsky.

Figura 14 – Elementos da teoria de Vygotsky



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Como visto, a realização de atividades proporcionadas pela interação social mediante o uso instrumentos e signos possibilita que a pessoa consiga internalizar os signos e sistemas de signos, desencadeando as FPS e o promovendo desenvolvimento cognitivo da pessoa. Na teoria Vygotskyana, há dois níveis de desenvolvimento cognitivo, sendo: o nível de desenvolvimento real, referindo-se as tarefas que o indivíduo realiza sozinho sem que haja o auxílio do outro; e o nível de desenvolvimento potencial, sendo as atividades que o aprendiz não realiza sozinho, necessitando da ajuda/colaboração de uma pessoa mais capaz. O intervalo entre os dois níveis de desenvolvimentos é chamado de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), como ilustra a Figura 15. A ZDP é o período que a pessoa necessita de auxílio até que seja capaz de realizar determinada atividade sozinha (VYGOTSKY, 1991).



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

O conceito de ZDP pode ser entendido como aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação. Refere-se ao percurso que o indivíduo vai percorrer para desenvolver as funções que estão em desenvolvimento e que se tornarão consolidadas. No ambiente escolar, a mediação do professor é fundamental para ajudar a transformar o desenvolvimento potencial em desenvolvimento real.

O trabalho docente voltado para a “exploração” da ZDP e para a construção de conhecimentos nela possibilitada deve estar atento para a complexidade desse processo de construção pelo aluno, para a complexidade do contexto, que envolve as múltiplas influências sociais presentes nas relações do aluno na escola, enfim, para a complexidade da própria mediação escolar e das relações com o outro (CAVALCANTI, 2005, p. 194-195).

Com relação à ZDP e a mediação social, a concepção de Vygotsky enfatiza uma reflexão do papel do professor no ambiente escolar, salientando que o docente deve observar o aluno e lhe proporcionar apoio e recursos de modo que o aprendiz seja capaz de atingir um nível de conhecimento mais elevado (CAVALCANTI, 2005; SOUSA; FINO, 2008; VYGOTSKY,

1991). Para Vygotsky, a sociointeração com outra pessoa (professores e colegas), possibilita aumentar as chances de o aluno realizar com êxito uma atividade que tenha dificuldades, o que não significa que o aprendiz não possa realizar sozinho. Este fato está diretamente ligado ao desenvolvimento e maturidade de cada um. Logo, a escola deve voltar-se especialmente para a ZDP do estudante, pois é nessa região que as capacidades e habilidades estão em aperfeiçoamento (CAVALCANTI, 2005).

A utilização de tecnologias utilizadas no cotidiano por meio de dispositivos eletrônicos (smartphones, notebooks, tablets, etc.) dentro do ambiente escolar, alisada ao acompanhamento e observação do professor (mediação) na sala de aula, pode elevar as possibilidades de o docente atuar na ZDP dos alunos e a explorar as relações sociais, uma vez que a tecnologia pode impactar na interação entre as pessoas durante as atividades da disciplina. Nesse caso, faz-se necessário uma reflexão sobre as práticas pedagógicas do professor, como sugerem as referências a seguir de Silva, Porto e Medeiros (2017), Roza (2018), Poloni (2018) e Severgnini (2020) que relacionam as tecnologias com as ideias de Vygotsky.

O estudo de Silva, Porto e Medeiros (2017) salienta a importância da utilização das tecnologias em sala de aula, no viés da teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky. O uso acerca de tecnologias no ambiente escolar, especificamente em sala de aula, pode auxiliar o professor na sua dinâmica pedagógica, gerando oportunidades ao protagonismo dos alunos. Os autores supracitados trazem como exemplo o uso do celular, que pode ser um instrumento tecnológico importante para obtenção de conhecimento, pois os alunos são familiarizados com estes dispositivos e podem ser uma alternativa para atrair a atenção deles para a realização de atividades escolares, incluindo aquelas que envolve comunicação com os colegas. A conclusão do estudo desses pesquisadores indica que a teoria de Vygotsky é importante no ambiente tecnológico, pois os dispositivos digitais, conforme o seu uso, podem alterar o contexto de interação social da sala de aula e, conseqüentemente, o desenvolvimento do estudante (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017).

Roza (2018) discute o papel das TICs na aprendizagem à luz da abordagem sociointeracionista, sob a perspectiva da teoria de Vygotsky. As transformações tecnológicas observadas na atual sociedade são dinâmicas e, em parte, impulsionadas pelos avanços das TICs. A teoria de Vygotsky no campo das teorias da aprendizagem sinaliza para a criação de novos contextos na educação, demandando novos esforços e trabalhos de investigação científica. Dessa forma, na perspectiva Vygotskyana, os recursos de informática e telecomunicações podem ser vistos como instrumentos de mediação da aprendizagem, pois possibilitam novas formas de internalização de signos e sistemas simbólicos, já que a linguagem

sofre modificações em função do uso dos instrumentos tecnológicos no processo de interação do indivíduo com o meio. Na educação as tecnologias são aplicadas desde o uso de recursos digitais para produção e disseminação de texto, som, imagens e vídeos, como também na estruturação de AVAs, proporcionando materiais e recursos tecnológicos de apoio educacional. Contudo, para a utilização de tecnologias nas práticas pedagógicas é necessário enfatizar o ambiente cognitivo e as relações humanas. O professor não pode se ater apenas em usar o computador, o software ou outro recurso tecnológico, mas também em criar um ambiente social e saudável, respeitando o nível de desenvolvimento real e o desenvolvimento potencial do indivíduo. Ao diagnosticar a ZDP dos alunos, ele realizar as intervenções pedagógicas. Portanto, sob a ótica da teoria de Vygotsky envolvendo o uso de tecnologias na atual realidade social, as TICs podem ser vistas como instrumentos de mediação entre o indivíduo e o objeto de seu trabalho. Os sujeitos, por intermédio das TICs, ampliam suas possibilidades de interação, compreensão e transformação da realidade que os cerca, utilizando-se de novas formas de apropriação da informação e do conhecimento (ROZA, 2018).

A pesquisa de Poloni (2018) aborda a teoria de Vygotsky e a tecnologia, mais precisamente, a mediação pela linguagem Scratch no processo de ensino e aprendizagem de programação. Poloni (2018) utiliza como base Vygotsky, os conceitos do PC entre outros como norteadores do estudo. O percurso metodológico utilizado é o estudo de caso, em que é desenvolvida uma oficina com alunos do Ensino Médio para criar o caso investigado. Cabe ressaltar que aqui estão elencados apenas os fatores que corroboram o tema da subseção em questão, não considerando a totalidade do estudo desenvolvido por Poloni. Tendo em vista a visão sociointeracionista de Vygotsky, a pesquisa de Poloni (2018) aponta que o docente, no processo de aprendizagem de programação via mediação Scratch, precisa criar estratégias e intervenções que possibilitem que o estudante dê sentido às ações desenvolvidas no ambiente de programação. Através dos relatos dos alunos sobre as atividades da oficina, Poloni identifica o uso de instrumentos e signos, tal como a mediação pelo programa e pelo professor no processo de internalização, momento em que o aluno significa o seu aprendizado a partir da reconstrução interna de uma operação externa. As relações sociais de interação, mediação do professor e atuação na ZDP do aluno também são destacadas, haja vista que elas despertam processos internos de desenvolvimento. Por fim, o autor acredita que a tecnologia pode ser utilizada como mediadora do conhecimento, já que ela é um elemento central da sociedade contemporânea, impactando na educação.

Severgnini (2020) investiga em seu estudo as formas que os jogos do gênero *serious games* contribuem para o desenvolvimento do PC em alunos dos anos finais do Ensino

Fundamental, e elabora uma proposta de prática pedagógica que utiliza esse tipo de jogo como elemento mediador. O método de pesquisa é o estudo de caso, em que o caso estudado é constituído a partir de uma oficina de Introdução à Ciência da Computação conduzida por um professor e mediada pelo *serious game CodeCombat*. Por *CodeCombat* ser um jogo de apesar um jogador, à abordagem vigotskiana do professor-mediador é importante para encorajar a colaboração entre os alunos, uma vez que o laboratório da oficina não possui computadores suficientes para cada aluno. Assim, ao longo da oficina, os alunos, além de aprendizes, também se destacam e demonstram capacidade de atuar como o outro mais experiente, fornecendo pistas e problematizando em colaboração com seus pares. O professor, em vários casos, precisa auxiliá-los a compreender o sistema de jogo, quando entende que precisa intervir ou quando é solicitado. Severgnini (2020) percebe que a mediação do professor ou do aluno (alguém mais capaz) complementa a mediatização do jogo *serious game* no processo de aprendizagem. A mediatização do jogo *CodeCombat* potencializa o processo de internalização, pois facilita a aquisição dos signos necessários para a realização de atividades relacionadas ao PC. A mediação vigotskiana contribui para o desenvolvimento do PC ao fortalecer a compreensão e a atribuição de sentido do aluno em relação aos desafios do jogo, possibilitando que ele internalize os conceitos utilizados em suas soluções. Isso se deve principalmente à interação social e à capacidade do professor ou aluno mais experiente de atuar na ZDP do estudante, algo que o *serious game* por si mesmo não é capaz. Por fim, a prática pedagógica proposta por Severgnini (2020), utilizando gênero *serious games* como elemento mediador, enfatiza a mediação do professor no processo do ensino e aprendizagem, que incentiva a sociointeração.

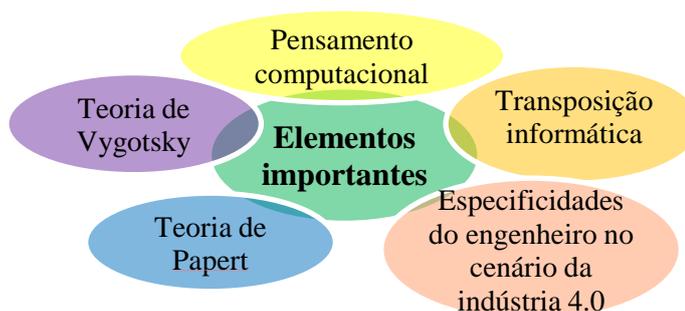
As contribuições de Papert e de Vygotsky são úteis no processo de automatização de um sistema de engenharia, visto que a pessoa utiliza os computadores, softwares, componentes físicos, etc. (elementos mediadores) com o intuito de, a partir de suas ações mediadas pelos dispositivos, produzir ideias para solucionar os problemas. A utilização de softwares específicos e equipamentos para realizar a comunicação física entre os dispositivos, a programação necessária para automatizar o processo e a visualização da simulação do sistema para verificar erros, correspondem aos instrumentos e signos, uma vez que são elementos mediadores que convergem em representações mentais. Nesse sentido, sinalizando as ideias de Vygotsky, o uso da tecnologia proporciona mais variedade de instrumentos e signos, promovendo maiores possibilidades de práticas pedagógicas para desenvolver a aprendizagem. O uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) possibilita produzir situações que envolvam a participação ativa do estudante e a interação com o meio, valorizando seus pensamentos, a expressão e o compartilhamento de ideias e a construção de um produto

tecnológico de seu interesse. Práticas didáticas mediatizadas pelo uso de signos e instrumentos auxiliam no desenvolvendo de atividades de organização/reorganização do pensamento e construção do conhecimento no processo de ensino e aprendizagem (PSZYBYLSKI; MOTTA; KALINKE, 2020). Desta forma, os professores devem desenvolver dinâmicas pedagógicas que incluam recursos tecnológicos nas salas de aula.

As pesquisas relacionadas nesta subseção trazem à tona a importância do estudo das teorias de Papert e Vygotsky na literatura científica. Pelas referências apresentadas é possível constatar a relevância desses autores em pesquisas que envolvem tecnologias e a educação, sugerindo uma reflexão sistemática das práticas pedagógicas utilizadas pelos professores. Pode-se destacar aqui a utilização de conceitos importantes para o desenvolvimento de tais práticas, como: signos e instrumentos, internalização, mediação, interação social, ZDP, FPS, entre outras que fazem parte dos contextos das teorias de Papert e Vygotsky no aprendizado e desenvolvimento humano. Também pode-se evidenciar o uso de tecnologia em sala de aula como potencializador no processo de ensino e aprendizagem, sendo um elemento de interação que pode contribuir para a internalização de signos e para a significação das ações por parte do aluno por meio da mediação pelo computador. Esse processo relaciona o estudante como sujeito de seu próprio aprendizado por meio do uso de dispositivos informáticos, tendo o professor como mediador da ação. Essa mediação do professor (ou de outro mais capaz) como forma de auxiliar o aluno a progredir no seu estudo é fundamental, pois a partir dela é possível que o aluno atinja o nível de desenvolvimento real, desenvolvendo-se como ser humano através da interação social. Por esta razão, as considerações de Papert e de Vygotsky tornam-se importantes para o estudo da tese, que visa promover dinâmicas pedagógicas com o intuito de potencializar a educação vinculada as tecnologias emergentes.

Diante do exposto no quadro teórico, pode-se destacar cinco elementos importantes que regem esta tese, como ilustra a Figura 16.

Figura 16 – Elementos importantes da tese

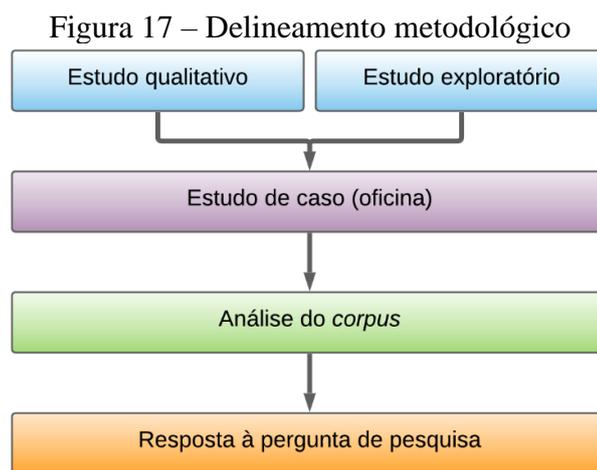


Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Portanto, o fator inovador e inédito da pesquisa é o entrelaçamento entre os cinco conhecimentos que sustentam a pesquisa para desenvolver dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem para Engenharia de Controle e Automação, tendo em vista as demandas da indústria 4.0 e o conceito de transposição informática. Uma vez que o desenvolvimento de um processo sobre a transposição informática não foi claramente explícito nos trabalhos investigados, logo, outra inovação deste trabalho está na formalização de procedimentos da transposição informática como mecanismo a ser usado nas práticas pedagógicas na Engenharia de Controle e Automação.

3 MÉTODO DA PESQUISA

A pesquisa teve um delineamento metodológico qualitativo e exploratório, tendo o estudo de caso para gerar o *corpus* de análise. A Figura 17 representa o processo desenvolvido para responder à pergunta de pesquisa.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A pesquisa qualitativa vislumbra o ambiente natural como fonte de dados, e o pesquisador como seu principal instrumento (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Segundo estudos de Oliveira (2011), a pesquisa qualitativa ocorre por meio do trabalho intensivo de campo, promovendo o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está investigando. O interesse do pesquisador, ao estudar um determinado fenômeno, é verificar como os sujeitos se manifestam nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas. O significado que os participantes dão aos objetos de estudo e as suas vidas deve atrair a atenção do pesquisador. Conforme Bogdan e Biklen (1994) os investigadores interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produto. Portanto, na pesquisa qualitativa há um objetivo de capturar a perspectiva dos indivíduos, gerando dados predominantemente descritivos. Desse modo, o material descritivo de pessoas, situações, acontecimentos, documentos, dentre outros é considerado valioso na pesquisa qualitativa. Em relação a análise dos dados, o pesquisador não tem a preocupação de encontrar evidências que comprovem as hipóteses definidas antes do início dos estudos (OLIVEIRA, 2011).

De forma complementar Morés (2012) contribui:

A investigação qualitativa proporciona uma maior aproximação entre os sujeitos da pesquisa e o pesquisador, qualificando o estudo do cotidiano a ser investigado. Assim,

os pesquisadores em educação estão continuamente suscetíveis a questionar os sujeitos da investigação, com o propósito de perceber e acompanhar suas experiências, seus modos de vida, suas aproximações com o mundo social em que vivem, dentre outros elementos significativos à investigação qualitativa. (MORÉS, 2012, p. 87).

A pesquisa exploratória possibilita ao pesquisador diagnosticar situações, explorar alternativas ou descobrir novos caminhos com o objetivo de validar instrumentos e proporcionar familiaridade com o fenômeno pesquisado. Assim, os estudos exploratórios aumentam o conhecimento do pesquisador sobre os fatos, permitindo a ele verificar os problemas, criar novas hipóteses e realizar novas pesquisas (OLIVEIRA, 2011). Segundo Gil (2008, p. 27) “As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”. Então, a pesquisa exploratória constitui a primeira etapa de um estudo mais amplo, e é comumente utilizada em pesquisas cujo tema foi pouco explorado (OLIVEIRA, 2011).

O estudo de caso foi escolhido por ser uma estratégia de investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro do contexto em que está inserido. No processo metodológico, insere-se a transposição informática na etapa de concepção do estudo de caso. Nesse processo também são consideradas as variáveis que influenciam o objeto de estudo, produzindo um conhecimento detalhado sobre o tema (MORÉS, 2012; PEREIRA; GODOY; TERÇARIOL, 2009; YIN, 2001).

No estudo de caso, tal como a expressão sugere, examina-se o caso (ou um pequeno número de casos) em profundidade, no seu contexto natural, reconhecendo-se sua complexidade e se recorrendo para isso a todos os métodos que se revelem apropriados. (MORÉS, 2012, p. 87-88).

Posto isso, o caso criado para ser objeto de pesquisa forneceu dados e informações acerca de dinâmicas pedagógicas para aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação, no contexto da evolução tecnológica nas indústrias. O caso em questão foi constituído por uma oficina, que foi desenvolvida levando em conta as considerações apresentadas no quadro teórico. A oficina foi escolhida pelo fato de ser possível realizar atividades que podem ser praticadas em sala de aula, contribuindo assim para o desenvolvimento de dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem. O *corpus* de estudo foi gerado pelos diários dos alunos, pelas suas produções codificadas (programas para automatizar processos) e pelas minhas observações (como professor) durante a oficina. Para auxiliar durante as análises dos dados, alguns protocolos foram criados, propiciando um direcionamento dos elementos

essenciais para as dinâmicas pedagógicas sob a ótica da pesquisa. O intuito ao final da análise foi apresentar norteadores das dinâmicas pedagógicas utilizadas com base nos referenciais teóricos para o ensino em Engenharia de Controle e Automação.

Considerando os aspectos éticos referente à pesquisa envolvendo seres humanos, foram seguidas as orientações recomendadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)³⁰.

3.1 PLANEJAMENTO INICIAL E CARACTERÍSTICAS DA OFICINA

Como pesquisador desta tese, eu elaborei a oficina por meio do processo de transposição informática, propondo práticas de aprendizagem que proporcionassem modificações do saber a ser ensinado com auxílio da mediação pelo computador. Planejei a oficina levando em conta as recomendações relacionadas a atuação do engenheiro, as considerações acerca dos conceitos de PC e as ideias de Papert e Vygotsky desenvolvidas no quadro teórico. A transposição informática foi o meio pelo qual tais conceitos foram transpostos para a oficina. Nesse sentido, no planejamento foi considerada a transposição do saber a ser ensinado para o saber ensinado por meio da mediação pelo computador. Logo, esse processo se caracteriza pelas modificações do saber a ser ensinado pela mediatização do computador, que, segundo Balacheff (1991), remete a uma transposição didática com recursos da informática.

Eu coordenei a oficina contemplando alunos da Engenharia de Controle e Automação do IFRS³¹ - Campus Farroupilha. A oficina ocorreu no final de 2021, na modalidade a distância via plataformas digitais, devido a pandemia da COVID-19, doença causada pelo coronavírus. Os temas desenvolvidos na oficina foram relacionados a solucionar problemas na área da automação através de programação de CLP pela linguagem Ladder para sistemas automatizados com a utilização de simulação em 3D (recurso tecnológico da indústria 4.0). Esses temas foram selecionados com o intuito de desenvolver dinâmicas pedagógicas favoráveis ao desenvolvimento da aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação, considerando a evolução tecnológica industrial. No desenvolvimento da oficina foram utilizados softwares para geração de ambiente virtuais e de simulações, além de arquivos digitais com o conteúdo estudado nas aulas, entre outras possibilidades a fim de que os estudantes compreendessem os conceitos e processos em estudo. Assim, os temas, os softwares e todos os materiais didáticos elaborados fizeram parte do processo de transposição informática.

³⁰ O projeto foi aprovado, em 2021, pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) na Plataforma Brasil (<https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>) identificado pelo Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 49073721.0.0000.5341.

³¹ Sigla de Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

Dessa maneira, a proposta da oficina teve relação com as atribuições do profissional do engenheiro de controle e automação, uma vez que, segundo “Referenciais curriculares nacionais dos cursos de bacharelado e licenciatura”, o perfil do egresso nessa área pode realizar a integração recursos físicos e lógicos, especificando e aplicando programas, materiais, componentes, dispositivos, equipamentos eletroeletrônicos e eletromecânicos utilizados na automação industrial, comercial e predial. Também pode otimizar, projetar, instalar e operar sistemas de controle e automação de processos, de manufatura e acionamento de máquinas; além de atuar na medição e instrumentação eletroeletrônica, de redes industriais e de aquisição de dados (BRASIL, 2010, p. 41).

Organizei a oficina com a intencionalidade de desencadear processos de aprendizagem baseada na construção, permitindo que eu, o professor, através da minha observação do aluno e do seu engajamento nas atividades, o incentivasse a dar sentido ao que estava fazendo com auxílio dos recursos computacionais, despertando processos de internalização. Cabe destacar que a internalização trata de um processo de reconstrução interna, fundamental para o processo de desenvolvimento de funções psicológicas superiores (FPS). Esta consiste em transformações quanto ao movimento de uma atividade externa para uma atividade interna, ou seja, de interações sociais (por meio da fala, por exemplo) que se transforma em processos internos (pensamentos, imaginação, etc.). A transformação da atividade mediada por signos e instrumentos proporciona o desencadeamento das FPS (CAVALCANTI, 2005; VYGOTSKY, 1991). Por esse fato, a utilização de instrumentos como softwares e signos (linguagem, fala, entre outros) foram usufruídos durante a oficina com o objetivo de promover mais oportunidades de interação e comunicação entre os integrantes, possibilitando o processo de internalização.

Portanto, antes de selecionar, produzir e adaptar os materiais para atingir o propósito da oficina, foram realizados os três primeiros estágios dos procedimentos da transposição informática, segundo o Quadro 2, iniciando pela seleção do objeto de estudo a ser ensinado no ambiente de aprendizagem, a partir de um contexto pesquisado (estágio 1). Ou seja, para a primeira etapa foi pesquisada a importância da programação de CLP em linguagem Ladder nos processos automatizados e as tecnologias da indústria 4.0 no contexto da educação em engenharia. Também foi realizada uma investigação dos conceitos e teorias existentes que pudessem potencializar as modificações do saber a ser ensinado, relacionando estudos que agregassem a aprendizagem de programação (estágio 2). Nessa etapa foram selecionados conceitos do pensamento computacional e da transposição informática, além de teorias que pudessem abarcar o objeto de estudo, como as de Papert e Vygotsky (estágio 2). A partir das

pesquisas realizadas nos estágios anteriores, foi possível, visando a elaboração das práticas pedagógicas, selecionar para a oficina os recursos informáticos (universo interno) e um ambiente para a interface com o usuário (IHM) apropriados para a adaptação do saber a ser ensinado (estágio 3). Nesse estágio foram escolhidos os softwares e os ambientes de comunicação para a aprendizagem. Para tal seleção, eu levei em conta os recursos informáticos que tinham potenciais de promover a transposição do saber a ser ensinado de programação de CLP em saber ensinado, considerando as tecnologias disponíveis na instituição que foi realizada a oficina e que tivessem relação com o cenário da indústria 4.0. Também foi avaliada a importância desses artifícios para o desenvolvimento de habilidades e competências relevantes para a profissão do engenheiro. Nesse sentido, para a interação com os alunos foram selecionadas plataformas disponibilizadas pela instituição de ensino, as quais foram o Moodle e o Google Meet. O software de programação de CLP (CODESYS) e o software de simulação em 3D de processos industriais (Factory I/O) foram selecionados após eu realizar estudos relacionados a importância da tecnologia da indústria 4.0 na educação e na formação de um engenheiro de controle e automação. Depois de investigar e compreender que a programação de CLP continua sendo um tema relevante tanto no ramo industrial como para o profissional de engenharia, escolhi a simulação em 3D dentre os nove pilares da indústria 4.0 relacionada em Rübmann *et al.* (2015). Percebi, após manipular o software de simulação em 3D em um curso que realizei, um potencial de construção de conhecimento sobre a programação de CLP, caso o aluno conseguisse aprender a utilizar esse recurso. Entendi que, a visualização do funcionamento de um processo industrial, via software, associada aos comandos de um programa em Ladder elaborado pelo estudante, poderia ajudá-lo a desencadear habilidades e competências relevantes a programação de CLP, inclusive habilidades ligadas ao PC. O ambiente que simula de forma fidedigna um processo industrial, utilizando a tecnologia visada pela quarta revolução industrial, é um elemento que pode facilitar o entendimento de tal processo, pois enxergando o funcionamento dos equipamentos virtuais (que se assemelham ao real), mostra para o usuário com mais nitidez as eventuais falhas do sistema. Na minha análise, sem a visualização da simulação o programador tem que imaginar a execução do processo, podendo errar com mais facilidade. Além da minha percepção, reportagens como da Mikail (2020), da Redação 360 (2023) e da Sant'Ana (2021), e pesquisas de Costa, Silva e Lira (2014) e de Simões e Carvalho (2015) deram suporte e sustentação para as minhas escolhas sobre os softwares, pois essas referências reforçam que a simulação, dentre elas em 3D, é uma importante atividade nos projetos em engenharia. Então, esses recursos supracitados foram selecionados porque tinham potenciais para auxiliar os alunos, pela experimentação deles, a

conseguirem aprender a programação de CLP pela linguagem Ladder, além de serem acessíveis para o desenvolvimento da oficina. Esse movimento de análise e seleção das ferramentas vinculadas ao computador com potenciais de auxiliar nas dinâmicas pedagógicas faz parte da transposição informática, e me ajudou, como pesquisador e professor, na elaboração da oficina e na construção da tese.

3.2 DESENVOLVIMENTO DA OFICINA

3.2.1 Ponto de partida

Antes de iniciar a oficina, produzi documentos e elaborei uma cadeia de atividades a serem desenvolvidas ao longo de dez encontros on-line para alunos incipientes na programação de CLP em linguagem Ladder, todos com conteúdos didáticos teóricos e práticos. Este cronograma foi criado para que o projeto tivesse uma base de informações sólidas (um esqueleto), além de ser exigido, em parte, pelo Comitê de Ética em Pesquisa. No entanto, com o desenvolvimento da oficina, o cronograma foi remanejado e reconstruído, totalizando ao final em quinze encontros. Esse movimento refere-se ao estágio 4 e 5 do processo de transposição informática, conforme o Quadro 2, já que o estágio 4 relaciona o material informatizado, que envolve a seleção, produção e adaptação de materiais a serem explorados pelos estudantes mediante a interação com os recursos informáticos selecionados, seguindo as intencionalidades das práticas pedagógicas e o nível de conhecimento que se deseja atingir, e o estágio 5 relaciona as práticas pedagógicas visando os materiais informatizados produzidos.

A partir do projeto inicial, dei início a execução da oficina realizando um recrutamento dos estudantes de Engenharia de Controle e Automação³², matriculados no IFRS - Campus Farroupilha³³. Para tanto, elaborei um e-mail informando sobre a oficina e solicitei à coordenadora do curso para que repassasse o convite aos alunos. Houve a manifestação de treze alunos interessados, um número dentro do estipulado no planejamento inicial (que estava entre dez a quinze participantes). A partir de então, com o intuito de recrutar o máximo de participantes, verifiquei com eles, por meio de mensagens via e-mail, sobre as suas disponibilidades de horários para acompanhar as aulas síncronas. Diante disso, organizei uma

³² Este curso foi selecionado por ter grande relação com a programação de máquinas de automação industrial com uso de CLP e por ter proximidade com o tema da indústria 4.0, sendo uma das áreas afetadas pelas mudanças tecnológicas provocadas pelos recursos da quarta revolução industrial.

³³ Por ser vinculado ao IFRS e ter permissão de acesso às plataformas digitais necessárias para o desenvolvimento deste projeto, escolhi essa instituição para desenvolver o estudo de caso da pesquisa.

reunião on-line, prévia a oficina, para explicar e sanar quaisquer dúvidas que eles pudessem ter. Nesse evento foi esclarecido o motivo da oficina, sobre o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), sobre o termo de assentimento livre e esclarecido (TALE), sobre as plataformas que seriam utilizadas (Moodle, Google Meet e softwares), sobre as atividades que seriam propostas para a pesquisa, bem como, juntamente com os alunos, estipular o horário e os dias dos encontros. De comum acordo ficou decidido que seriam três encontros por semana (segundas, quintas e sextas-feiras) às 18 horas com 1h30min de duração, aproximadamente. Após o encontro de esclarecimento, dei um prazo (até o primeiro dia de aula) para que os participantes lessem e me enviassem assinados os termos necessários (TCLE e TALE) para a participação deles na pesquisa. Posteriormente, agendei a primeira aula da oficina pelo Google Meet³⁴. Dos treze interessados, oito alunos formaram efetivamente a turma, participando frequentemente das atividades, sendo um menor de idade. Estes alunos foram referenciados nesta tese por letras, de A a H, preservando suas identidades.

3.2.2 Ambientes de aprendizagens utilizados

No total foram quatro os ambientes de aprendizagem utilizados, sendo esses desenvolvidos por meio da plataforma Moodle, da plataforma Google Meet e por dois softwares voltados para a aprendizagem de sistemas automatizados. O ambiente da plataforma Moodle foi utilizado para que os alunos tivessem acesso ao fórum de dúvidas e debates, aos materiais digitais (arquivos no formato PDF), ao link dos encontros, como também foi utilizado para que eles escrevessem nos seus diários e postassem os arquivos acerca das práticas propostas para aprendizagem de programação. O ambiente do Moodle foi utilizado como um espaço virtual, onde o aluno tinha a possibilidade de acompanhar e praticar as atividades da oficina via internet. Tal ambiente está ilustrado na Figura 18, a qual mostra a tela principal da oficina até o encontro 2. O Fórum de dúvidas e debates foi criado com a expectativa de proporcionar um ambiente colaborativo entre os participantes. Contudo, os alunos não tiveram interesse em utilizá-lo. Pelo que percebi eles sanavam as suas dúvidas nos encontros, ao invés de postá-las no fórum. Ao final de cada encontro eu postava a aula formalizada naquele dia, juntamente com algum material que emergirá durante as conversas, caso do encontro 2 da Figura 18, o qual postei um link por recomendação de um aluno. Apesar de ter um esboço (esqueleto) de cada aula, eu não seguia literalmente o planejado, visto que nem sempre concluía todas as atividades da aula

³⁴ Cabe salientar que a oficina foi realizada após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) pelo CAAE número 49073721.0.0000.5341.

devido ao ritmo da turma e das interações que ocorriam. Então, eu finalizava e postava no Moodle os materiais didáticos do encontro após o término da aula. Depois eu reorganizava o conteúdo, as atividades e os slides do encontro seguinte e utilizava essa nova reestruturação como guia para a próxima aula.

Figura 18 – Ambiente do Moodle

OFICINA - Programação de CLP pela linguagem Ladder e simulação de processos industriais

[Página inicial](#) / [Meus cursos](#) / [Oficina de Ladder](#)

 Fórum de dúvidas e debates

LINK DOS ENCONTROS
meet.google.com/oac-vrbn-knu

Perfil do estudante
 Perfil do estudante

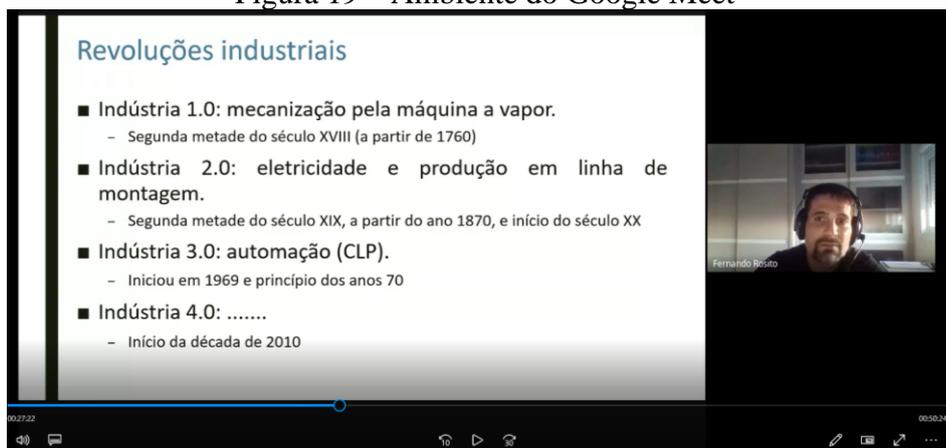
Encontro 1
 Diário do Encontro 1
 Slides Encontro 1

Encontro 2
 Diário do Encontro 2
 Postar Exercício 1/2
 Slides Encontro 2
 <https://www.youtube.com/watch?v=jy0sGTbP3Qs>

Fonte: Elaborada pelo autor (2021) desenvolvida no ambiente Moodle.

O ambiente da plataforma de videoconferência do Google Meet foi utilizado para a realização dos encontros síncronos (on-line), como ilustra a Figura 19, que no caso o conteúdo de um slide contendo uma breve explicação das revoluções industriais e a minha pessoa. Os encontros foram gravados com a anuência dos participantes. Eu não disponibilizei os vídeos durante a oficina com receio de que eles parassem de participar dos encontros on-line para assistir os vídeos depois das aulas. Se isso acontecesse, a essência da oficina de promover a interação entre os membros iria se perder. No processo de aprendizagem proposto nesta tese, o envolvimento com os participantes é fundamental para a construção do conhecimento pelo aluno.

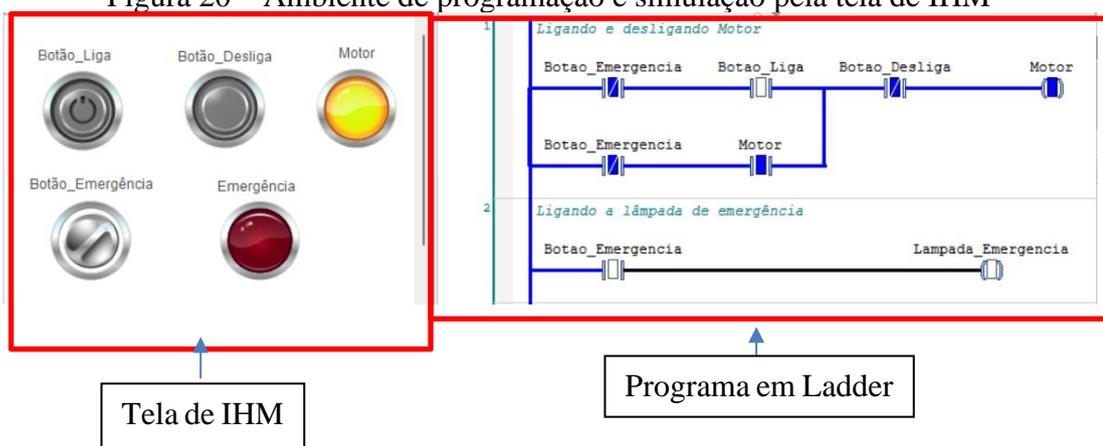
Figura 19 – Ambiente do Google Meet



Fonte: Videoconferência da oficina (2021).

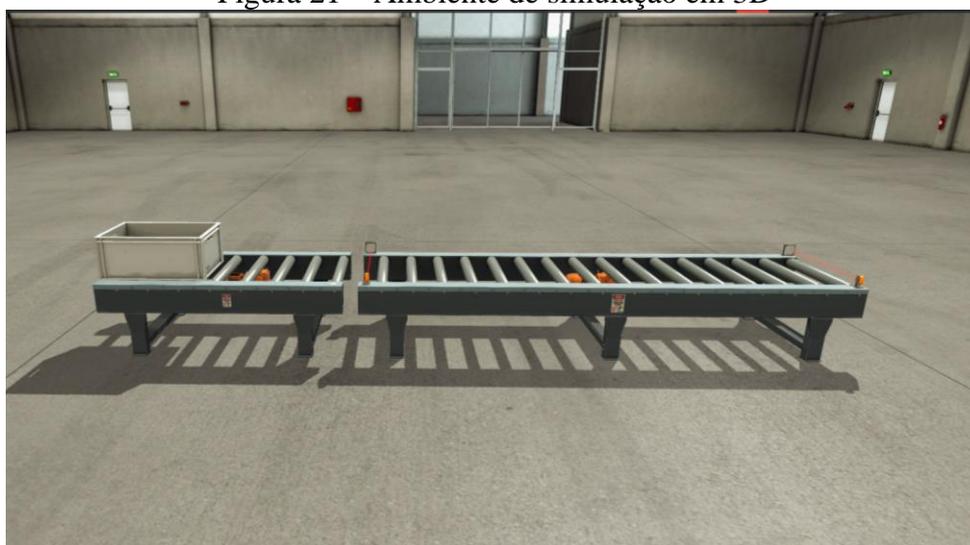
Os outros ambientes utilizados para o desenvolvimento das dinâmicas pedagógicas tiveram o foco na programação de CLP e na simulação de sistemas industriais através de softwares. Um deles, o CODESYS, tinha o recurso de programar em linguagem Ladder, criar ambiente de IHM e simular, vide Figura 20, que possui em destaques em vermelho uma janela contendo a tela de IHM (interface homem-máquina) e uma janela com a programação em Ladder. O outro software, o Factory I/O, em comunicação com o anterior e utilizando a programação em Ladder elaborada, tinha a propriedade de simular um processo industrial em 3D (como ilustra a Figura 21). As experiências computacionais tiveram como intuito não só de ajudar os estudantes a aprenderem a programar um CLP em linguagem Ladder, mas também a se apropriarem da tecnologia da indústria 4.0, visto que a simulação em 3D é um dos pilares da quarta revolução industrial. Já a mediação do aluno com a programação em Ladder pode fazer com que ele desenvolva as habilidades do PC, importantes no contexto atual. Esse processo vai ao encontro ao estudo de Mohtadi, Kim e Schlosser (2013), que indica que devido ao aumento da complexidade dos sistemas de engenharia, os engenheiros devem ter a competência de conseguir analisar, projetar e testar esses sistemas, e o PC é um pré-requisito para que esse profissional tenha um conhecimento prático e aprofundado dos processos envolvidos na concepção desses sistemas.

Figura 20 – Ambiente de programação e simulação pela tela de IHM



Fonte: Elaborada pelo autor (2021) desenvolvida no software CODESYS.

Figura 21 – Ambiente de simulação em 3D



Fonte: Elaborada pelo autor (2021) desenvolvida no software Factory I/O.

Esses quatro ambientes foram essenciais para a construção e o desenvolvimento da oficina. Cada um foi selecionado com um objetivo, proporcionando ao aluno a possibilidade de construir o conhecimento com a mediação pelos recursos computacionais e dos materiais digitais e com a interação com as pessoas. O conjunto dos softwares (ou ambientes) teve como intuito aproximar a realidade da indústria 4.0, com o software de simulação em 3D, com a programação do CLP pela linguagem Ladder, tecnologia da indústria 3.0. Este movimento pode servir de inspiração para que outros recursos da quarta revolução industrial sejam desenvolvidos nas instituições de ensino.

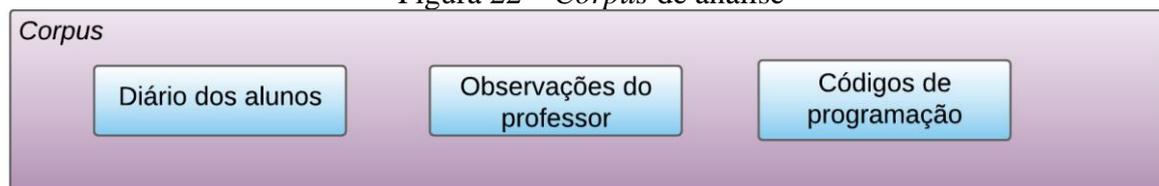
3.2.3 Práticas de aprendizagem desenvolvidas

As atividades desenvolvidas na oficina foram propostas com o intuito de constituir dinâmicas pedagógicas sustentadas pelas intervenções do professor e pela exploração dos alunos, realizando atividades por meio da resolução de problemas (com/sem auxílio do computador) e dos materiais digitais disponíveis, promovendo reflexões, troca de informações e interação entre os participantes.

Para que eu pudesse acompanhar o processo de aprendizagem dos participantes pela ótica deles e conseguisse construir as dinâmicas pedagógicas a cada encontro, uma das atividades foi a construção de um diário, no Moodle, escrito pelos alunos (individualmente), sobre os seus conhecimentos, sentimentos, experiências, perspectivas, dificuldades, entre outras informações que eles entendessem como significativas para o seu aprendizado. Também solicitei a eles que fizessem uma pequena apresentação de si para que eu pudesse conhecê-los mais. A partir dos relatos, pude realizar as práticas mediadoras com potencial para mobilizá-los a construírem novos saberes de forma autônoma.

Concomitantemente, ao longo dos encontros, fui escrevendo as minhas observações sobre as produções e os comportamentos dos participantes, refletindo também sobre o meu processo de mediação que, segundo as ideias de Vygotsky, é um processo importante para a interação social e o aprendizado do sujeito. A mediação docente é fundamental para ajudar a transformar o desenvolvimento cognitivo potencial em desenvolvimento real (VYGOTSKY, 1991). Atentei-me ao longo de toda a pesquisa a ter um posicionamento crítico e reflexivo sobre o fazer docente, pois foi um dos fatores que me constituiu como pesquisador.

Um terceiro núcleo de atividades emergiu das produções codificadas dos alunos na forma de programas desenvolvidos ao longo das atividades propostas, formando, juntamente com as duas tarefas anteriores, o *corpus* de análise, como ilustra a Figura 22. Essas atividades, no sentido de práticas de aprendizagem realizadas por meio da interação entre os participantes e com auxílio dos recursos informáticos, não têm como foco apenas resolução dos problemas, mas principalmente a vivência de uma experiência de construção de significado, onde a dinâmica entre os recursos e desafios das tecnologias com a mediação docente e interação com os colegas, têm potencial de promover o desencadeamento de processos mentais internos relacionados ao processo de internalização. Segundo Vygotsky (1991) o processo de internalização é fruto da reconstrução interna do sujeito a partir da exteriorização de saberes observada a sua interação com o meio.

Figura 22 – *Corpus* de análise

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

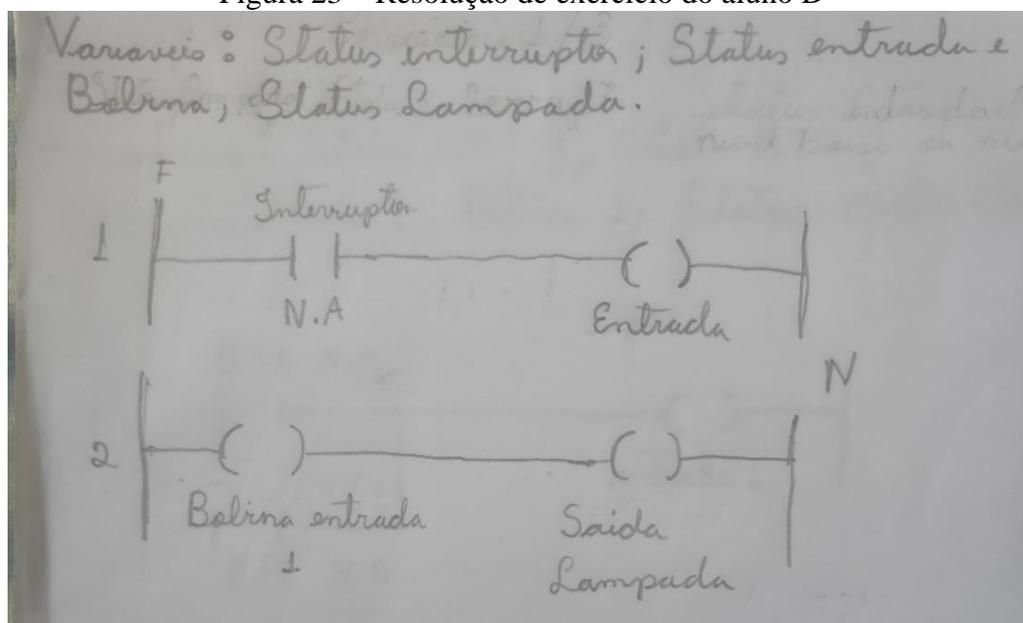
Todas as tarefas foram apresentadas e desenvolvidas durante os encontros síncronos. Desse modo, os participantes puderam interagir comigo e com os outros, trocando informações, num movimento de cocriação, ou seja, num ato de criação em conjunto. O movimento de construção com outrem foi um item de análise durante o processo de ensino e aprendizagem, visto que remete ao sociointeracionismo de Vygotsky (1991). Tal procedimento referente às tarefas foi desenvolvido para não sobrecarregar os alunos em atividades extra oficina, permitindo que eles pudessem se dedicar a outros afazeres.

Assim, o estágio 5 da transposição informática, vide Quadro 2, foi contemplado, pois este salienta a elaboração de práticas pedagógicas, relacionando as ferramentas da informática selecionadas na etapa anterior, tais como as plataformas digitais com potenciais de aprendizagem, que possuem ligação com a natureza epistemológica do saber a ser ensinado. Dessa forma, precisei considerar alguns aspectos do conhecimento a ser ensinado, agregando elementos dos recursos informáticos. Nessas atividades me atentei tanto na mediação pelas tecnologias, como na minha conduta como mediador, considerando a construção do conhecimento a partir da interação do aluno com os recursos informáticos e com o auxílio da minha postura em sala de aula.

As práticas de aprendizagem por meio de exercícios de programação foram realizadas de duas formas: com apenas papel e caneta, em que os alunos tiravam fotos e postavam os resultados no Moodle (conforme Figura 23); e com a utilização dos softwares (vide Figura 24). Escolhi esse método porque ao fazer os exercícios com papel e caneta, o aluno teve que imaginar e simular de forma mental todo o processo, sem saber se a programação elaborada estava efetivamente correta ou não. Já com a utilização do software, o aluno pode verificar a real funcionalidade do seu programa, tendo condições de refletir e construir uma percepção do quanto a sua interação com os recursos computacionais e com os materiais digitais contribuiu para a internalização dos conceitos estudados. Dessa forma, a partir dos erros e dos acertos detectados nos recursos informáticos (instrumentos) e da interação social por meio da fala (signo), o aluno exerceu um processo de reconstrução interna, fundamental para o processo de

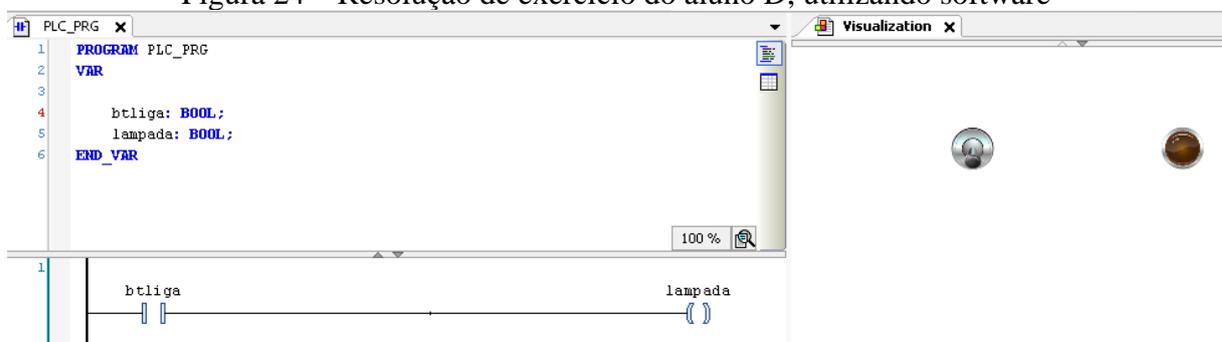
desenvolvimento de funções psicológicas superiores (FPS), tendo essa transformação mediada por signos e instrumentos (CAVALCANTI, 2005; VYGOTSKY, 1991).

Figura 23 – Resolução de exercício do aluno D



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 24 – Resolução de exercício do aluno D, utilizando software



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

As práticas de aprendizagem por meio de exercícios foram elaboradas com o propósito de estimular a organização e sistematização de informações de forma lógica; a representação de dados por meio de abstrações (como modelagem e simulações); a automatização de processos mediante algoritmos, levando em conta uma série de etapas ordenadas; a identificação, análise e implementação de soluções possíveis para otimizar processos, dentre outras características relacionadas ao pensamento computacional (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011; VARELA *et al.*, 2019). Conforme Vicari *et al.* (2018, p. 15-16) “O PC envolve abstrações e técnicas necessárias para a descrição e análise de informações (dados) e processos,

bem como para a automação de soluções. Tendo em vista que o PC é um processo de resolução de problemas que inclui diversas características, foram elaborados para a oficina problemas os quais os alunos tivessem a possibilidade de usar o computador para ajudá-los a resolvê-los (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011; VARELA *et al.*, 2019). Tais práticas de aprendizagem foram desenvolvidas de acordo com os tópicos abordados nos encontros e com a intencionalidade de provocar os alunos a ponto de desenvolverem habilidades e competências relacionadas ao pensamento computacional, importante para a programação de CLP em linguagem Ladder.

Os enunciados foram sendo mais específicos e detalhados à medida que eu ia percebendo a compreensão dos alunos referente ao conteúdo estudado. Esses foram elaborados pretendendo envolver um problema real de engenharia, visto que, segundo Mohtadi; Kim e Schlosser (2013) a utilização das plataformas de programação e simulação com aprendizagem prática baseada em problemas e em projetos ligados a hardware utilizados em processos reais da indústria possibilitam a compreensão do aluno referente a programação e sistemas de engenharia. Logo, esses foram escritos de maneira que o estudante se sentisse agente principal da atividade, adquirindo a responsabilidade de ser o protagonista do conhecimento.

Para ilustrar a maneira que os exercícios foram elaborados, corroborando os textos supracitados, a seguir há quatro enunciados de exercícios sendo: um do início, outro do meio e os últimos dois do final da oficina. Das vinte práticas de aprendizagem desenvolvidas por meio de exercícios, foram selecionadas essas amostras para evidenciar a exigência dos enunciados. Dessa forma é possível observar a evolução das práticas no decorrer da oficina em relação à dificuldade, ao detalhamento dos enunciados (provocando mais o aluno a se sentir agente da ação), e ao contexto mais factível da indústria. O Quadro 3 mostra o enunciado elaborado no encontro 3 que provoca o aluno a desenvolver um exercício utilizando papel e caneta, sem o auxílio do computador. O Quadro 4, ilustra o enunciado do encontro 7, indicando que o aluno utilizasse o software com a tela de IHM. Já o Quadro 5, apresenta o enunciado próximo ao final da oficina, revisitando a ideia da elaboração de um algoritmo (etapa inicial para a construção de um programa) e, posteriormente, o desenvolvimento do programa em Ladder, ambos utilizando papel e caneta (sem o auxílio de dispositivos informáticos). Todavia, no mesmo encontro 12, é exigido que o aluno simule no software em 3D o programa elaborado anteriormente com papel e caneta para verificação e ajustes do seu funcionamento, como ilustra o Quadro 6.

Quadro 3 – Enunciado de um exercício do Encontro 3

Título: Porta de banco.
Enunciado: Elabore um programa em Ladder, sem o auxílio do computador, em que uma porta de entrada de um banco só possa ser aberta via dois botões. Ao pressionar qualquer um deles, a porta se abre. Caso nenhum botão seja pressionado, a porta deve fechar.
OBS: os botões estão em locais separados, não podendo ser acionados ao mesmo tempo. OBS: escreva os nomes das variáveis nos contatos utilizados no programa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 4 – Enunciado de um exercício do Encontro 7

Título: Bancada com motor dupla rotação 1.
Enunciado: Há uma bancada com três botões e um motor. O motor consegue girar nos dois sentidos. Cada botão aciona o motor em sentidos diferentes, um botão faz o motor girar no sentido anti-horário e o outro no sentido horário. Logo, há duas bobinas de saída para o motor (um para cada sentido). Por segurança, caso os dois botões sejam acionados ao mesmo tempo o motor não pode ser energizado. Logo, elabore um programa em Ladder que evite que ao acionar os dois botões, o motor não fique energizado. Para ligar o motor basta ativar e desativar o botão de liga, ele não precisa ficar o tempo todo acionado. Para inverter o sentido de giro do motor basta ativar o outro botão de liga. Um botão de desliga deve ser utilizado para parar o motor em ambos os sentidos. Enquanto ele estiver acionado, não dá para acionar o motor.
OBS: utilize a IHM.”

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 5 – Enunciado de um exercício do Encontro 12

Título: Esteira conta caixas.
Enunciado: Uma empresa tem um sistema que possui uma esteira que conta o número de caixas que passa nela. Elabore um programa em Ladder em que ao pressionar um botão uma esteira liga. Quando se coloca uma caixa em cima, ela percorre até o final da esteira, porém, no meio da esteira há um sensor que irá contar o número de caixas que passa por ela. A esteira não para quando passa pelo sensor. Ao chegar em 4 caixas a esteira para e uma lâmpada irá ligar avisando o operador. Um segundo botão deverá ser adicionado para a máquina zerar o contador. O processo só começará novamente quando o operador pressionar o botão de liga novamente. Também há um botão de desliga que poderá parar o processo a qualquer momento (zerando até mesmo a contagem de caixas).
Faça um algoritmo utilizando um papel e uma caneta. Após elabore o programa em Ladder também utilizando apenas papel e caneta.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 6 – Outro enunciado de um exercício do Encontro 12

Título: Esteira conta caixas.
Enunciado: Agora monte no software o programa em Ladder desenvolvido no papel e simule no ambiente 3D. Veja se funciona, e faça os ajustes necessários para solucionar o problema.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Todas as atividades foram previamente elaboradas, conforme o projeto inicial da oficina. No entanto, as anotações dos alunos, as minhas observações durante os encontros e a interação dos participantes nas aulas on-line formaram instrumentos para que eu redigisse e adaptasse muitos dos enunciados e das atividades para provocar e proporcionar melhores dinâmicas pedagógicas para os estudantes.

Logo, a proposta da oficina teve relação com as atribuições do profissional do engenheiro de controle e automação, já que segundo “Referenciais curriculares nacionais dos cursos de bacharelado e licenciatura” o perfil do egresso nessa área pode realizar a integração recursos físicos e lógicos, especificando e aplicando programas, materiais, componentes, dispositivos, equipamentos eletroeletrônicos e eletromecânicos utilizados na automação industrial, comercial e predial. Também pode otimizar, projetar, instalar e operar sistemas de controle e automação de processos, de manufatura e acionamento de máquinas; além de atuar na medição e instrumentação eletroeletrônica, de redes industriais e de aquisição de dados (BRASIL, 2010, p. 41).

3.2.4 Dinâmicas dos encontros

As dinâmicas desenvolvidas na oficina ocorreram baseadas nas recomendações da transposição informática. Para tal, criei práticas e estratégias que colocassem o estudante como protagonista do seu processo de aprendizagem, desenvolvendo habilidades de raciocínio lógico, entre outras relacionadas a atuação do engenheiro, a programação, resolução de problemas e a mediação com o computador. Nesse processo utilizei os conceitos do PC para me auxiliar nas atividades propostas.

Os encontros tiveram momentos em que eu, professor, tive que explicar os conteúdos para os alunos, mostrando imagens e verbalizando os conceitos da matéria, vide Figura 25, em que ilustra eu explicando o processo de um sistema automatizado no ambiente virtual Google Meet. Em outros momentos eu formulava perguntas para a turma com o intuito de incentivar o dialogado, desenvolvendo um compartilhamento de ideias e construção de conhecimento individual e coletivo, vide a Figura 26, que apresenta um momento do encontro em que eu peço a opinião dos alunos referente ao assunto da indústria 4.0 para que todos debatessem a respeito, promovendo um ambiente colaborativo. Desta maneira, não quis elaborar as aulas com muitos textos para não induzir os aprendizes a estudarem sozinhos somente com os materiais postados, formulando as suas opiniões apenas a partir das leituras do meu material, sem a convivência

com os outros colegas. Entretanto, inevitavelmente, alguns tópicos tinham explicações por escrito e a minha explanação verbal.

Figura 25 – Explicação de conteúdo no encontro no Google Meet

The screenshot shows a Google Meet interface. On the left, a slide titled "Sistemas automatizados" displays a diagram of an industrial control system. The diagram includes a "PLANTA INDUSTRIAL" box containing "SENSORES" and "ATUADOR". Above this box is a "PROGRAMADOR" icon. A central "CLP" (Controlador Lógico Programável) box has "ENTRADAS" and "SAÍDAS" sections. A blue oval labeled "Linguagem Ladder" is connected to the CLP. Arrows indicate the flow of information: from sensors to the CLP, from the CLP to the actuator, and from the CLP to the Ladder language. A source note at the bottom of the slide reads "Fonte: Adaptado de SILVA, 2011." On the right, a video feed shows a participant named "Fernando Rosito". The bottom of the screen displays the Google Meet control bar with icons for chat, mute, video, and other functions.

Fonte: Videoconferência da oficina (2021).

Figura 26 – Debate de conceito no encontro no Google Meet

The screenshot shows a Google Meet interface. On the left, a slide titled "Indústria 4.0" features the question "O que é a indústria 4.0?" in large black text. Below the text is an icon of four stylized human heads in different colors (blue, purple, green, orange) with speech bubbles above them, symbolizing discussion or debate. On the right, a video feed shows the same participant "Fernando Rosito". The bottom of the screen displays the Google Meet control bar.

Fonte: Videoconferência da oficina (2021).

Os questionamentos, as problematizações, as perguntas foram debatidas para que os alunos significassem as tarefas que eles realizavam, num movimento de cocriação e num processo baseado na mediação Vygotskyana. Processo esse que é constituído de um conjunto de intervenções e estratégias que o professor pratica a fim de que os estudantes possam dar sentido as atividades realizadas. “O professor, como mediador, deve, por meio dos conteúdos

de ensino, interferir e problematizar, provocar o aluno no processo ensino aprendizagem de modo ajudá-lo a se desenvolver intelectualmente, provocando avanços que não ocorreriam sem a sua intervenção.” (ZANATTA; BRITO, 2015, p. 20).

Todavia, para conseguir desenvolver junto com a turma dinâmicas favoráveis ao diálogo e construção do conhecimento desde o início da oficina, no primeiro encontro realizei uma conversa de apresentação e propus uma atividade, nomeada perfil do estudante, no ambiente Moodle, com o propósito de identificar as características dos alunos referentes ao semestre que cursavam na Engenharia, sobre seus conhecimentos e experiências em programação de CLP, além de suas expectativas com o evento na modalidade a distância. Apesar da oficina ter sido desenvolvida para pessoas que não sabiam programar em linguagem Ladder, alunos que já sabiam tal linguagem se interessaram pela oficina. A maioria dos participantes (seis alunos dos oito alunos) cursavam os semestres iniciais da Engenharia de Controle e Automação, entre o 2º e o 4º semestre. Todos os participantes já tiveram contato com algum tipo de programação (basicamente para microcontrolador e Arduino), e quatro dos oito já conheciam a linguagem Ladder em nível básico. Mas, nenhum deles teve contato com a programação em Ladder além do nível básico, nem conhecia os programas abordados na oficina. Também ninguém teve a experiência de utilizar a linguagem Ladder associada a simulação em 3D. Nesse sentido, os perfis dos alunos se enquadravam nos requisitos da pesquisa, visto que eles não tinham conhecimento dos recursos que foram utilizados na oficina, nem conhecimento prévio sobre a programação em Ladder vinculada a tecnologia em 3D.

As expectativas apresentadas no relatos dos alunos abordavam sobre a aprendizagem de novos conhecimentos referentes ao tema da oficina, como cito as mensagens de três alunos: “Minhas expectativas são conhecer mais sobre a linguagem e estar por dentro da atualidade do mercado dentro da linguagem ladder.” (aluno C), “Adoro a parte de automação e programação, constantemente procuro me colocar em situações adversas dentro essas duas grandes áreas afim de procurar novas soluções. (aluno A) e “Estou ansioso para iniciar o estudo com as plataformas que tem mencionado, será um grande passo para o conhecimento e valor pessoal, aprender de maneira mais dinâmica.” (aluno F). Essas e outras informações me ajudaram a conhecer um pouco dos participantes acerca de suas vivências e seus conhecimentos em relação ao tema principal que seria abordado na oficina.

Ao final de cada encontro eu realizava as minhas anotações a respeito das dinâmicas e lia os diários dos alunos. Com as informações eu refletia sobre a minha mediação e elaborava o material didático da próxima aula. Basicamente o material didático, postado ao final da aula, foi desenvolvido em exercícios que simulassem condições reais da engenharia, uma vez que,

segundo DUARTE *et al.* (2019), o professor precisa propor atividades e tarefas significativas ao aprendiz em seu contexto social-histórico-cultural que estimulem o aluno a construir novos saberes, além de ser um mediador no sentido de facilitador do processo de ensino e aprendizagem. Esse processo desenvolve a autonomia do aluno, sua criatividade e uma condição de sujeito ativo.

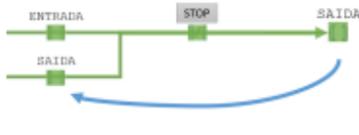
Eu medieei as atividades com o intuito de fazer com que os alunos refletissem e ressignificassem o que estava sendo desenvolvido nos programas, possibilitando que eles conseguissem, independentemente, reconfigurar os códigos de forma mais técnica e eficaz. Eu também provoqueei e questioneei os estudantes com a pretensão de que eles pudessem despertar para uma atitude crítica, reflexiva, criativa, cooperativa e ética, de forma coerente ao que recomenda as características do perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia, segundo a Resolução CNE/CES nº 2/2019 (BRASIL, 2019).

Ademais, contribuindo para o desenvolvimento da oficina, os alunos eram convidados a escrever um diário no Moodle sobre cada encontro. Esse diário teve como proposta fazer com que o aprendiz refletisse sobre o seu processo de aprendizagem, descrevendo sobre ele. Assim, o diário do aluno foi desenvolvido a partir de uma autorreflexão, num processo recursivo, baseado num olhar sobre as suas experiências e vivências durante a oficina. Este processo de escrita do aluno foi um movimento que pode desencadear processos de ressignificação das crenças pessoais, ampliando a sua compreensão e aprofundamento em torno do tema em estudo. Portanto, o diário teve o propósito de ser uma narrativa a qual cada aluno escreveu seus apontamentos sobre o que pensava, o que meditava, o que elaborava sobre uma pesquisa e qualquer outro elemento que o fizesse a dar sentido ao seu processo de construção de conhecimento. Nessa narrativa o aluno pode desenvolver as suas percepções acerca do que ele estava aprendendo relacionado a temática da oficina. Apesar do diário ter sido uma dinâmica de cunho intrapessoal, essa também me ajudou na elaboração do material didático de cada encontro, juntamente com as minhas percepções e o desenvolvimento das práticas de aprendizagem propostas.

O material digital apresentado durante a aula (slides) continha todos os tópicos estudados no encontro ao final da apresentação, como mostra a Figura 27. Esta dinâmica teve o propósito de não indicar qual seria o conceito a ser visto na aula e, sendo assim, não induzir os alunos a pensar de uma determinada maneira e incentivá-los a pensarem de forma independente. Então, eu apresentava o exercício, depois deixava eles resolvendo e trocando ideias. Durante esse período questionava a turma para saber quais eram as dificuldades e quem poderia ajudar e, aos poucos, íamos construindo as respostas. Após algum tempo, conversando

com os alunos, ia apresentando algumas das alternativas para resolver o problema, apresentando os conceitos destinadas àquela aula. Por fim, a gente analisava as respostas dos alunos que tiveram alguma dúvida e que queriam apresentar os códigos os demais. Assim, íamos tentando melhorar o programa do colega (dando dicas). Essa sequência está evidenciada pela aula 6 da Figura 27, a qual apresento o exercício 1/6 inicialmente e, posteriormente, os conceitos da lógica de selo, da bobina de saída set e da bobina de saída reset. Como em todas as aulas, há a atividade da escrita do diário e, por fim, a apresentação dos tópicos da referida aula.

Figura 27 – Material digital do encontro 6

<p style="text-align: center;">ENCONTRO 6 OFICINA DE PROGRAMAÇÃO DE CLP EM LINGUAGEM LADDER PROF. ME. FERNANDO COVOLAN ROSSO</p>	<p>Exercício 1/6 – Ladder com computador e IHM</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Título: Bancada com motor rotação única. ■ Enunciado: Há uma bancada com três botões e um motor que gira apenas em um sentido. Um botão liga o motor e um outro desliga. Elabore um programa em Ladder em que ao pressionar e soltar o botão de liga, o motor seja ativado. Ao pressionar o botão desliga o motor desliga. Um terceiro botão de emergência é adicionado para parar o sistema em qualquer momento. Com ele acionado nada funciona. Coloque uma lâmpada sinalizando quando o botão de emergência estiver acionado. ■ OBS: utilize botões sem retenção (pulsadores) para o botão Liga e botão Desliga. Para o botão de emergência utilize um botão com retenção. ■ OBS: utilize a IHM.
<p>Linguagem Ladder – Lógica de Selo</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ A variável utilizada na bobina de saída é utilizada em paralelo com o contato da entrada, fazendo um auto energização.  <p style="text-align: center;"><small>Fonte: CURSO METODO PCIC, 1991.</small></p>	<p>Linguagem Ladder – Bobina de saída Set/Reset</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ As bobinas de saída SET/RESET são utilizadas para a mesma variável. Em um momento você ativa a variável pela bobina de saída (SET) e em outro momento você desativa a mesma variável pela bobina de saída (RESET). ■ Bobina de saída SET $\text{---}(\text{S})$ <ul style="list-style-type: none"> - Ao usar essa bobina SET, ao ativá-la, ela ficará ligada até que a bobina de RESET seja ativada. ■ Bobina de saída RESET $\text{---}(\text{R})$ <ul style="list-style-type: none"> - É usada para desativar uma variável que foi ligada pela bobina de saída SET.
<p>Atividade</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Preencher diário no Moodle desta aula. 	<p>Tópicos do encontro 6</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Linguagem LADDER <ul style="list-style-type: none"> - Lógica de Selo - Bobina de saída Set/Reset ■ Exercícios

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Com a ideia de proporcionar um ambiente de interação entre os alunos, eu, por meio de perguntas e indagações, provocava os alunos a refletir e a expressar suas opiniões, ao invés de explicar o conteúdo. Esse movimento fez com que os estudantes ajudassem uns aos outros a entender um determinado problema. Intervinha na fala de algum estudante para complementar

alguma informação ou quando os alunos tinham muita dificuldade em realizar a tarefa. Quem faltava um encontro normalmente tinha dificuldades em entender a aula seguinte, pois os conteúdos eram complementares. Assim, pedia para aqueles que tinham vindo no encontro anterior que explicassem aos que estavam com problemas. Esse tipo de mediação foi um desafio para mim, pois dificilmente tive esse tipo de postura em sala de aula. Normalmente eu explicava o conteúdo e no final perguntava se alguém tinha alguma dúvida. Na minha vivência acadêmica na engenharia essa foi a maneira que aprendi sobre como é ensinar, logo, foi o modelo adotado por mim durante anos de docência. No entanto, o meu percurso durante o doutorado me fez refletir e mudar a postura nos encontros. Creio, também, que essa mediação mais colaborativa foi possível porque sabia que poderia aumentar o número de encontros, caso necessário, o que na instituição de ensino o número de aulas é fixo. Dessa forma, quando a aula não chegava ao final do conteúdo que eu tinha planejado devido aos debates, eu remanejava a matéria e adicionava mais um encontro. Ou seja, eu tomei a postura de não interromper o diálogo entre os alunos durante as aulas por entender que esse fazia parte do processo de construção do conhecimento. Preferi deixar eles conversando e debatendo sobre o assunto do que interromper o diálogo para iniciar um novo tópico da aula e cumprir o conteúdo planejado.

As práticas de aprendizagem por meio de exercícios foram elaboradas e desenvolvidas, inicialmente, com papel e caneta, após foram programados em linguagem Ladder no software, evoluindo posteriormente com o acréscimo de uma tela de IHM e, por fim, o desenvolvimento de problemas mais complexos que envolvessem o software de simulação em 3D. Essa dinâmica ocorreu para que o aluno pudesse desenvolver o raciocínio lógico exigido nas atividades e assimilar os conceitos básicos da programação para depois evoluir para a mediação com o software referente à indústria 4.0 (simulação em 3D), visto que possui mais complexidade no seu manuseio. Os exercícios iniciais envolveram apenas a construção de algoritmos a partir de uma pseudo linguagem (etapa mais elementar da programação), sem a produção do programa em Ladder. O intuito foi criar uma base sólida de conhecimentos de programação em linguagem Ladder para poder manipular o software de simulação em 3D com mais propriedade, uma vez que esse software possui muitas funcionalidades, e eu não queria que as dúvidas sobre os conceitos básicos da linguagem agregassem as dificuldades de manuseio do software.

Nos primeiros exercícios criei enunciados para serem desenvolvidos com papel e caneta, vide Quadro 3, para estimular criatividade, imaginação e abstração. Um resultado dessa dinâmica está ilustrado na Figura 23. Sem o auxílio do software, o aluno necessitou simular o processo mentalmente, exigindo que as habilidades mencionadas fossem desenvolvidas. Já os exercícios finais foram livres, deixando o aluno produzir o enunciado e a resolução do problema

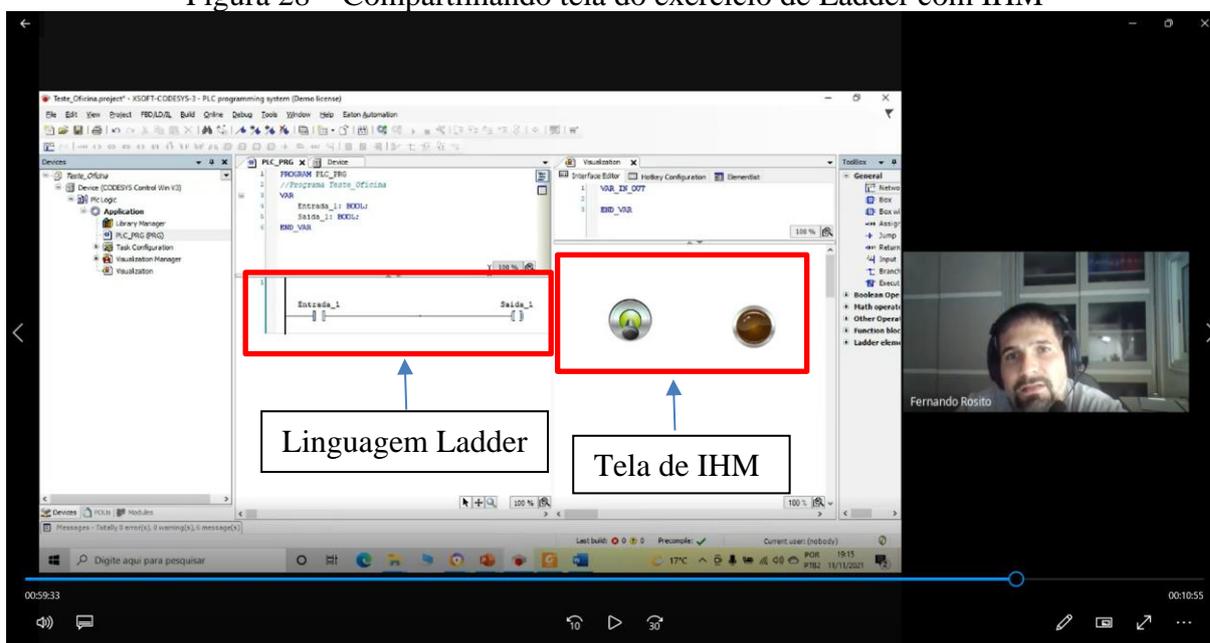
a sua maneira, visto que, segundo Scheller, Viali e Lahn (2014), o estudante é incentivado a exercitar a colaboração e a criatividade ao desenvolver algo de seu interesse e de sua realidade. Dessa forma, eles poderiam utilizar qualquer fonte de inspiração, desde situações publicadas na internet até ideias de algum amigo ou familiar que trabalhe com algum processo que possa ser automatizado. Nesse movimento de construção o aluno pode desenvolver suas habilidades de gestão, relacionando o planejamento, à organização e ao gerenciamento recursos, atividades e projetos, importantes segundo a pesquisa desenvolvida pelo Centro de Inovação Sesi em “*Skills 4.0: Habilidades para a Indústria*” (SESI, 2020). Além disso, eles também puderam, através dos seus conhecimentos adquiridos no curso, pelas suas vivências, pelas suas pesquisas e reflexões, pensar e desenvolver algumas habilidades do PC, importante para os engenheiros, como: resolução de problema; pensamento algorítmico; cooperatividade; pensamento crítico e criatividade (VARELA *et al.*; 2019).

Posto o descrito acima sobre as práticas de aprendizagem por meio de exercícios, a dinâmica em relação a estas ocorria da seguinte forma: inicialmente eu compartilhava a tela do enunciado do exercício e deixava eles resolvendo sozinhos. Durante esse tempo, quem tinha dificuldades perguntava e eu solicitava para que algum aluno respondesse o questionamento. Após todos terminarem, eu resolvia o exercício, de forma expositiva, passo a passo, pedindo a opinião deles, fazendo perguntas e construindo o programa. Por fim, eu pedia que os participantes compartilhassem as telas dos seus computadores com a intenção de que os outros pudessem olhar e comentar, ajudando em algum eventual erro ou alguma melhoria que pudesse ser feita. Dessa forma dava para perceber se alguém tinha resolvido de outra maneira o mesmo problema. A Figura 28 apresenta o compartilhamento da minha tela³⁵ na qual eu desenvolvo, juntamente com os alunos, a resolução de um exercício que envolvia a linguagem Ladder. Em uma das janelas da referida figura está destacado o código do programa e na outra janela mostra a tela de IHM (janela que possui um botão e uma lâmpada). O programa funciona de modo que ao modificar algo na IHM, como a mudança de estado do botão (de desligado para ligado), deve ocorrer uma mudança na janela do programa, indicando se o funcionamento está correto ou não. Essa dinâmica referente tinha o intuito de habilitar os alunos a desenvolverem as habilidades do PC, além de mobilizá-los a realizar a mediação pelos dispositivos informáticos e a incentivá-los a interagir socialmente, reverberando as teorias de Papert e Vygotsky. As ideias de Vygotsky aliadas as de Papert indicam que o professor precisa atuar como mediador, incentivando e orientando seus estudantes por meio de recursos informáticos e interação social,

³⁵ Nesta tese houve o cuidado de não utilizar imagens ou escritas que pudessem revelar a identidade dos participantes.

a fim de que as ações por eles realizadas, possam ter potencial de desencadear movimentos de internalização, tornando-os autores de suas aprendizagens. Para esses autores, o educador precisa ser um mediador no sentido de facilitador do processo de ensino e aprendizagem, propondo atividades e tarefas significativas ao aprendiz em seu contexto social-histórico-cultural que instiguem o aluno a construir novos saberes. Como resultado, o discente desenvolve sua autonomia, criatividade e uma condição de sujeito ativo (DUARTE *et al.*, 2019).

Figura 28 – Compartilhando tela do exercício de Ladder com IHM

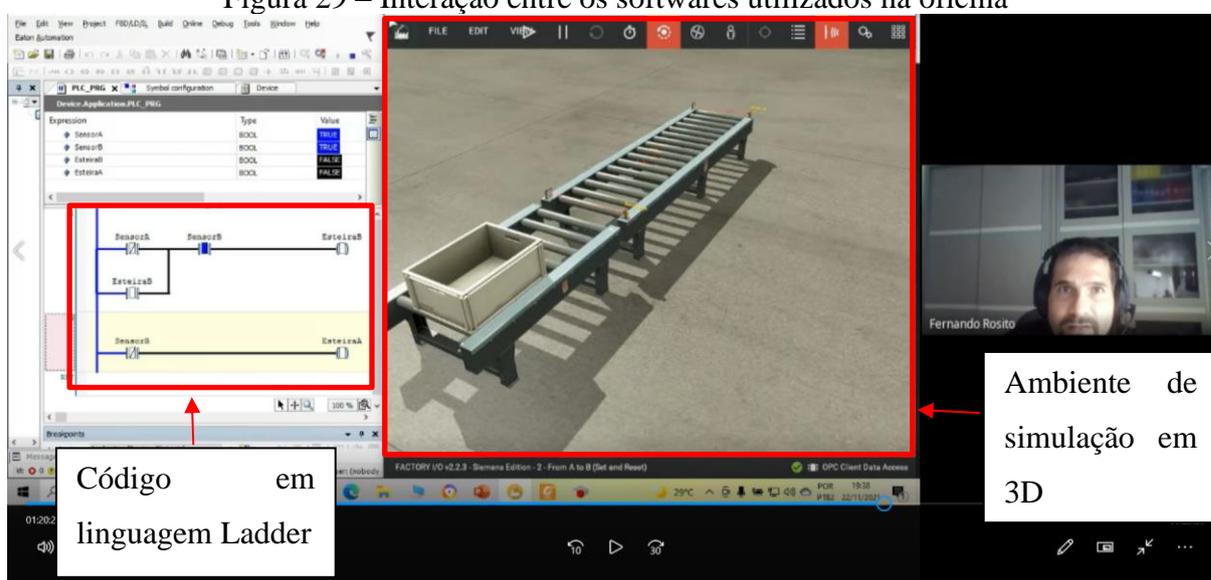


Fonte: Videoconferência da oficina (2021) com anotações do autor.

À medida que a turma ia tendo mais facilidade com os problemas propostos, se apropriando dos conceitos envolvidos, eu ia dificultando os exercícios, no sentido de propor novos desafios, adicionando variados recursos de programação (mais botoeiras, sinalizadores, sensores, componentes dentro da tela de IHM, lógicas de programação, etc.), ao ponto de conseguirmos interagir mais com o software de simulação em 3D (tema importante para a pesquisa). Pela comunicação dos softwares manipulados na oficina, os alunos conseguiam programar o CLP em linguagem Ladder no ambiente em 3D. Assim, era possível visualizar uma animação de ambientes industriais, verificando a programação realizada em Ladder. A Figura 29 apresenta destacados os dois ambientes: na janela do lado esquerdo da figura está o software que contém a programação (código em linguagem Ladder), e na janela central está o software de simulação em 3D, possibilitando a animação de um processo da indústria. Essa atividade foi importante porque mostrou aos alunos um ambiente industrial e, conforme a

pesquisa de Mohtadi, Kim e Schlosser (2013), para motivar e encorajar a criatividade dos alunos, o professor precisa desenvolver desafios reais de engenharia. Esse processo também teve o objeto de desenvolver as habilidades técnicas, importantes para o engenheiro na indústria 4.0, promovendo a utilização de tecnologias e ao emprego específico destas no dia a dia empresarial (SESI, 2020). Logo, os ambientes de aprendizagem baseados em práticas colaborativas tiveram o intuito de desenvolver qualidades importantes para um engenheiro que será inserido em um contexto da indústria 4.0 como o desenvolvimento da inteligência intrapessoal e da inteligência interpessoal, além de possibilitar o desdobramento de competências funcionais, comportamentais e sociais dos estudantes.

Figura 29 – Interação entre os softwares utilizados na oficina



Fonte: Videoconferência da oficina (2021) com anotações do autor.

Durante toda a oficina a troca de conhecimento através do diálogo entre os alunos, das minhas provocações e questionamentos sobre os temas/problemas fez com que a turma interagisse mais uns com os outros, promovendo uma dinâmica de relacionamento interpessoal interessante. Devido a essa interação da turma, o roteiro inicial planejado para a aula foi modificado constantemente. Deste modo, cada encontro era diferente do planejado. Por isso, para contemplar todo o conteúdo da oficina, foram necessários realizar quinze encontros online, ao invés dos dez planejados. Muitas aulas tiveram diálogos intensos e, como mediador, não interrompia as falas por entender que as conversas fazem parte do aprendizado e da construção do conhecimento.

Por fim, a seleção do CLP, da linguagem Ladder e da simulação em 3D para desenvolver a oficina foi resultado da minha percepção como pesquisador diante dos estudos realizados e

das possibilidades do momento, processo oriundo da transposição informática. Também cabe ressaltar que a estrutura da oficina foi alterada conforme o andamento dos encontros, levado em conta a interação e os perfis dos alunos.

As dinâmicas dos encontros exercidas na oficina, desenvolvendo as práticas pedagógicas no ambiente de aprendizagem com o intuito de conduzir o saber ensinado, formalizaram o estágio 6 (saber ensinado) dos procedimentos da transposição informática, conforme o Quadro 2. Durante a oficina, eu, além de propor práticas utilizando recursos informáticos, também criei uma atmosfera em que o aluno pudesse construir, ao seu tempo, os conceitos em estudo. A partir de uma postura de mediação, realizando perguntas, instigações, orientações, etc. tive a intenção de promover aos estudantes ambientes dinâmicos aos quais eles conseguissem internalizar o saber ensinado.

3.3 DESENVOLVIMENTO DA COMPOSIÇÃO DO CORPUS

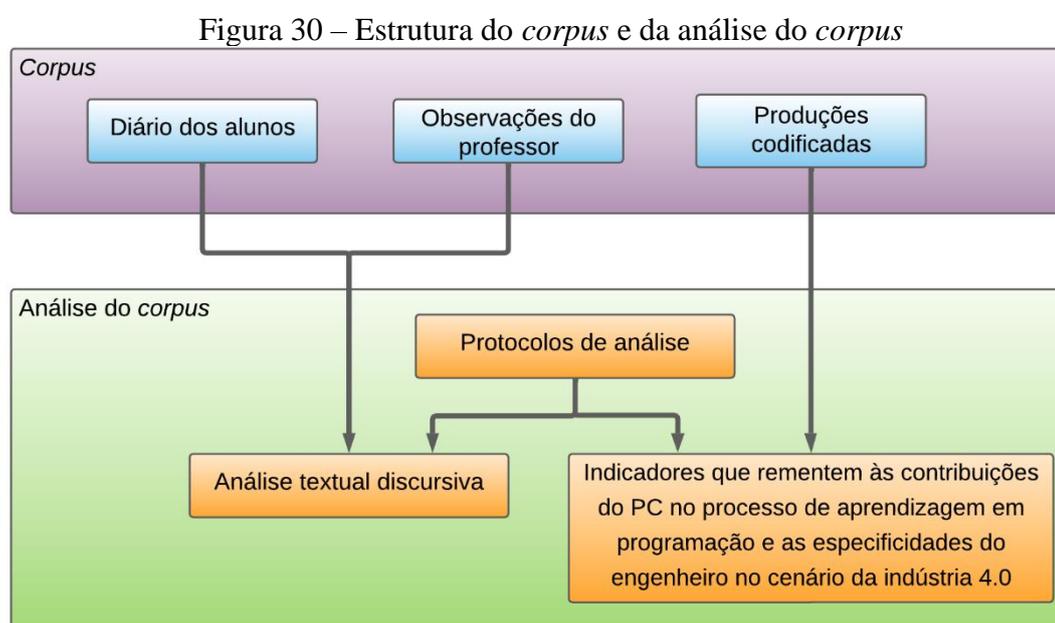
Para a construção do *corpus* de análise foram considerados dados advindos dos diários dos alunos, de suas produções e do registro das minhas observações. Desta forma, pude acompanhar as interações e as produções dos estudantes a cada encontro, verificando seus avanços e suas dificuldades. Portanto, consegui, ao longo da oficina, realizar intervenções pedagógicas, atuando em parceria com os alunos de forma que eles sejam protagonistas nos seus processos de aprendizagem.

3.4 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO CORPUS

Como já descrito, o *corpus* foi constituído por dados advindos dos diários dos alunos, das suas produções na forma codificada (programas para automatizar processos) e das minhas observações durante a oficina. Os textos registrados nos diários e as observações foram analisados com base na ATD, já as produções dos alunos, provenientes das práticas de aprendizagem realizadas ao longo da oficina, foram analisados levando em consideração as contribuições do PC no processo de aprendizagem em programação e as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0. Os resultados combinados pelas análises favoreceram a avaliação da oficina também em termos das decisões da transposição informática (validade das escolhas dos dispositivos para o contexto da indústria 4.0). Nesse caso cita-se, por exemplo, a verificação do uso da linguagem Ladder, juntamente com a simulação em 3D como caminho para a construção de conhecimentos da indústria 4.0 e o desenvolvimento das habilidades do

PC. Essas análises envolveram a articulação dos dados com os norteadores advindos do quadro teórico. Dessa forma, foi possível definir as contribuições da dinâmica de ambiente de aprendizagem, no contexto da evolução tecnológica nas indústrias, tendo como base o processo de transposição informática, respondendo à pergunta de pesquisa.

Para me auxiliar no procedimento de análise, elaborei protocolos, listando elementos importantes retirados do quadro teórico, que foram utilizados como base das investigações do *corpus*. Os protocolos foram reescritos conforme a necessidade do projeto. A Figura 30 ilustra a estrutura do *corpus* e da análise do *corpus*.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

3.4.1 Análise textual discursiva

A ATD³⁶ corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações, de natureza qualitativa, com o objetivo de gerar novas compreensões sobre os fenômenos e discursos analisados (MORAES; GALIAZZI, 2007). É usada como estratégia para interpretação de dados em pesquisas qualitativas. Cabe salientar que em uma pesquisa qualitativa o investigador tem mais interesse pelo processo do que pelos resultados ou produto.

³⁶ A primeira publicação sobre a ATD foi o texto “Uma Tempestade de Luz: a Compreensão Possibilitada Pela Análise Textual Discursiva” (MORAES, 2003) que, posteriormente, compôs o livro Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2007). O livro foi reeditado em duas outras oportunidades em 2011 e 2016 (SANTOS; GALIAZZI; SOUSA, 2017).

A intenção é capturar e compreender a perspectiva dos indivíduos, gerando dados predominantemente descritivos, possibilitando a reconstrução de conhecimentos existentes sobre os temas investigados a partir de uma análise criteriosa desse tipo de informação (BOGDAN; BIKLEN, 1994; MORAES; GALIAZZI, 2007).

O processo de ATD estabelece um ciclo de procedimentos de análise do *corpus* constituído de três elementos principais: 1. unitarização (desconstrução dos textos); 2. categorização; 3. metatextos. De forma resumida, a ATD é desenvolvida, em um primeiro momento, pela fragmentação do *corpus* de análise em unidades de análise. Após, o pesquisador busca estabelecer relações entre as unidades produzidas e gera categorias. A partir desses dados, ocorre a construção de metatextos, que é o objetivo final da ATD. Os metatextos são desenvolvidos a partir da descrição e da interpretação do pesquisador sobre o fenômeno investigado com base nas teorias da pesquisa (MORAES; GALIAZZI, 2007).

Na primeira fase do ciclo, denominado de processo de unitarização, ocorre a desconstrução/fragmentação dos textos tendo como destaque os elementos constituintes, isto é, as produções textuais, ao serem examinadas detalhadamente, são fragmentadas com o objetivo de resgatar os sentidos dos textos em diferentes limites de seus pormenores. Da desconstrução dos textos surgem recortes, denominadas unidades de significado, unidades de análise, ou unidades de sentido³⁷. Cabe ressaltar que é o pesquisador que define como fragmentará os textos, podendo resultar em unidades de análise de maior ou menor amplitude. O processo da unitarização não fica restrito ao que já está expresso nos textos num sentido mais explícito, sendo válidas interpretações do pesquisador que atingem sentidos implícitos, podendo envolver tanto elementos teóricos como empíricos. Unitizar constitui um esforço de interpretação e autoria do pesquisador em relação aos elementos significativos do *corpus* para a pesquisa. Cada unidade de análise constitui um elemento de significado pertinente ao fenômeno que está sendo investigado, sendo importante que o sentido da unidade seja claro e fiel às vozes dos sujeitos da pesquisa (MORAES; GALIAZZI, 2007).

O processo da unitarização, implicando sempre uma leitura marcada por teorias, requer do pesquisador uma tomada de consciência dos pressupostos teóricos que orientam seu processo de análise. O pesquisador necessita justificar os tipos de leituras que realiza em seu exercício de unitarização. Não há leitura neutra e objetiva. Por isto é preciso que o pesquisador indique de que perspectiva faz suas interpretações e leituras (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 39).

³⁷ Nesta tese será utilizada a nomenclatura unidades de análise.

O contexto precisa ser considerado no desmembramento do *corpus*. As unidades de análise geradas oriundas das leituras precisam ser contextualizadas. A contextualização garante que as unidades produzidas tenham relação com os gêneros discursivos nos quais foram produzidas. Logo, o pesquisador pode criar unidades de contexto, que são fragmentos mais abrangentes dos textos que delimitam as unidades de análise. De modo geral, a partir de uma unidade de contexto podem derivar-se várias unidades de análise (MORAES; GALIAZZI, 2007).

O processo de desconstrução permite que o pesquisador possa atingir novas compreensões, uma vez que é possível estabelecer novas relações entre os elementos unitários após tornar caótico o que era ordenado. Nesse sentido, é importante o pesquisador atribuir uma análise rigorosa sobre as produções textuais, desenvolvendo uma leitura cuidadosa, aprofundada e detalhada dos materiais do *corpus*, garantindo, no mesmo movimento, a separação e o isolamento de cada unidade de análise. Leitura essa impregnada dos objetivos do estudo, da pergunta de pesquisa e dos norteadores teóricos considerados. Esse processo pode ser entendido como levar o sistema ao limite do caos. Portanto, a unitarização refere-se a um processo que produz desordem a partir de um conjunto de textos ordenados (MORAES; GALIAZZI, 2007). A partir das unidades de análise, pode-se realizar a segunda fase do ciclo, a categorização.

A categorização, segunda etapa do processo de ATD, visa atribuir a cada unidade de análise um título que representa a ideia central da unidade. A categorização é um processo constante de comparação entre as unidades definidas no processo de unitarização, agrupando os elementos de significação semelhantes, constituindo as categorias. É um movimento que parte da desordem em direção a uma nova ordem, um processo auto-organizado e intuitivo, que instiga a emergência de novas compreensões a partir do caos provocado na etapa anterior. A categorização é uma operação cíclica aos mesmos elementos, resultando em uma construção e reconstrução gradativa do significado de categorias cada vez mais vinculadas aos fenômenos da pesquisa, dependendo, portanto, das aprendizagens do pesquisador em relação ao tema que investiga (MORAES; GALIAZZI, 2007).

De posse das categorias o passo seguinte é um processo recursivo de explicitação de relações entre as categorias para a construção da estrutura de um metatexto, que levará a resposta à pergunta de pesquisa. A produção de argumentos para justificar as relações delas constitui um dos elementos da ATD, e precisa estar articulada aos elementos teóricos do estudo. A partir das categorias que o pesquisador irá produzir as descrições e interpretações que expressarão as novas compreensões possibilitadas pela análise (MORAES; GALIAZZI, 2007).

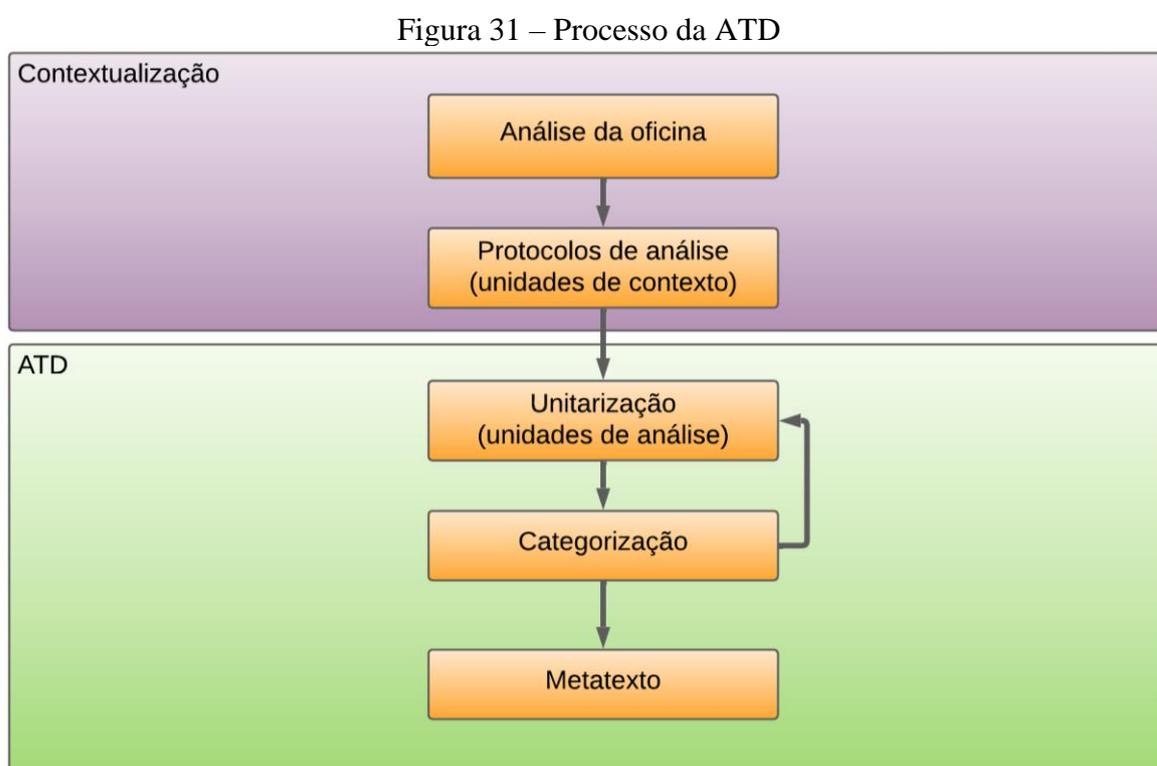
A construção do metatexto é um processo reiterativo de reconstrução e críticas, possibilitando, assim, o pesquisador gerar várias versões, aperfeiçoando-os gradativamente. O objetivo (o produto final) da ATD é a produção de metatexto com base nos materiais do *corpus*. Esse metatexto é organizado a partir das unidades de análise, oriundas da unitarização e das categorias geradas inicialmente. Contudo, este não se constitui em simples montagens, e sim é o resultado de processos intuitivos e auto-organizados (MORAES; GALIAZZI, 2007).

A produção de meta-textos é um processo de construção e reconstrução recursivo, em que o pesquisador, ao mesmo tempo em que constrói uma compreensão mais complexa dos fenômenos que investiga, consegue comunicar os resultados da análise cada vez com maior precisão e qualidade (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 98).

Essa interpretação possibilita que o investigador construa seus próprios questionamentos, argumentos e suas próprias conclusões num movimento de teorização, já que instiga o pesquisador analisar profundamente os dados dos textos, resultando em *insights* (novas ideias). Estes, por sua vez, explicitados com clareza, podem constituir novas teorias, argumentos e desdobramentos sobre os fenômenos investigados.

Diante do exposto sobre a ATD, neste estudo as informações dos diários dos alunos e dos registros das minhas observações oriundas das dinâmicas pedagógicas durante a oficina formaram os textos de análise. Com o intuito de contextualizar as leituras para o propósito da tese, fiz uma análise da oficina a partir das atividades realizadas e dos diálogos desenvolvidos nos encontros, associando-os aos conceitos abordados no quadro teórico. Assim, antes de começar a parte de unitarização, elaborei protocolos de análise para servir como unidades de contexto, direcionando as leituras de investigação. Desta maneira, a unitarização foi realizada com um objetivo definido, baseada nos protocolos, para definir as categorias. Portanto, a partir desses protocolos eu desenvolvi a ATD, fragmentando os textos dos diários e das minhas observações em unidades de análise que tiveram relação ao processo de aprendizagem dos alunos e o objeto de estudo. Isto é, registros que ilustravam problemas, dificuldades, percepções e outras características que expressavam algum indicador de aprendizagem do aluno, seja pela metodologia e prática pedagógica empregado por mim (professor), seja pelo ambiente de aprendizagem desenvolvida na oficina, seja pela tecnologia da indústria 4.0 utilizada, etc. Com base nos contextos, nas unidades de análise e nos conceitos que embasaram este projeto foram elencadas categorias com o intuito de delimitar e direcionar o conteúdo do metatexto. As categorias tinham conexão com as unidades de contexto, sendo essas fontes para a formação das categorias. Logo, nesse processo de leituras e releituras, fragmentação de textos e

categorização, revisitando as unidades de contexto, houveram diversas mudanças nas categorias, em um movimento cíclico e recursivo. A próxima etapa envolveu o desenvolvimento do metatexto. Esse foi escrito a partir da descrição e da interpretação dos dados relacionados às etapas anteriores da ATD (unitarização e categorização), envolvendo as teorias do quadro teórico apresentado. Desta forma, o metatexto correspondeu as articulações do resultado da análise dos dados advindos das produções dos alunos e das minhas observações com outras fontes que nortearam a pesquisa. A Figura 31 ilustra o processo da ATD articulado nesta tese, envolvendo a contextualização e as etapas da ATD.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

3.4.2 Análise das produções codificadas

As produções codificadas que foram analisadas neste trabalho corresponderam aos códigos de programação na linguagem Ladder que continham soluções parciais ou completas de problemas. As práticas de aprendizagem que foram propostas na oficina envolveram situações industriais, os quais os alunos, usando recursos tecnológicos e computacionais da indústria 4.0, tiveram que automatizar. Tais atividades exigiram a programação do CLP a partir da linguagem Ladder, resultando, desta ação, códigos. A linguagem Ladder é considerada uma

linguagem gráfica, e não uma linguagem textual, conforme a norma IEC 61131-3³⁸ (PRUDENTE, 2013; RIBEIRO, 2016). Logo, nesta tese, existiu a necessidade de analisar os arquivos digitais oriundos da oficina, aqui identificadas como produções codificadas (dados não textuais), para investigar a aprendizagem dos alunos e, conseqüentemente, provocar reflexões sobre a dinâmica pedagógica atribuída a oficina.

O processo de análise, segundo Gibbs (2009), sugere algum tipo de transformação. O pesquisador começa com a geração de dados qualitativos e depois os processa por meio analíticos até que se transformem em uma análise clara, compreensível, criteriosa, confiável e original (GIBBS, 2009). Essa transformação, conforme Gil (2008), depende da análise e interpretação, os quais são intimamente relacionados, embora tenham conceitos distintos. A análise tem como intuito organizar e sintetizar os dados de tal maneira que possibilitem ao pesquisador obter respostas ao problema proposto da investigação. Já a interpretação tem como objetivo a procura do sentido mais amplo das respostas mediante sua ligação a outros conhecimentos da pesquisa (GIL, 2008). Conforme Teixeira (2003, p. 191-192):

A análise de dados é o processo de formação de sentido além dos dados, e esta formação se dá consolidando, limitando e interpretando o que as pessoas disseram e o que o pesquisador viu e leu, isto é, o processo de formação de significado. A análise dos dados é um processo complexo que envolve retrocessos entre dados pouco concretos e conceitos abstratos, entre raciocínio indutivo e dedutivo, entre descrição e interpretação. Estes significados ou entendimentos constituem a constatação de um estudo.

O ato de analisar as produções relativas aos códigos teve como objetivo me ajudar a interpretar os dados advindos dos códigos expressos nos programas desenvolvidos, a fim de obter respostas ao problema de investigação dessa tese. A partir dos códigos de programação na linguagem Ladder para o CLP e os demais desdobramentos que foram desenvolvidos (como a produção de telas de IHM e simulação em 3D), eu analisei os programas e as soluções dos exercícios levando em consideração indicadores que remetem às contribuições do PC no processo de aprendizagem em programação e as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0. Também foram observados durante a análise os objetivos, as propostas e aspectos relacionados a programação. Mediante a análise desses dados não textuais identifiquei artifícios da programação Ladder que foram empregados, quais funcionalidades dessa linguagem foram

³⁸ A norma IEC 61131-3:2013 padronizou as linguagens a serem usadas nos CLPs (RIBEIRO, 2016).

implementadas, além de verificar erros e dificuldades dos alunos no desenvolvimento dos exercícios e como eles lidaram com isso.

Para a análise das produções codificadas também foram gerados protocolos, que no caso da análise dos dados representaram as unidades de análises. Esses serviram como norteadores de investigação, identificando os aspectos a serem analisados. Os protocolos para os dados foram definidos embasados nos estudos relacionados previamente nesta tese sobre as contribuições do PC na educação em engenharia. Logo, durante a análise e interpretação dos dados codificados (programas), detive minha atenção aos critérios que remeteram as competências e habilidades relacionadas aos egressos de cursos de engenharia e as tecnologias da indústria 4.0, como, por exemplo: criatividade; inovação; compreensão dos impactos das soluções de engenharia em contextos globais e sociais; e a percepção e manipulação das tecnologias disruptivas (ARAÚJO; SILVA; COSTA FILHO, 2017; SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2019; RAJNAI; KOCSIS, 2017).

Os protocolos de análise dos programas envolveram as peculiaridades do PC que envolveram a organização e sistematização de informações de forma lógica; a representação de dados por meio de abstrações (como modelagem e simulações); a automatização de processos mediante algoritmos, levando em conta uma série de etapas ordenadas; a identificação, análise e implementação de soluções possíveis para otimizar processos e a generalização e transferência de resolução para uma ampla variedade de problemas (padronização) (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011; VICARI *et al.*, 2018; VARELA *et al.*, 2019). Essas unidades de análise corroboram as características de abstração, automação e análise relacionadas por SBC (2017), igualmente com as habilidades de o aluno formular problemas/soluções de processos automatizados de forma que sejam possíveis serem programados no computador; de organizar e analisar informações no programa de forma lógica; de representar as soluções por meio da tela de IHM e simulações (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011; MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016; VARELA *et al.*, 2019). O aluno, ao ser estimulado a praticar as referidas habilidades, consegue desenvolver o raciocínio para resolver problemas de tal maneira que ele consiga ser codificado e executado pelos computadores. Esse conceito pode desencadear o desenvolvimento de processos mentais abstratos, um conjunto de habilidades e técnicas que incluem a decomposição de uma tarefa, o reconhecimento de um padrão, e a formulação de algoritmos para resolver problemas (AFFELDT *et al.*, 2018; MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016).

A partir das unidades de análise outras características do PC puderam ser associadas durante a análise, como as identificadas por Mohaghegh e McCauley (2016): pensamento

lógico, pensamento algorítmico, pensamento eficiente e pensamento inovador. Essas competências dizem respeito: à dedução ou extrapolação de novas informações ou dados de forma lógica e realista com base em um contexto (pensamento lógico); a um processamento de ideias passo a passo, importante na resolução de problemas computacionais (pensamento algorítmico); ao desenvolvimento de algoritmo utilizando o menor número de etapas para solucionar um problema (pensamento eficiente); e ao poder de questionar o que já existe e pensar em solucionar os problemas de forma diferenciada (pensamento inovador).

Sendo assim, a partir dos conceitos e definições adquiridas previamente durante a construção da tese foram elencados os protocolos de análise, tendo como base as características do PC. A partir desses, os dados codificados (programas de computador) foram investigados e interpretados, possibilitando resultar em uma análise clara a respeito da aprendizagem dos participantes da oficina acerca desses atributos elencados. Esta análise foi significativa para responder à pergunta de pesquisa.

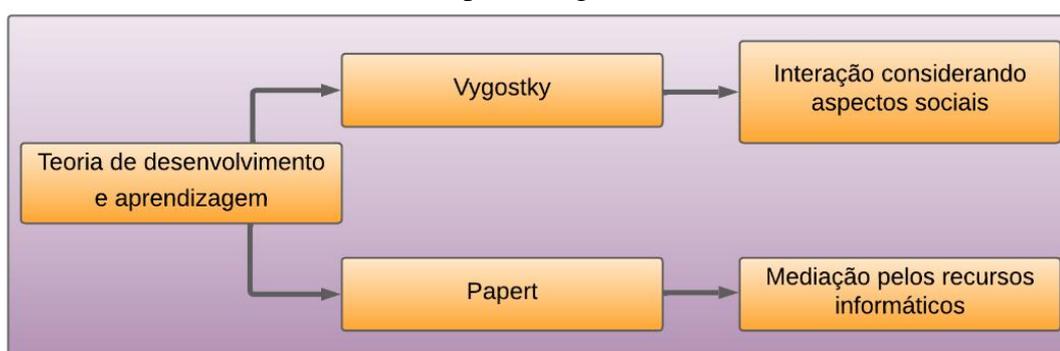
3.4.3 Protocolos de análise

Os protocolos foram formulados com base nas minhas observações e nas atividades realizadas durante os encontros, associando-os aos elementos do quadro teórico. Sendo assim, os protocolos constituíram os tópicos norteadores que direcionaram as leituras e as análises dos dados advindo do *corpus*, isto é, dos diários dos alunos, das suas produções na forma codificada e dos meus registros como professor. Com base nesses protocolos eu tive um direcionamento durante a análise para alcançar o objetivo da pesquisa. Nem todos os elementos listados nos protocolos iniciais foram detectados durante a análise, sendo estes modificados durante as leituras e investigações.

No processo de ATD, os protocolos representaram as unidades de contexto, derivando deles derivaram em unidades de análise, relevantes na unitarização e categorização. No caso das análises dos dados não textuais (códigos), os protocolos foram fundamentais para que eu pudesse analisar de forma criteriosa os programas e identificar o que era significativo para o projeto. Sendo assim, tais elementos foram sendo modificados conforme o progresso da pesquisa. Logo, na Figura 32 estão apresentados os protocolos finais referentes às teorias, que envolvem o desenvolvimento e aprendizagem, e que guiaram as análises das produções textuais. Nesses tópicos, devido a sua importância na pesquisa, foram considerados os aspectos pertinentes ao engenheiro no contexto das tecnologias emergentes, como as competências comportamentais e sociais, referidas por Tessarini Junior e Saltorato (2018). Já na Figura 33

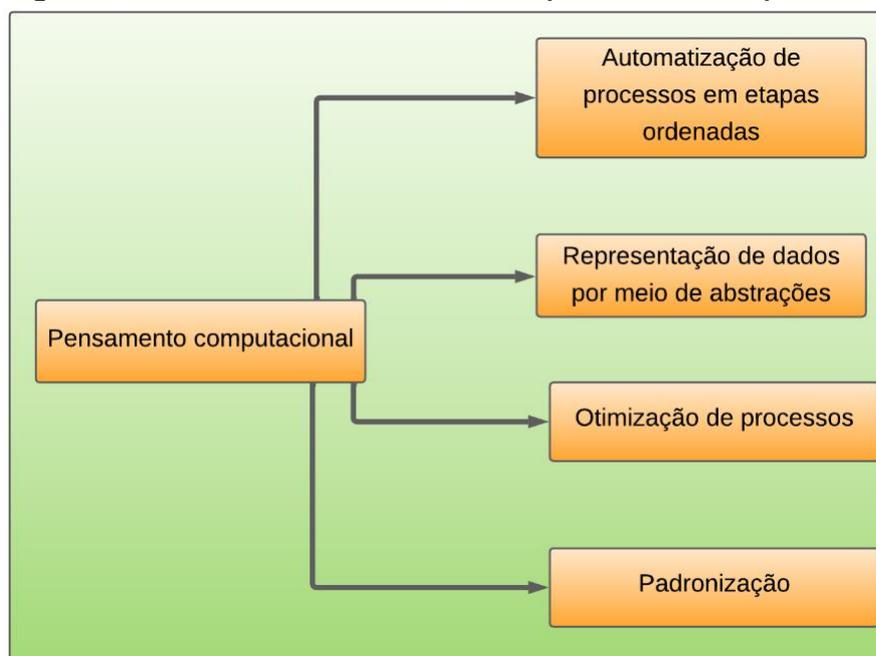
estão elencados os protocolos de análise que foram analisados nas produções codificadas dos alunos, os quais envolveram os conceitos do PC. Ademais, foram consideradas as habilidades e as competências funcionais relativas as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0, conforme Figura 34 (TESSARINI JUNIOR; SALTORATO, 2018). Assim, durante a análise e interpretação dos textos e dos dados codificados (programas), eu também foquei minha atenção aos critérios que remeteram as competências e habilidades relacionadas aos egressos de cursos de engenharia e as tecnologias da indústria 4.0.

Figura 32 – Protocolos das produções textuais sobre as teorias de desenvolvimento e aprendizagem



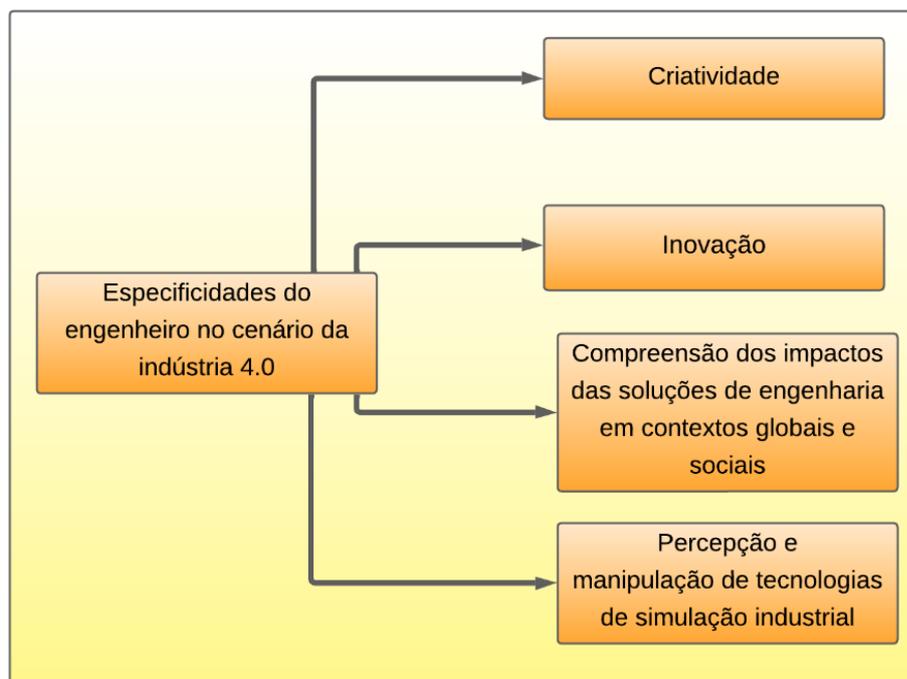
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Figura 33 – Protocolos dos dados sobre o pensamento computacional



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Figura 34 – Protocolos dos dados sobre as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Por se tratar de uma oficina sobre programação de CLP em linguagem Ladder com ênfase em tecnologia da indústria 4.0, e sendo o CLP um instrumento utilizado nas indústrias para automação industrial e estudados em instituições de ensino no curso de Engenharia de Controle e Automação, cabe salientar que o método de pesquisa apresentado neste terceiro capítulo foi elaborado para alunos do referido curso.

Com base na interlocução do material de análise (ideias de Papert e Vygotsky e as contribuições do PC), articuladas às especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0, emergiram reflexões e novos argumentos (teorias) que puderam me ajudar a responder à pergunta de pesquisa, a qual relaciona o desenvolvimento de dinâmicas de aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação no contexto da evolução tecnológica nas indústrias. Portanto, a partir dos protocolos de análise relacionados acima iniciei o processo de análise e interpretação dos dados da pesquisa através das leituras dos textos e análises dos códigos.

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DO CORPUS

A fase da análise e interpretação do *corpus* construído ao longo da oficina teve como propósito identificar as categorias de análise e articulá-las com as teorias abordadas nesta tese, buscando responder à pergunta de pesquisa. Isto é, revelar as estratégias pedagógicas e os norteadores para a criação de dinâmicas de aprendizagem de programação na área de engenharia, levando em conta os aspectos do quadro teórico. Dessa forma, primeiramente eu analisei os códigos em relação aos protocolos de análise, os quais foram criados com base nas peculiaridades emergentes do pensamento computacional, uma vez que esse conceito pode contribuir para o entendimento da programação de CLP pela linguagem Ladder. Também foram consideradas na análise dos códigos as habilidades e as competências funcionais do engenheiro no contexto da indústria 4.0. Posteriormente foram analisados os textos considerando a ATD, que relacionaram as etapas de unitarização, categorização e metatexto. Os textos analisados foram produzidos pelos alunos em seus diários e por mim, através das minhas observações durante a oficina.

4.1 ANÁLISE DOS CÓDIGOS

As produções codificadas desenvolvidas pelos alunos durante a oficina foram analisadas considerando indicadores que remetem às contribuições do PC no processo de aprendizagem em programação e as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0. Ou seja, elementos que materializam no código conceitos, concepções, habilidades ligadas ao PC e ao profissional de engenharia. Os algoritmos, os programas em linguagem Ladder, as produções de telas de IHM e simulação em 3D formaram o conteúdo de análise desta etapa. O PC, como é um conceito importante na área da programação, foi o elemento principal da investigação. Originalmente reconhecido por Papert (1980), o PC compreende habilidades cognitivas e metacognitivas ligadas ao raciocínio para resolver problemas por meio de ações que podem ser executadas pelo computador (VICARI *et al.*, 2018; WING, 2006). Durante a análise, observei as propostas das práticas de aprendizagem realizadas, os objetivos, os erros, os acertos e as dificuldades dos alunos no desenvolvimento das atividades, como também verifiquei os conceitos e as funcionalidades da programação em Ladder que foram empregados pelos alunos. Também investiguei características referentes à criatividade, inovação, compreensão dos impactos das soluções de engenharia em contextos globais e sociais, e à percepção e manipulação de tecnologias de simulação industrial, pois são competências e habilidades

relacionadas aos egressos de cursos de engenharia e às tecnologias da indústria 4.0 (SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2019; TESSARINI JUNIOR; SALTORATO, 2018; ARAÚJO; SILVA; COSTA FILHO, 2017; RAJNAI; KOCSIS, 2017).

Sendo assim, para a análise das produções codificadas utilizei os protocolos criados com base no PC, sendo eles: automatização de processos em etapas ordenadas, representação de dados por meio de abstrações, otimização de processos e padronização, conforme já demonstrados na Figura 33. Também utilizei os protocolos referentes às especificações do engenheiro na indústria 4.0, vide Figura 34. Logo, nessa investigação dos programas, a utilização de funções repetidas em vários exercícios (sinalizando uma padronização de atividades), a produção de códigos mais otimizados, a automatização ordenada passo a passo de processos e a representação por recursos computacionais foram os indicadores do PC no aprendizado dos alunos sobre a programação de CLP. As competências funcionais relativas às especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0, entendidas como aquelas necessárias para o desempenho técnico e profissional, também foram observadas, além de quaisquer habilidades que puderam ser percebidas nas análises dos códigos. A elaboração de algoritmos e de códigos em linguagem Ladder, tiveram caráter exploratório e de trocas de experiências, de forma que o estudante fosse instigado a criar significado e compreensões sobre a programação de CLP.

Cabe salientar que a sistemática da análise se baseou em analisar nos códigos dos alunos a presença de indicadores do PC, sem obedecer a ordem das atividades desenvolvidas nos encontros, nem revelar as concepções textuais individuais e coletivas. Nessa etapa foi realizada uma abordagem de análise específica dos programas, e não dos textos, sinalizando se os conceitos do PC, as habilidades e as competências funcionais foram desenvolvidas. Infere-se que o desenvolvimento dessas características, importantes para o engenheiro, seja resultado da didática e da dinâmica desenvolvida ao longo dos encontros da oficina.

Na oficina foram desenvolvidas vinte atividades por meio de exercícios, elaborados de uma maneira sequencial e gradual em relação ao nível de dificuldade dos conceitos de programação em Ladder. Tais exercícios foram pensados para que os alunos, ao realizá-los, pudessem desenvolver as habilidades do PC. As dinâmicas para a resolução dos exercícios foram criadas para que os aprendizes fossem construindo continuamente as suas habilidades de programação. Inicialmente, foi exigido que os alunos tentassem desenvolver soluções por meio da elaboração de algoritmos. Os algoritmos são fundamentais para formar a base de uma programação, seja de qualquer linguagem. Depois, foram praticados exercícios sem a utilização do computador (apenas com papel e caneta), instigando os alunos a executarem mentalmente

seus códigos de forma lógica e sequencial. Em seguida, os estudantes foram encorajados a aprender as funcionalidades dos softwares de programação, e puderam programar e simular os exercícios por meio do computador. Nessa circunstância, além de conseguirem realizar alterações na lógica, eles puderam visualizar o funcionamento de cada etapa do programa, tanto pela tela que mostrava o código como pela tela de IHM.

Após a apresentação e abordagem de variadas funcionalidades da linguagem Ladder ao longo da oficina, os alunos foram provocados a resolver exercícios com enunciados que indicassem situações de processos industriais mais factíveis, grandiosos e detalhados, por meio da adição de sensores e atuadores que pudessem simular um sistema real de uma fábrica. Logo, em um determinado momento, o software de simulação em 3D foi inserido no aprendizado, representando uma das tecnologias da indústria 4.0. A partir dessa interação com esse software, os estudantes tiveram a experiência de, não só imaginar e simular mentalmente o processo, mas sim de ver as máquinas e todos os componentes industriais se movimentando a partir da execução do programa. Entretanto, em um dos encontros finais da oficina (encontro 11) os estudantes foram desafiados, novamente, a desenvolver algoritmos e a realizar exercícios sem o auxílio do computador para, após, simularem por meio da mediação pelo computador. Essa experiência teve como objetivo fazer com que os estudantes verificassem se o que eles tinham elaborado e simulado mentalmente no papel funcionou como eles esperavam ao executarem o código nos softwares. Assim, eles tiveram a oportunidade, mais uma vez, de perceber o impacto que a mediação pelos recursos informáticos teve em sua aprendizagem de programação. O último exercício do encontro 14 foi com tema livre, provocando os alunos a refletirem sobre os conceitos aprendidos e a utilizarem as suas vivências para inventarem algo de seus interesses. Essa proposição tem relação com Scheller, Viali e Lahn (2014), que sinaliza que o aluno, ao desenvolver algo de seu interesse e de sua realidade, é encorajado a exercitar a colaboração e a criatividade.

Para o melhor entendimento sobre a análise dos códigos, descreve-se de forma sucinta o enunciado de cada exercício e o propósito do conceito principal a ser desenvolvido na atividade.

Exercício 1/2 (exercício 1 do encontro 2) – Elaborar um algoritmo em que uma porta abra de forma automática apenas quando o sistema detectar a presença de uma pessoa. Quando não detectar nenhuma pessoa, a porta deve fechar. Conceito desenvolvido: construção de algoritmo.

Exercício 1/3 (exercício 1 do encontro 3) – Elaborar um programa em linguagem Ladder com papel e caneta (sem o auxílio do computador) referente a um interruptor e uma lâmpada. Conceito desenvolvido: função lógica de negação, ou inversora (NOT).

Exercício 2/3 (exercício 2 do encontro 3) – Elaborar um programa em linguagem Ladder com papel e caneta (sem o auxílio do computador) referente a uma porta de entrada de banco com dois botões de acionamento. Conceito desenvolvido: função lógica OU.

Exercício 3/3 (exercício 3 do encontro 3) – Elaborar um programa em linguagem Ladder com papel e caneta (sem o auxílio do computador) referente a uma furadeira de bancada com dois botões de acionamento. Conceito desenvolvido: função lógica E.

Exercício 1/4 (exercício 1 do encontro 4) – Atividade em grupo. Elaborar junto com a turma, no software de programação de CLP, um programa em linguagem Ladder e a tela de IHM para após realizar a execução pela IHM. Conceito desenvolvido: interação com o software de programação de CLP e construção de uma tela de IHM.

Exercício 1/5 (exercício 1 do encontro 5) – Simular o programa em linguagem Ladder desenvolvido no exercício 1/3 no software de programação de CLP, desenvolvendo uma tela de IHM. Conceito desenvolvido: interação com o software de programação de CLP e construção de uma tela de IHM.

Exercício 2/5 (exercício 2 do encontro 5) – Simular o programa em linguagem Ladder desenvolvido no exercício 2/3 no software de programação de CLP, desenvolvendo uma tela de IHM. Conceito desenvolvido: interação com o software de programação de CLP e construção de uma tela de IHM.

Exercício 3/5 (exercício 3 do encontro 5) – Simular o programa em linguagem Ladder desenvolvido no exercício 3/3 no software de programação de CLP, desenvolvendo uma tela de IHM. Conceito desenvolvido: interação com o software de programação de CLP e construção de uma tela de IHM.

Exercício 4/5 (exercício 4 do encontro 5) – Elaborar e simular um programa em linguagem Ladder no software de programação de CLP para automatizar parte de um processo de fabricação de painéis com várias variáveis. Conceito desenvolvido: desenvolvimento de programa mais elaborado, exigindo a aplicação de diversas lógicas utilizadas nos programas anteriores.

Exercício 1/6 (exercício 1 do encontro 6) – Elaborar e simular um programa em linguagem Ladder no software de programação de CLP, desenvolvendo uma tela de IHM, para ligar e desligar um motor que gira em um único sentido. Conceito desenvolvido: lógica de selo, e bobinas de saída set e reset.

Exercício 1/7 (exercício 1 do encontro 7) – Elaborar e simular um programa em linguagem Ladder no software de programação de CLP, desenvolvendo uma tela de IHM, para ligar e desligar um motor que gira em dois sentidos. Conceito desenvolvido: lógica de intertravamento.

Exercício 1/8 (exercício 1 do encontro 8) – Atividade em grupo. Montar junto com a turma, no software de ambiente em 3D, um processo industrial de uma esteira que leva caixas até o seu final. Depois elaborar o programa em Ladder no software de programação de CLP e realizar a comunicação dos dois softwares para simular em 3D. Conceito desenvolvido: interação com o software de programação de simulação em 3D, comunicação entre os softwares e simulação de um processo em 3D.

Exercício 1/9 (exercício 1 do encontro 9) – Montar um processo industrial de seleção de caixas pequenas e grandes em uma esteira no software de ambiente em 3D. Conceito desenvolvido: interação com o software de programação de simulação em 3D.

Exercício 1/10 (exercício 1 do encontro 10) – A partir do processo industrial de seleção de caixas pequenas e grandes em uma esteira do software em 3D, elaborar um programa em linguagem Ladder no software de programação de CLP para automatizar o processo. Conceito desenvolvido: comunicação entre os softwares e simulação de um processo em 3D.

Exercício 1/11 (exercício 1 do encontro 11 – parte 1) – Elaborar um algoritmo para automatizar um sistema que inspeciona caixas em uma esteira. Após elaborar um programa em linguagem Ladder com papel e caneta (sem o auxílio do computador) a partir do algoritmo realizado. Conceito desenvolvido: construção de algoritmo, temporizador.

Exercício 1/11 (exercício 1 do encontro 11 – parte 2) – Simular o programa em linguagem Ladder desenvolvido no exercício 1/11 – parte 1 no software de simulação em 3D, em comunicação com o software de programação de CLP. Conceito desenvolvido: comunicação entre os softwares e simulação de um processo em 3D.

Exercício 1/12 (exercício 1 do encontro 12 – parte 1) – Elaborar um programa em linguagem Ladder com papel e caneta (sem o auxílio do computador) para automatizar um sistema que conta caixas em uma esteira. Conceito desenvolvido: contador.

Exercício 1/12 (exercício 1 do encontro 12 – parte 2) – Simular o programa em linguagem Ladder desenvolvido no exercício 1/12 – parte 1 no software de simulação em 3D, em comunicação do software de programação de CLP. Conceito desenvolvido: comunicação entre os softwares e simulação de um processo em 3D.

Exercício 1/14 (exercício 1 do encontro 14) – Elaborar e simular um programa em linguagem Ladder no software de programação de CLP, desenvolvendo uma tela de IHM, para

ligar uma lâmpada que deve piscar a quantidade de vezes escolhida pelo usuário. Conceito desenvolvido: contador, temporizador e construção de uma tela de IHM.

Exercício 2/14 (exercício 2 do encontro 14) – Tema livre: Elaborar um problema para ser resolvido, montar o processo industrial no software 3D, desenvolver o programa em linguagem Ladder no software de programação de CLP e simular no ambiente em 3D. Conceito desenvolvido: interação com o software de programação de CLP, comunicação entre os softwares e simulação de um processo em 3D.

4.1.1 Automatização de processos em etapas ordenadas

Neste subtópico analisei se os alunos conseguiram, por meio dos códigos desenvolvidos sobre os exercícios apresentados como práticas de aprendizagem, automatizar os processos em etapas ordenadas, com organização e sistematização de informações de forma lógica, além de verificar se os estudantes declararam as variáveis, colocaram nomes adequados nos contatos da programação indicando o que elas representavam, e se inseriram comentários ao longo código, facilitando o seu entendimento.

A construção de algoritmo é considerada uma etapa anterior à programação em uma determinada linguagem, logo achei importante praticar esse conceito na oficina. O algoritmo deve conter um conjunto de instruções, sem uma linguagem de programação definida, mostrando as etapas ordenadas e lógicas a serem executadas para resolver o problema. Nesse sentido, o algoritmo é elaborado para ser a base de uma programação, e não a programação em si, podendo este ser desenvolvido por meio de representação textual ou gráfica (MANZANO *et al.*, 2015; MANZANO; OLIVEIRA, 2016; MATHIAS, 2017). Segundo Mathias (2017), há três formas de representar um algoritmo: a descrição narrativa, o fluxograma e o pseudocódigo. Durante a oficina, o algoritmo foi apresentado pela descrição narrativa, uma representação textual e sequencial em linguagem natural, e pela representação de fluxograma, em que as etapas do processo são desenvolvidas de maneira lógica por meio de formas geométricas que implicam em ações. A representação por pseudocódigo não foi explicitamente apresentada, visto que é textual e mais específica e, também, porque a linguagem Ladder é uma linguagem gráfica. O pseudocódigo compete em uma organização de dados mais complexa em relação as outras duas anteriores e demandaria mais encontros para desenvolver essa representação. O pseudocódigo também é chamado de linguagem estruturada, relacionando as declarações das variáveis e seus respectivos tipos, além de possuir instruções e comandos similares aos usados em linguagens de programação textual (MATHIAS, 2017). Como ela abarca alguns conceitos

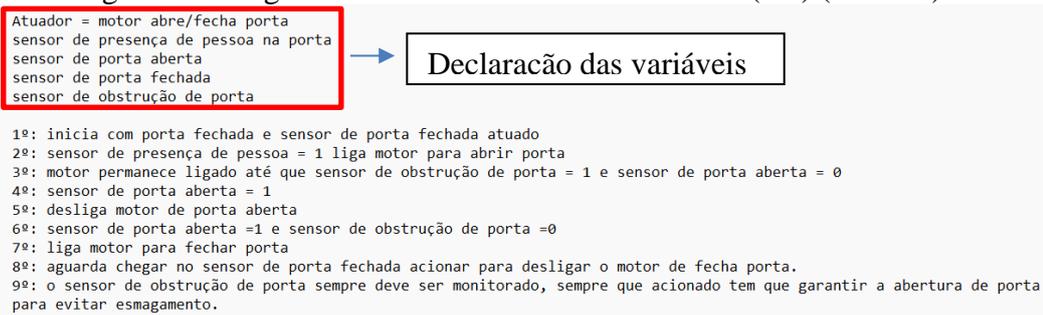
importantes para a programação em Ladder, como a declaração das variáveis e seus tipos, foram abordados alguns pontos da representação de pseudocódigo nos encontros.

Em dois encontros (2 e 11) a elaboração de algoritmos foi exigida dos alunos. Essa estratégia foi utilizada para que eles pudessem estudar esse conceito no início e revisar o tema no final da oficina. Pela minha análise, no primeiro exercício da oficina, referente ao algoritmo, percebi que um estudante (aluno C) desenvolveu pela representação de descrição narrativa, vide Figura 35. Além da declaração das variáveis no início do algoritmo, como marcado em vermelho na Figura 35, ele ordenou as etapas de forma coerente e sequencial em nove etapas. Dois estudantes resolveram utilizar seus conhecimentos de programação adquiridos de outras linguagens para elaborar o algoritmo, formando um pseudocódigo, como revelam a Figura 36 (aluno A) e a Figura 37 (aluno B). Ambos declaram as variáveis do processo e utilizaram instruções “if”, “while”, “se”, sendo algumas delas destacadas em vermelho nas referidas Figura 36 e Figura 37. Todavia, os aprendizes que desenvolveram algoritmos, majoritariamente, escolheram fazê-los no formato de fluxograma, como constatados nas Figuras 38 a 43. O aluno B, que no início da oficina utilizou um pseudocódigo (vide Figura 37), no exercício 11 escolheu utilizar o fluxograma, conforme a Figura 38, no qual também utilizou condicional, mas não realizou a declaração das variáveis como ele tinha feito no exercício 1/2. O aluno D já utilizou a representação de fluxograma nos dois exercícios (2 e 11 – parte 1), declarando as variáveis e utilizando condicionais (representadas pelas perguntas através dos losangos) assinalados em vermelho nas Figura 39 e Figura 40. Já o aluno E, conforme as marcações em vermelho nas Figura 41 e Figura 42, utilizou condicionais em seus dois exercícios, porém não declarou as variáveis no exercício 1/11 – parte 1). Finalizando, a Figura 43 mostra a resposta do aluno F referente ao exercício 1/2, que apresenta as condicionais e as declarações das variáveis como assinaladas em vermelho na referida figura. A criação de regras simples para resolver cada subproblema encontrado, por meio de condicionais, por exemplo, fazem parte da formulação de algoritmos, que é considerada um dos pilares do PC para a resolução de problemas (VICARI *et al.*, 2018). Assim, percebi uma organização sequencial em todas as representações dos algoritmos dos estudantes.

Pela análise realizada acima, na maioria dos exercícios supracitados, os estudantes declararam as variáveis do processo e/ou usaram rotinas e uma sequência lógica e ordenada nos algoritmos, além de utilizaram de processos decisórios (condicionais) com loops de repetições. Apesar dos atributos positivos, senti falta, em alguns casos, de um pouco de capricho na caligrafia e de uma melhor resolução das imagens, pois isso dificultou a leitura. Entretanto, observei que, ao final da oficina, que o conceito de algoritmo foi entendido pelos alunos com

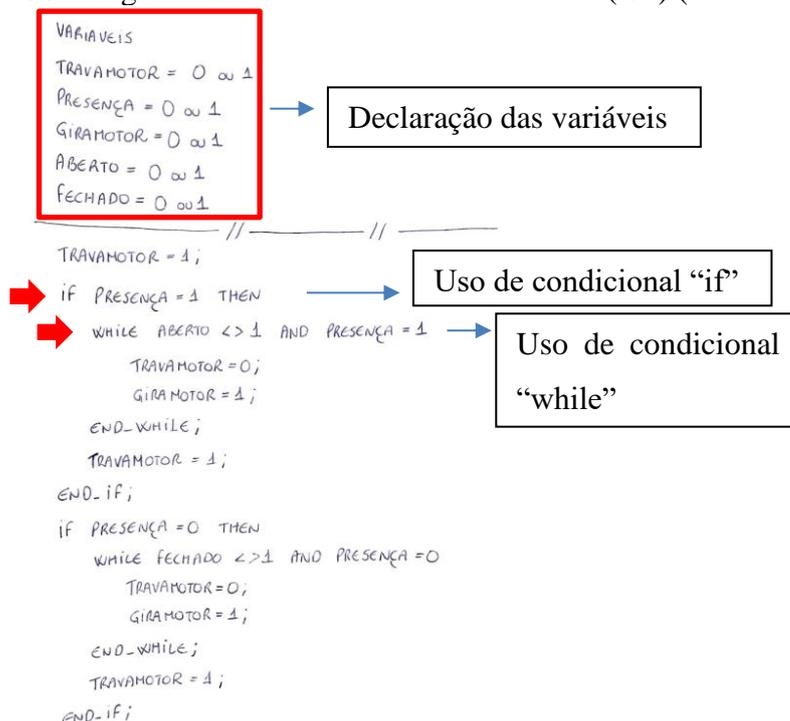
base na estrutura que eles construíram e desenvolveram as respostas dos exercícios. Dessa forma, os estudantes conseguiram desempenhar o pensamento algorítmico, importante para a programação e fundamental ao PC, emergindo a ideia de processamento passo a passo (pensamento estratégico), importante na resolução de problemas computacionais, especialmente em problemas repetitivos (MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016).

Figura 35 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno C)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 36 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno A)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 37 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno B)

```

variaveis:
//*****//
var sensor_curto_motor

var sensor_presenca_1
var sensor_presenca_2

var sensor_fechado
var sensor_aberto

var atuador_liga
var atuador_desliga
//*****//

//*****//
Inicio
begin
  proc_InicializarSistema()

  enquanto(true)
  begin
    se sensor_presenca_1 ou sensor_presenca_2 = verdadeiro entao
    proc_abrirPorta();
    senao
    proc_fecharPorta();
    end;
  end;

  proc_acionaMotor(dir);
  begin
    se dir = abrir entao
    .....
    senao
    .....
    end
  end
  proc_pararMotor();

  proc_fecharPorta();
  begin
    se (sensor_curto_motor) entao
    acionaMotor(fechar);
    end
  end
  proc_abrirPorta();
  begin
    se (sensor_curto_motor) entao
    acionaMotor(Abrir);
    end;
  end;
  proc_InicializarSistema();

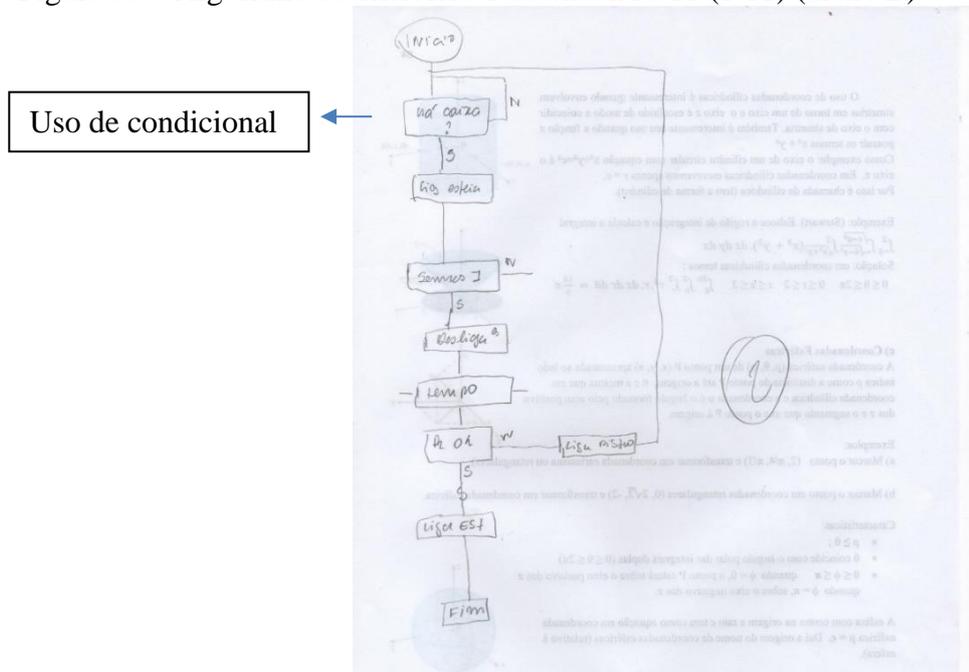
```

Declaração das variáveis

Uso de condicional "se"

Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Figura 38 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 11 (1/11) (aluno B)

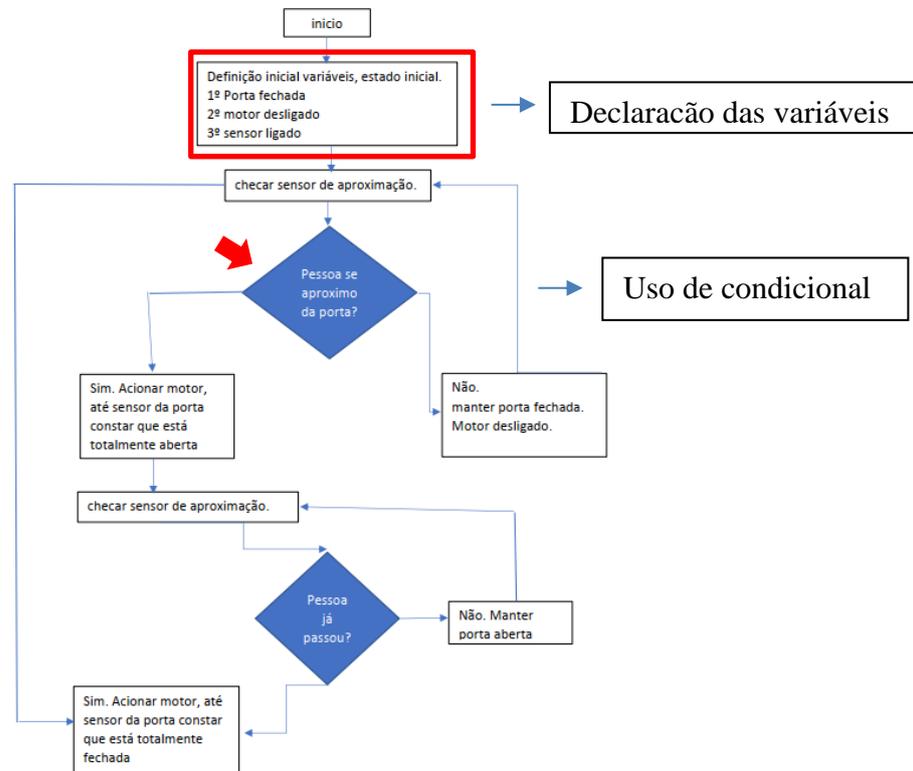


Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Figura 39 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno D)

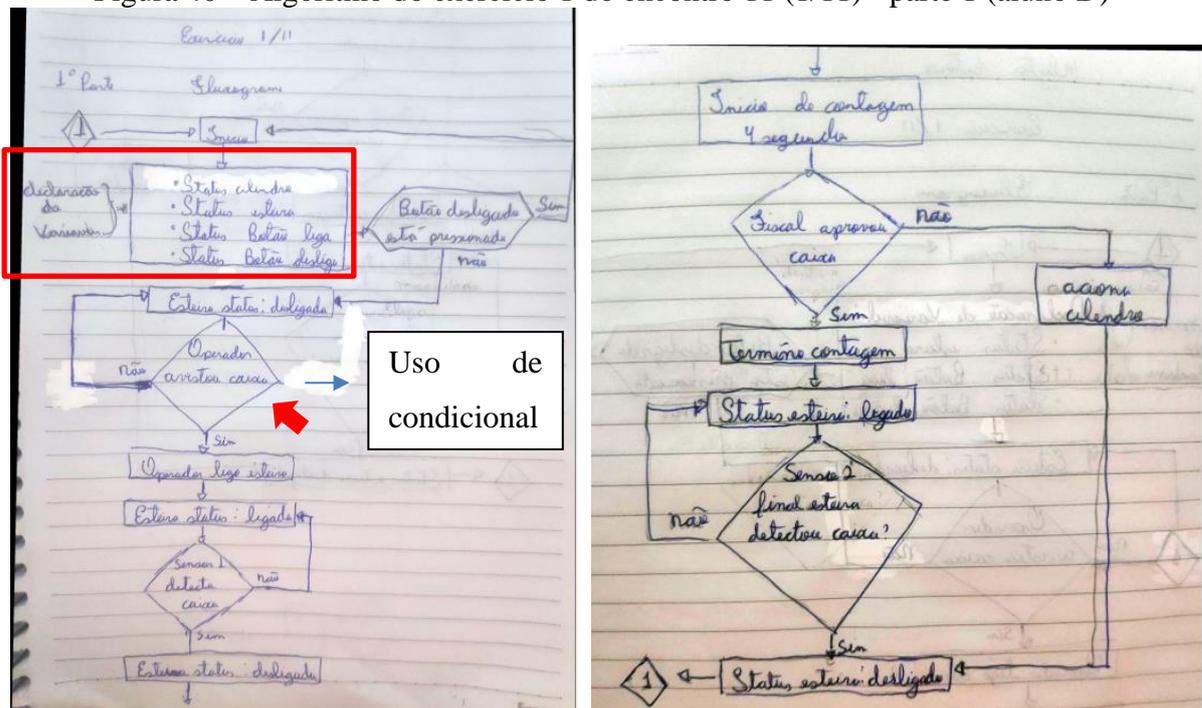
Título: Porta automática.

Variáveis: status sensor de aproximação, status sensor porta, estado motor:



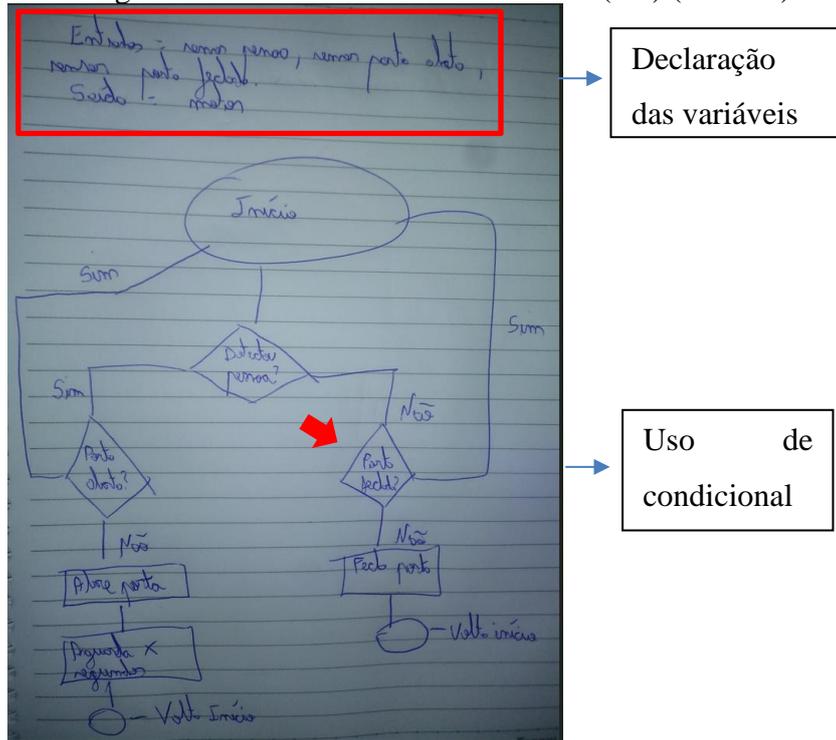
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 40 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 1 (aluno D)



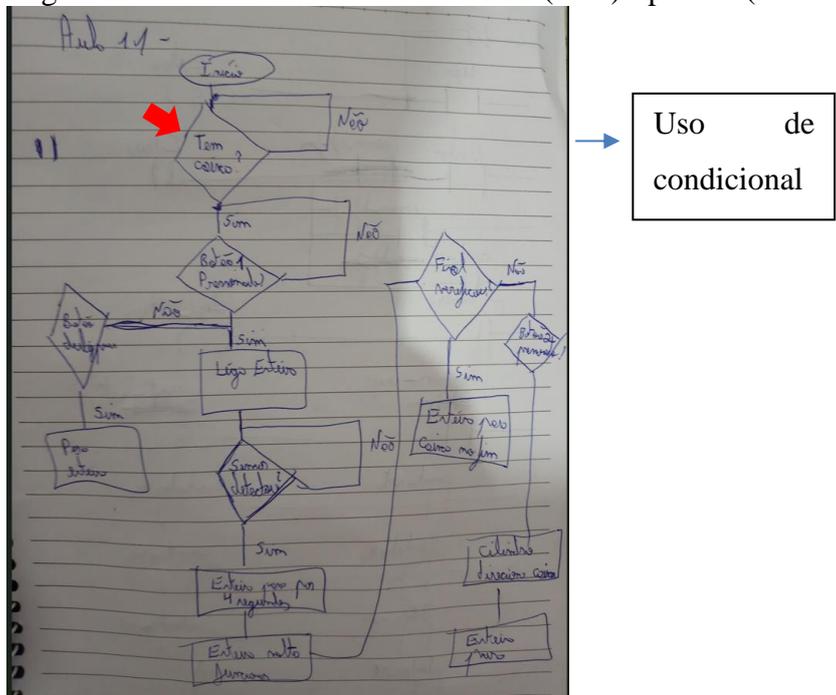
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 41 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno E)



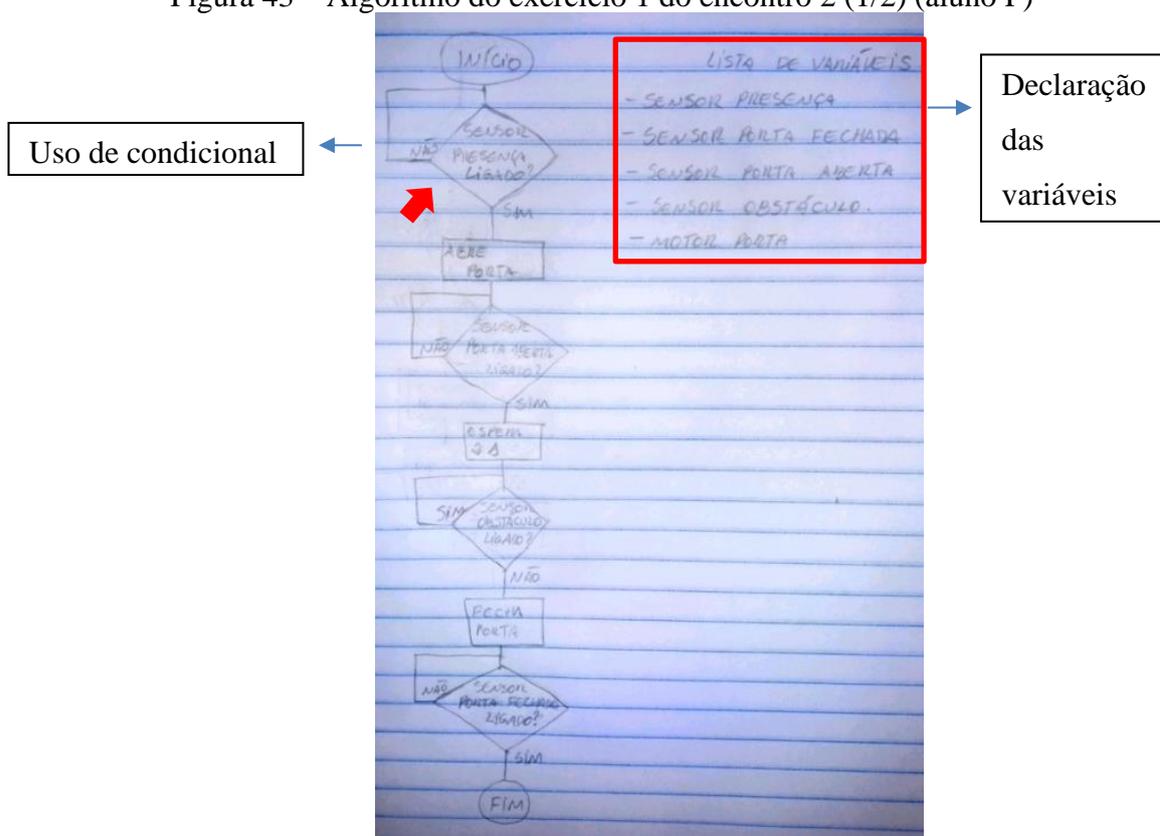
Fonte: *Corpus da pesquisa (2021)* com anotações do autor.

Figura 42 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 1 (aluno E)



Fonte: *Corpus da pesquisa (2021)* com anotações do autor.

Figura 43 – Algoritmo do exercício 1 do encontro 2 (1/2) (aluno F)



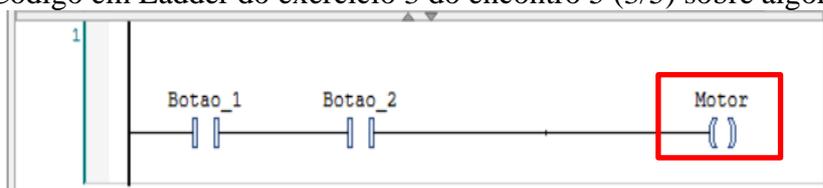
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Em relação as nomenclaturas³⁹ e a inserção de comentários nos programas, os alunos não tiveram um bom desempenho, pois nem sempre eles colocaram nomes nas variáveis, e quando colocavam, nem sempre eram nomes sugestivos ao que os componentes representavam. Nos enunciados havia uma observação para que eles escrevessem os nomes das variáveis nos contatos utilizados no programa. Já, sobre os comentários, foi apenas mencionado verbalmente, mas não exigido explicitamente nos problemas propostos. No entanto, foi mostrado em aula como inserir os comentários nos códigos elaborados no software. Os comentários são interessantes para que o código fique mais compreensível para quem estiver lendo e interpretando. Essas funcionalidades são importantes para organizar o código, visto que sem eles, a pessoa que irá estudar o programa não terá referências do que representa cada elemento do código, dificultando o seu entendimento. Logo, além de o programa ter etapas ordenadas, é fundamental que também esteja com as variáveis devidamente descritas. Por essa razão as nomenclaturas e os comentários foram analisados nessa etapa da pesquisa. Para exemplificar a análise, cito o código do aluno F, conforme Figura 44, que em sua programação em linguagem

³⁹ As nomenclaturas tratam dos nomes que os alunos dão aos identificadores do programa que representam às variáveis do processo.

Ladder nomeou uma saída com o nome de “Motor”, destacada em vermelho na referida figura. O enunciado trata de um acionamento de uma furadeira de bancada. Logo, o nome mais sugestivo para esse contato no programa em Ladder seria “furadeira”, e não “motor”. A nomenclatura das variáveis no programa e a inclusão de comentários é um aspecto importante para o entendimento do programa por terceiros e pelo próprio programador numa situação futura.

Figura 44 – Código em Ladder do exercício 3 do encontro 5 (3/5) sobre algoritmo (aluno F)

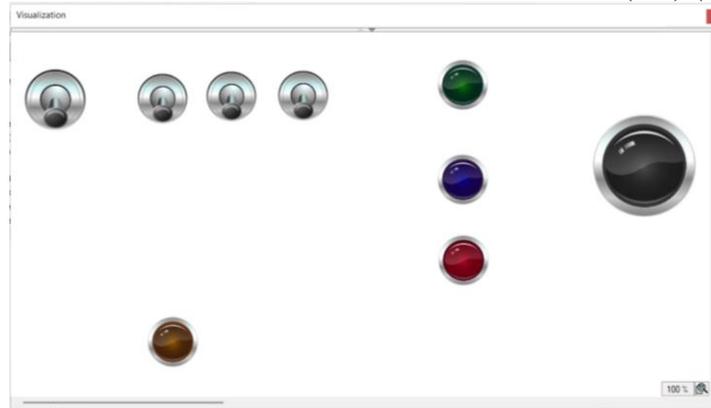


Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com marcação do autor.

Referente a organização da estrutura do programa em Ladder de forma lógica e sequencial, verifiquei que os alunos conseguiram atingir este requisito. O caso do aluno D ilustra sua evolução sobre seu aprendizado e sua organização dos códigos dos exercícios 4/5 e 1/11. No enunciado do exercício 4 do encontro 5 (4/5), sobre um processo de fabricação de painéis por estampagem, a sequência de operações começava pelo operador que colocava a chapa embaixo da prensa vertical (cilindro hidráulico) e um sensor da máquina que detectava essa chapa. Outro sensor detectava se o operador estava próximo da máquina para habilitar o funcionamento do processo. Logo, após o operador se afastar, o cilindro era acionado automaticamente, descendo. Um terceiro sensor detectava se o cilindro tinha descido até o seu ponto final. Nessa etapa o cilindro subia e retornava a sua posição inicial, automaticamente. Por fim, o operador se aproximava da máquina, retirava a panela e colocava outra chapa, iniciando outro ciclo do processo de estampagem. O problema solicitava também que o estudante elaborasse uma tela de IHM para facilitar a execução do processo. A resolução do aluno D para esse exercício teve alguns problemas. Começando pela tela de IHM, ilustrada na Figura 45, a qual não há nenhuma nomenclatura nos contatos, dificultando a simulação do processo. A Figura 46 mostra o código do aluno D, que possui alguns erros. Durante a simulação do programa da Figura 46 foi identificado que o cilindro não subia e lâmpada de emergência não acionava. No entanto, o estudante adicionou mais elementos que o solicitado, que foi uma lógica de erro e uma lâmpada de emergência. Analisando a sequência de operações do código do aluno, verifiquei que a ordem não está conforme o enunciado. Segundo o solicitado, o cilindro desce, atinge o seu ponto final e sobe, retornando a sua posição inicial. Por fim, o

operador retira a peça. Na Figura 46, como destacado em vermelho, o código do aluno D começa pela lógica que identifica um erro no sistema (o que não tem problema), depois tem a lógica que faz descer o cilindro, após mostra o acionamento da emergência (o que torna um pouco confusa a lógica), na sequência indica o cilindro subindo e, no final, a retirada da peça. Então, o aluno incluiu a informação da emergência no meio da lógica da máquina, dificultando o entendimento da sequência de operações da mesma. Essa “quebra” da sequência do funcionamento da máquina pode confundir a interpretação do leitor. Pelo exercício 4/5 ser pequeno, ainda é possível entender o processo. Todavia, para um sistema mais complexo, a mistura de informações e a ausência de nomenclaturas na IHM pode ser um entrave para o usuário.

Figura 45 – Tela de IHM do exercício 4 do encontro 5 (4/5) (aluno D)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Figura 46 – Código em Ladder do exercício 4 do encontro 5 (4/5) (aluno D)



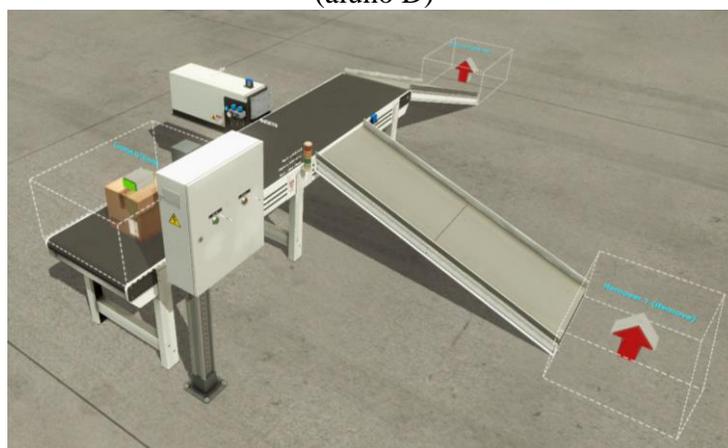
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Contudo, no exercício 1 do encontro 11 (1/11), o aluno D desenvolveu cada etapa do processo de forma organizada e sequencial, melhorando sua estrutura e facilitando o entendimento do código. O cenário para esse exercício foi desenvolvido no ambiente de simulação em 3D pelo próprio aluno e está demonstrado na Figura 47. No enunciado do exercício 1/11, uma caixa era colocada sobre uma esteira e o operador precisava pressionar um botão para ligá-la. Após a esteira estar ligada, a caixa era direcionada para um sensor e, ao ser detectada pelo sensor, a esteira parava por 4 segundos (tempo necessário para um funcionário inspecionar a caixa). Nesses 4 segundos o funcionário poderia rejeitar a caixa, pressionando outro botão, que faria com que um cilindro empurrasse a caixa para uma rampa lateral de descarte, fazendo a caixa passar por outro sensor e parar a esteira. Caso a caixa fosse aprovada, decorrido o tempo dos 4 segundos, a esteira voltaria a funcionar e levaria a caixa para o final do sistema, continuando o processo de análise das caixas.

Para resolver o problema 1/11 descrito acima e exemplificar essa etapa de análise, o aluno D desenvolveu o programa na linguagem Ladder, incluindo todas essas etapas de forma lógica e sequencial. O código elaborado pelo estudante D está apresentado na Figura 48, na qual destaquei em vermelho as etapas do processo para o melhor entendimento da análise. Logo, conforme a lógica sequencial do estudante, a esteira é ligada pelo botão. Depois há a inspeção da caixa durante os 4 segundos, podendo ela ser aprovada ou recusada. Na sequência há a instrução de acionamento do cilindro caso a caixa seja recusada. Concluindo a lógica do programa, a esteira para de funcionar caso a caixa seja rejeitada, finalizando o processo.

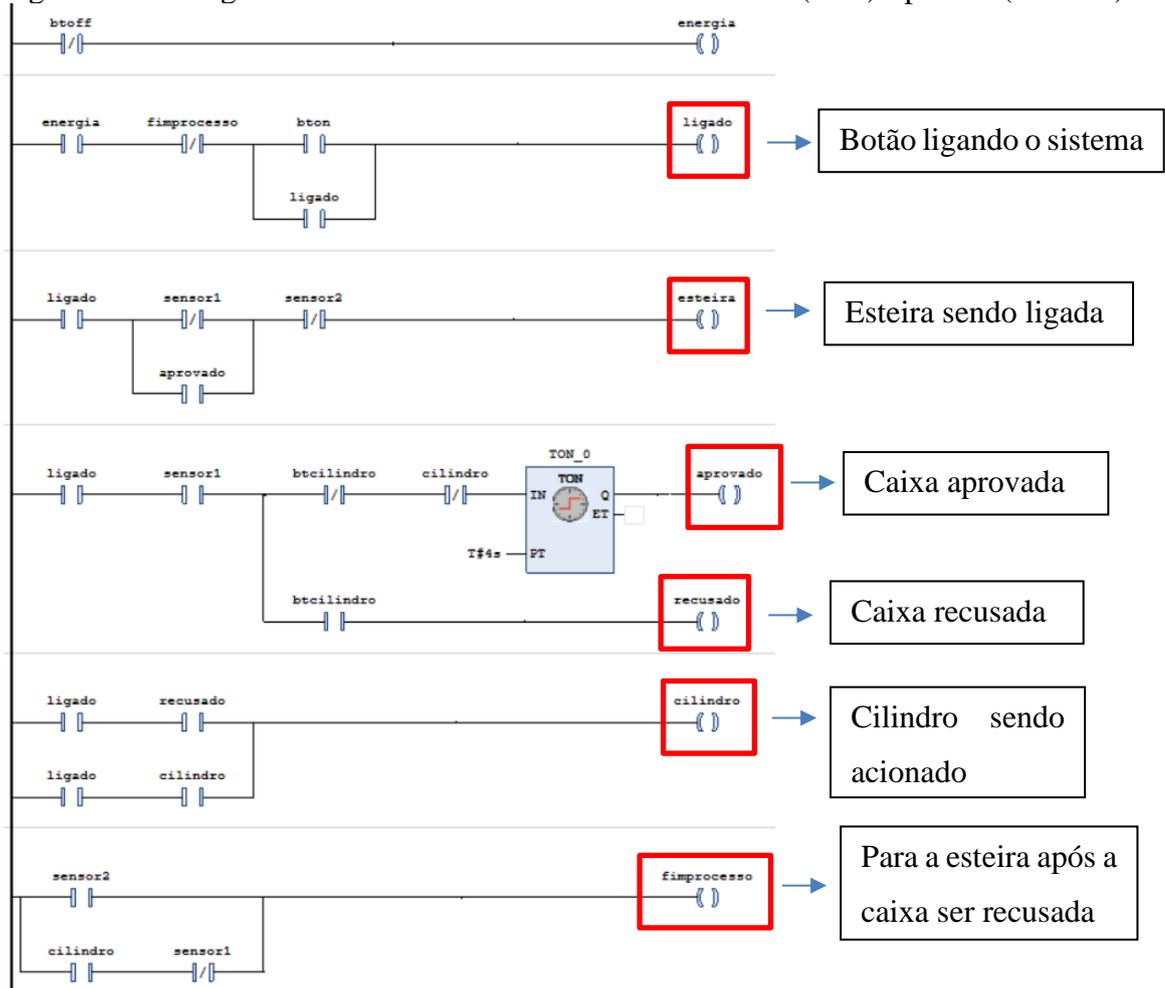
Na análise feita da Figura 48 também percebi que a nomenclatura das variáveis ajudou a entender o funcionamento do programa e, sendo um exercício do final da oficina, infere-se que o aluno D conseguiu assimilar a importância desse processo de nomeação dos contatos.

Figura 47 – Ambiente de simulação em 3D do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 2 (aluno D)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Figura 48 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 11 (1/11) - parte 2 (aluno D)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Outro exemplo sobre a organização do código pode ser representado pelo aluno B. No exercício 1 do encontro 12 os alunos tiveram que resolver um exercício sobre a contagem de caixas de uma esteira. O enunciado sinalizava que ao pressionar o botão de liga, a esteira era acionada. Após, caixas eram colocadas na esteira e eram levadas até o final dela, a qual tinha uma rampa de descarte (que possibilitava ir para outro setor). No entanto, no meio da esteira tinha um sensor que contava o número de caixas que passava por ela e, ao chegar a quatro caixas, o sistema teria que parar automaticamente e uma lâmpada teria que ser acionada, avisando o operador que o processo parou. O sistema só começaria novamente quando o operador pressionasse um segundo botão que zerava a contagem e, após, pressionasse o botão de liga. Também foi solicitado um terceiro botão que poderia parar o processo a qualquer momento (zerando a contagem de caixas). Essa prática de aprendizagem foi dividida em duas partes. Na primeira os alunos tinham que resolver o código no papel, e na segunda eles tinham que simular esse código no software de simulação 3D. O aluno B não entregou o seu código

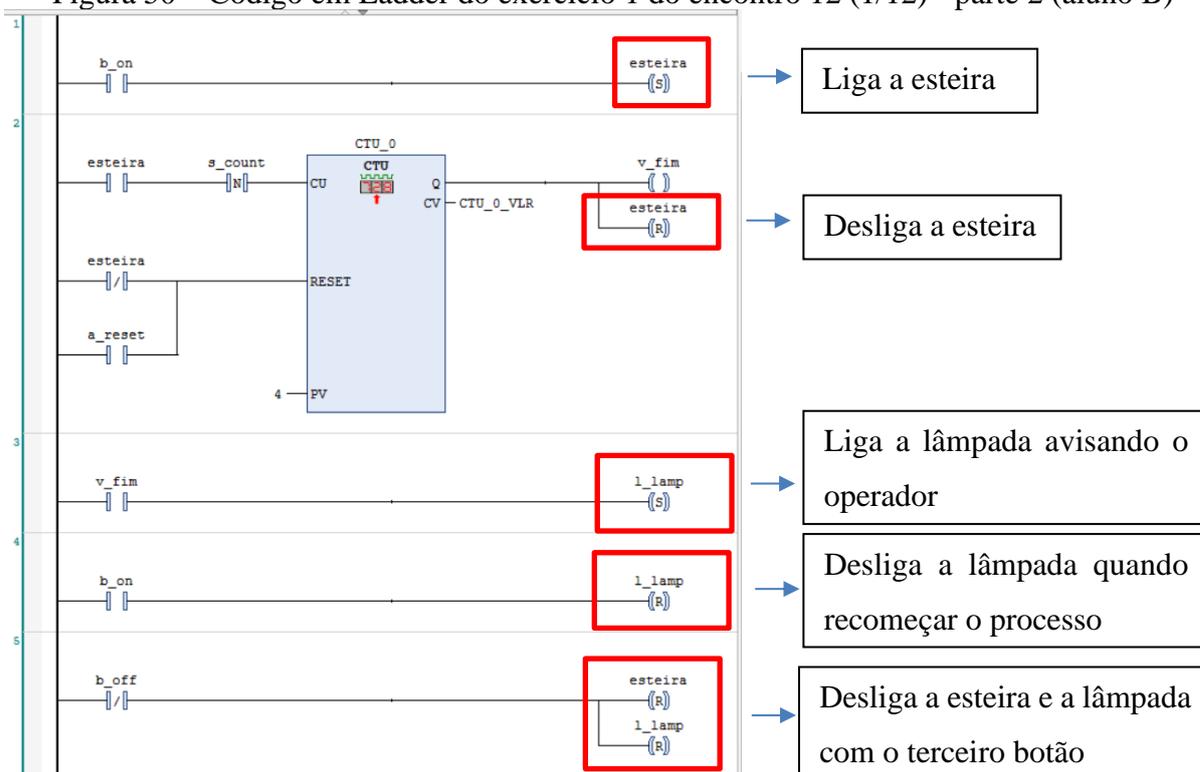
elaborado no papel, ele apenas enviou o cenário que ele elaborou para esse exercício, representado na Figura 49, e o código para a simulação, conforme a Figura 50. Na referida Figura 50, destacado em vermelho, é possível visualizar que a primeira etapa do código do aluno é ligar a esteira. Depois ocorre a contagem das caixas e, ao contabilizar quatro caixas, a esteira para. Imediatamente, a lâmpada é ativada para sinalizar o operador. Essa lâmpada é desligada quando o botão de liga é acionado. Na linha final, o aluno B expôs a lógica referente ao terceiro botão, que para tanto a esteira como desliga a lâmpada, conforme o enunciado. Assim, pelas minhas observações do código, verifiquei que o aluno B conseguiu organizar de forma clara e coerente, seguindo as exigências do enunciado.

Figura 49 – Ambiente de simulação em 3D do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 2 (aluno B)



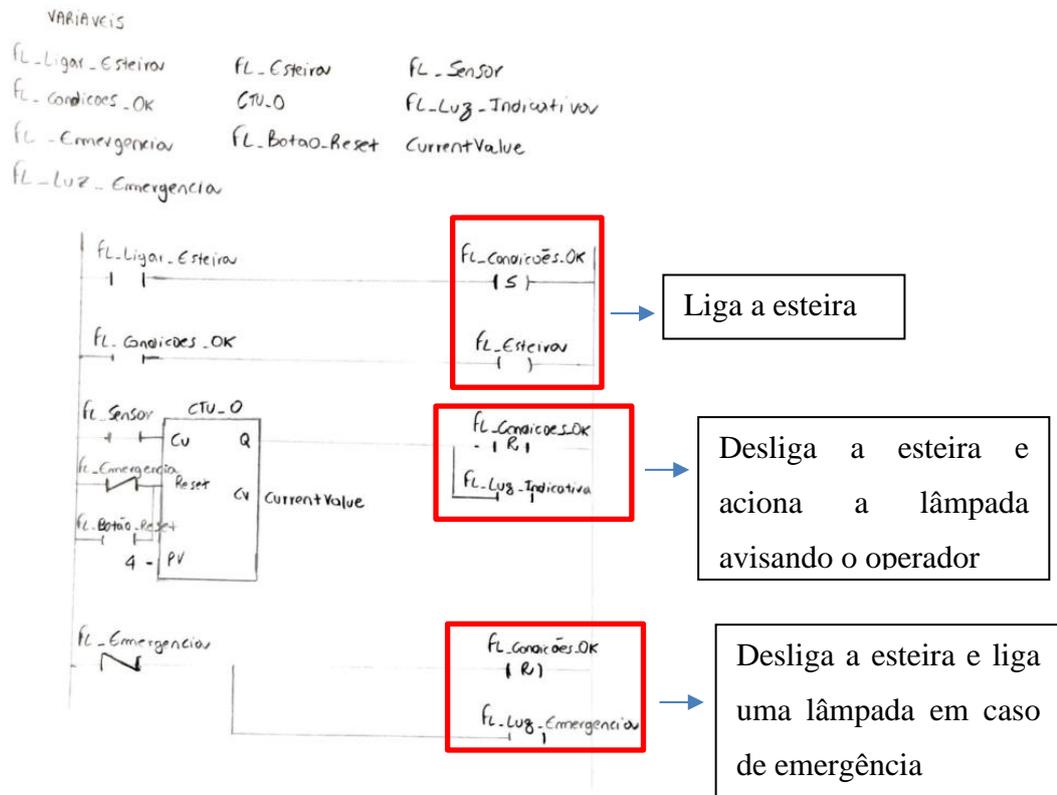
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Figura 50 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 2 (aluno B)



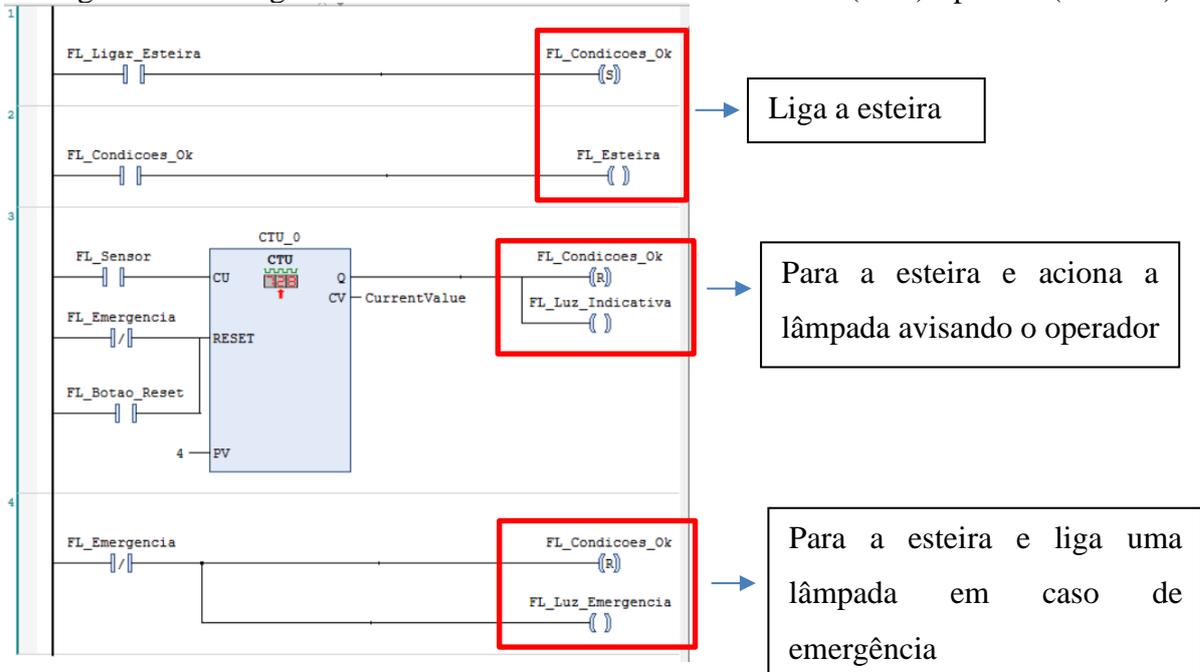
Sobre o mesmo exercício 12, o aluno A conseguiu desenvolver o programa no papel (Figura 51) e reproduzir no software a sua lógica (Figura 52). Percebi, analisando o código no papel, conforme Figura 51, que o aluno A se preocupou em declarar as variáveis, o que facilitou o entendimento do programa. Ele também adicionou uma lâmpada para o terceiro botão (FL_Luz_Emergencia) na última *rung*, que não era exigido no problema. Observando os dois códigos, no papel e no software (Figura 51 e Figura 52, respectivamente), notei que o estudante conseguiu reproduzir com sucesso o seu código elaborado papel para o software, visto que os dois são idênticos e funcionam. Assim, percebi que o Aluno A gerou uma sequencial lógica correspondente ao enunciado, mantendo a ordem das etapas do processo. Pela análise da Figura 51 e Figura 52, inicialmente o operador liga a esteira, depois realiza a contagem das caixas e, ao chegar em quatro caixas, o sistema desliga a esteira e aciona uma lâmpada para o operador. Um botão de emergência foi inserido, conforme enunciado, desligando a esteira e ligando uma lâmpada de emergência.

Figura 51 – Código em Ladder no papel do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 1 (aluno A)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 52 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 12 (1/12) - parte 2 (aluno A)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Portanto, as instruções dos códigos elaborados pelos alunos foram sendo desenvolvidas e organizadas à medida que o enunciado ia apresentando suas solicitações. Esse procedimento sequencial remete ao pensamento lógico, característica do PC, visto que esse pensamento tem relação com a dedução de informações ou dados de forma lógica e realista com base em um contexto (MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016). Para compreender e sanar todas as exigências de um problema é necessário decompor este em partes menores para, então, ordenar de forma lógica e solucionar cada requisito do problema. Inferred, com base nas minhas análises dos códigos em relação à identificação do problema e a sua divisão em partes menores, que os alunos da oficina, para automatizar os processos em etapas ordenadas, desenvolveram esse processo de decomposição, que é considerado um dos pilares do PC na resolução de problemas (VICARI *et al.*, 2018). Sendo assim, esses conceitos do PC condizem com a análise realizada, uma vez que os estudantes conseguiram elaborar o programa de forma coerente e com instruções baseadas nas solicitações do problema. De modo geral, percebi que no decorrer da oficina, esses aspectos foram desenvolvidos pelos alunos.

Outros fatores importantes apresentados pelos estudantes nos processos de automatização estavam relacionados ao planejamento, à organização e ao gerenciamento de recursos de acordo com objetivos predefinidos, uma vez que eles tiveram que planejar como iriam resolver os exercícios com os dispositivos (sensores e atuadores) que os softwares disponibilizavam. Esse procedimento de gerenciamento de recursos conforme o que se tem ao seu alcance é um aspecto importante no ramo industrial. Tais características fazem parte das habilidades de gestão, importantes para a indústria 4.0 (SESI, 2020).

4.1.2 Representação de dados por meio de abstrações

A análise referente à representação de dados por meio de abstrações foi feita pelo uso dos recursos dos softwares de programação e simulação. Nesse caso, considera-se o uso do software de programação de CLP e simulação pela tela de IHM, e do software de simulação em 3D. Por meio dos softwares o aluno pode desenvolver um modelo abstrato que condiz com a realidade do processo, atentando apenas aos recursos disponíveis e necessários para o funcionamento do sistema. Essa representação corrobora a citação de Vicari *et al.* (2018).

Dado um problema a ser resolvido, é necessário que se construa um modelo abstrato da realidade, incluindo apenas aspectos estritamente relevantes ao problema. Esse modelo ajuda a entender o problema e suas condições de contorno, permitindo a clareza necessária para solucioná-lo. (VICARI *et al.*, 2018).

A simulação é um fator importante no aprendizado da programação. Por meio dela, é possível verificar, de forma concreta, a execução de um código, testando e observando os erros e as melhorias necessárias. Com o uso da simulação é viável realizar variados projetos e adquirir a capacidade de identificar, formular e solucionar problemas ligados às atividades de planejamento, operação e gerenciamento do trabalho e de sistemas de produção de bens e/ou serviços (GAVIRA, 2003). Sem o artifício da simulação via computador, o aluno tem, para desenvolver a lógica de um código, apenas a sua interpretação dos fatos e a sua imaginação para visualizar mentalmente as etapas do processo. Alguns problemas podem nutrir de uma complexidade que o aluno não consiga resolver apenas por meio de sua imaginação, ou demoraria muito tempo para tal ação, o que demandaria de um período além do programado para a oficina. Segundo Wing (2006), as pessoas, por meio da utilização do computador, conseguem desenvolver habilidades para resolver problemas, os quais seriam difíceis sem o uso dos mesmos por estarem limitadas a construir sistemas com funcionalidades reduzidas pela imaginação. Assim, sem os recursos informáticos para a simulação, a pessoa pode desenvolver soluções que podem não ser as mais apropriadas para o problema proposto, como elaborar um programa muito extenso, com muitas variáveis, com má organização, com nomenclaturas de contatos pouco intuitivas, etc. Já com a execução do código pelo computador, simulando a sequência de um processo real abordado nos enunciados, o estudante consegue verificar de forma mais cadenciada o funcionamento do processo, testando o funcionamento do programa a cada etapa desenvolvida. O aluno, ao interagir com o software, consegue agir sobre o sistema, interrompendo o seu funcionamento a hora que desejar para realizar mudanças. Nesse sentido, em alguns casos, o uso de recursos computacionais é necessário para o desenvolvimento de uma solução para automatizar um sistema.

Na oficina foram propostos dois tipos de práticas de aprendizagem que envolvem a execução dos programas pelo computador. A primeira relacionou a elaboração e execução do código com a utilização de uma tela de IHM para facilitar o manuseio e entendimento do processo. Nesse procedimento, o aprendiz teve que imaginar, por meio da descrição do enunciado, o cenário em que ocorria o processo a ser automatizado. A partir daí, ele desenvolvia o código e a tela de IHM no computador e os executava, imaginando o processo mentalmente com o auxílio da IHM. Já o segundo método relacionou a utilização do software em 3D. Nesse caso o aluno conseguia executar o código em um software e, pela comunicação com o software de simulação em 3D, o aluno visualizava o processo industrial e a movimentação do maquinário a partir do seu programa em Ladder. Nesse momento ele podia verificar falhas na programação do processo, ou mesmo perceber inconformidades na utilização e alocação dos instrumentos do

processo, podendo ele modificar o *layout* da planta industrial. Então, esse último método pode ser considerado uma simulação computacional, visto que, a simulação computacional, que é representada pelo uso de softwares por meio de modelos matemáticos, possibilita a realização de previsões de situações que podem ocorrer em uma determinada operação, reduzindo riscos e permitindo ganhos de produtividade nos processos simulados (A VOZ DA INDÚSTRIA, 2022). Em relação ao conceito citado, Gavira (2003, p. 4-5), salienta:

A simulação computacional é uma das ferramentas que podem ser utilizadas para a aquisição, organização e construção do conhecimento e da visão sistêmica. Esse recurso favorece a educação e o treinamento das pessoas e, conseqüentemente, sua adaptação às rápidas mudanças de nossa sociedade.

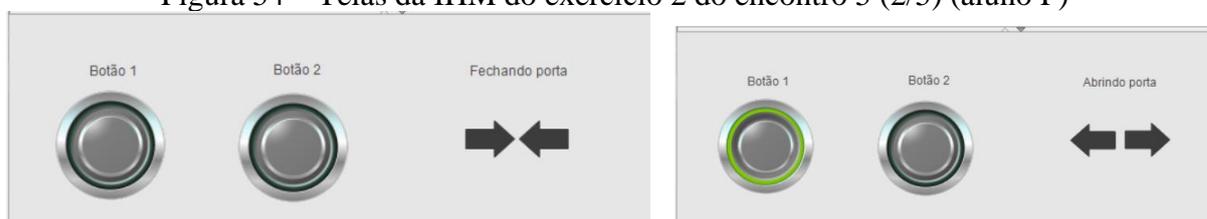
Muitas práticas de aprendizagem propostas no contexto da oficina exigiram na formulação de seu enunciado a utilização de representação de dados por meio de abstrações, sendo por IHM ou por simulação em ambiente 3D. Observei durante a análise que os alunos conseguiram desenvolver os programas utilizando a simulação, acrescentando funcionalidades que não foram apresentadas durante a oficina. Isto é, os aprendizes buscaram novas maneiras de resolver os problemas por meio da mediação pelos softwares. Para citar um exemplo, no exercício 2 do encontro 5 (2/5), foi solicitado que cada aluno desenvolvesse uma tela de IHM para simular o programa 1/3 elaborado anteriormente. Os estudantes desenvolveram as suas próprias telas de IHM, como mostram a Figura 53 (aluno C), a Figura 54 (aluno F) e a Figura 55 (aluno G). Percebi nessas telas de IHM que cada aluno utilizou recursos diferentes, tanto como os tipos de botões, como também a cor de fundo do quadro. O aluno F (Figura 54) elaborou até uma representação dinâmica, algo inédito na oficina, pois eu não ensinei este recurso. A Figura 54 mostra duas telas da IHM, em que as setas referentes ao portão abrindo ou fechando são diferentes. Dependendo do estado do portão, aparecia uma das imagens ao operador. Os outros dois alunos (C e G) optaram por mostrar a situação do portão por lâmpadas, conforme as Figura 53 e Figura 55, no entanto, o aluno C (Figura 53) utilizou botões diferentes dos demais.

Figura 53 – Tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno C)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 54 – Telas da IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno F)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

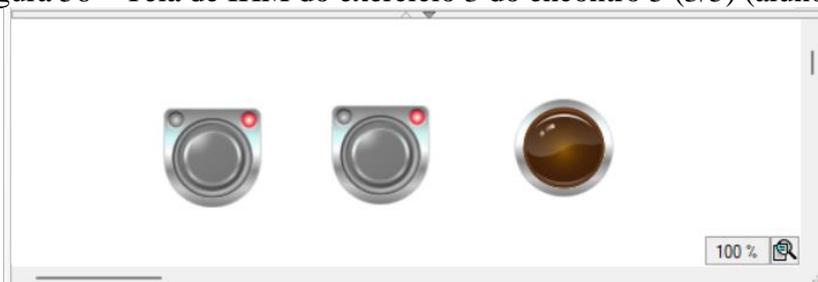
Figura 55 – Tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno G)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

O aluno H, apesar de não utilizar um fundo na sua tela de IHM, inovou ao apresentar em seu programa um modelo de botão que ninguém tinha usado, vide Figura 56. Essa revelação mostrou que o estudante explorou os recursos do software. No entanto, não nomeou os botões, dificultando a execução do programa.

Figura 56 – Tela de IHM do exercício 3 do encontro 5 (3/5) (aluno H)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Nas práticas de aprendizagem, cujo desenvolvimento exigiu a simulação em 3D, foi possível verificar que os alunos, em geral, conseguiram utilizar os recursos do software, criando novas possibilidades de processos. Em um dos exercícios introdutórios de criação de plantas industriais no software em 3D, desenvolvido no encontro 9, referente montagem de um processo industrial de seleção de caixas pequenas e grandes, os estudantes foram instigados a criarem ambientes similares, pois seriam utilizados no exercício do encontro 10. Assim, os estudantes elaboraram cenas parecidas, como mostram a Figura 57 (aluno C), a Figura 58 (aluno D), a Figura 59 (aluno F) e a Figura 60 (aluno B). No entanto, em exercícios mais avançados, eu observei novos recursos implementados nos cenários em 3D, como no caso do aluno H, que utilizou no exercício 1 do encontro 11 (1/11 – parte 2) um modelo de esteira diferente da proposta na oficina, que funcionava por roletes, como mostra a Figura 61. Essa modificação não interferiu no funcionamento da solução. Já o aluno E (Figura 62) inseriu em seu projeto do exercício 1 do encontro 12 (1/12 – parte 2) uma tela de proteção a volta da esteira que não era exigida no enunciado. No exercício 2 do encontro 14 (2/14), em que o aluno deveria elaborar o enunciado, construir a resolução na linguagem Ladder e, por fim, simular no ambiente em 3D, o mesmo estudante E desenvolveu o seu projeto em um processo industrial diferente do cenário típico utilizado durante a oficina, que era pelo uso de esteiras. Esse aluno quis desenvolver o projeto referente ao controle de nível em um tanque, como mostra a Figura 63. Dessa maneira, foi interessante observar que o aluno E conseguiu utilizar o seu conhecimento de programação em Ladder para automatizar um processo novo para a turma. Ademais, este ambiente do tanque exigiu que o estudante investigasse outros recursos de programação, como mostra o destaque em vermelho na Figura 64, que sinaliza parte do código em que há funcionalidades não apresentadas na oficina. O aluno G, referente ao mesmo exercício 2/14, elaborou o seu projeto utilizando um ambiente similar aos estudados durante a oficina (com a utilização de esteiras). No entanto, ele agregou elementos novos no processo, como um rolete para organizar melhor as caixas na esteira, destacado em vermelho na Figura 65. Nesse exercício 2/14 os estudantes

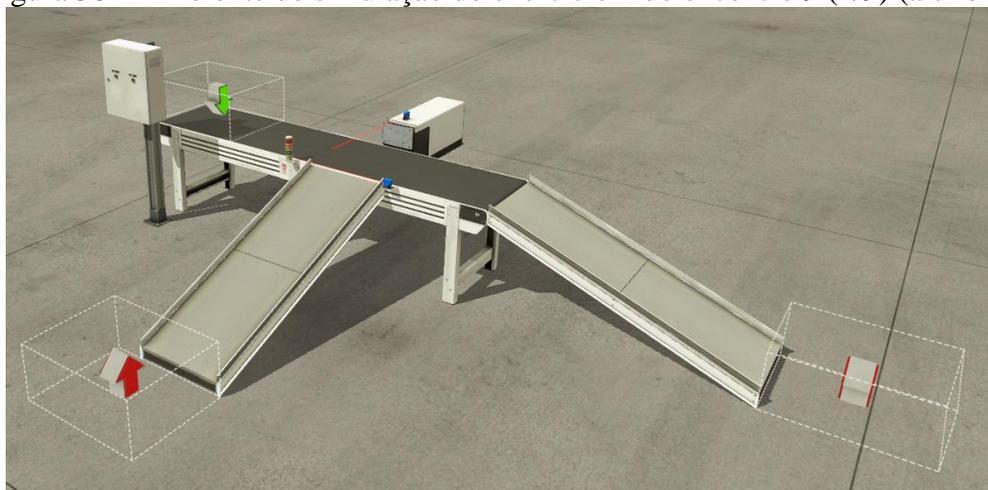
tiveram que pensar na utilização de tecnologias disponíveis (seleção da planta industrial e uso de sensores e atuadores), assim como no emprego destas no cotidiano industrial, desenvolvendo suas percepções das tecnologias e suas compreensões dos impactos das soluções de engenharia em contextos globais e sociais através de uma inteligência criativa (ARAÚJO; SILVA; COSTA FILHO, 2017; RAJNAI; KOCSIS, 2017). Além disso, tiveram que desenvolver suas habilidades em programação, análise de dados e manipulação de tecnologias de simulação industrial, aspectos importantes para a indústria 4.0 e para os egressos de cursos de engenharia (ARAÚJO; SILVA; COSTA FILHO, 2017; SESI, 2020; SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2019; RAJNAI; KOCSIS, 2017).

Figura 57 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno C)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Figura 58 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno D)



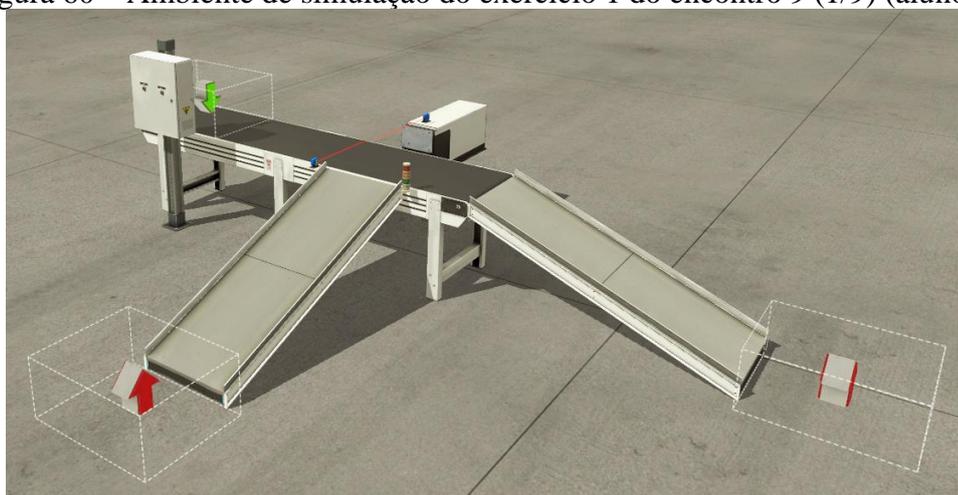
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Figura 59 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno F)



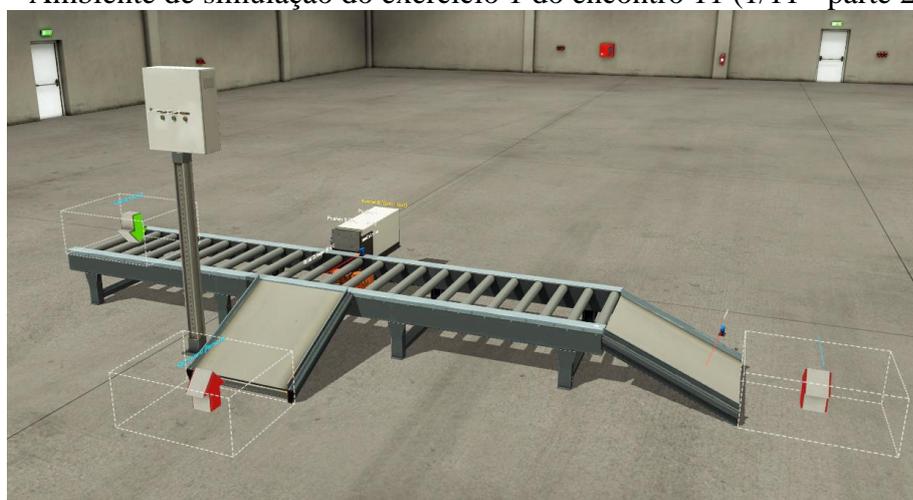
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 60 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 9 (1/9) (aluno B)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 61 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 11 (1/11 - parte 2) (aluno H)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 62 – Ambiente de simulação do exercício 1 do encontro 12 (1/12 - parte 2) (aluno E)



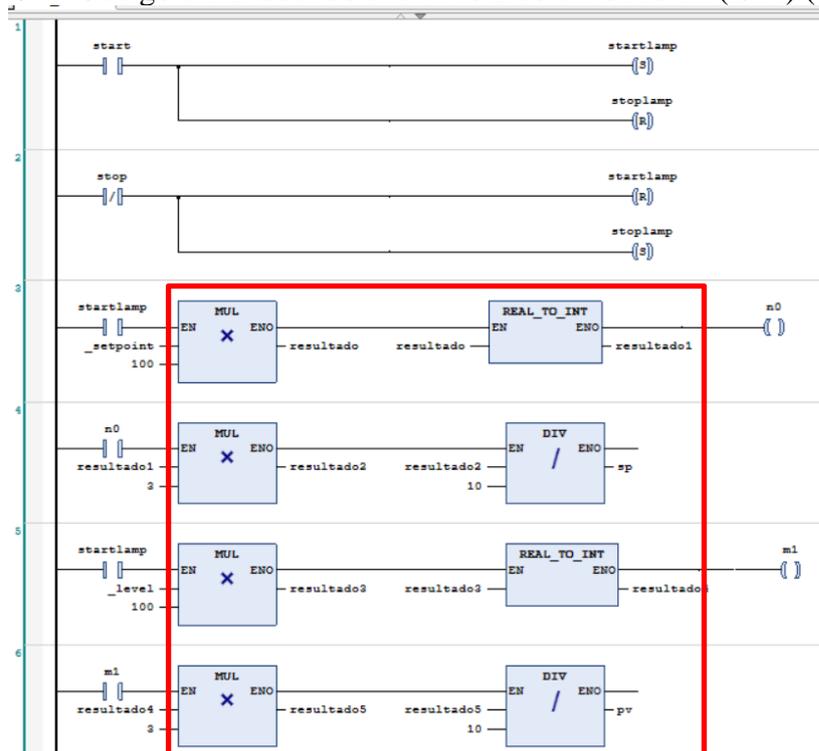
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 63 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno E)



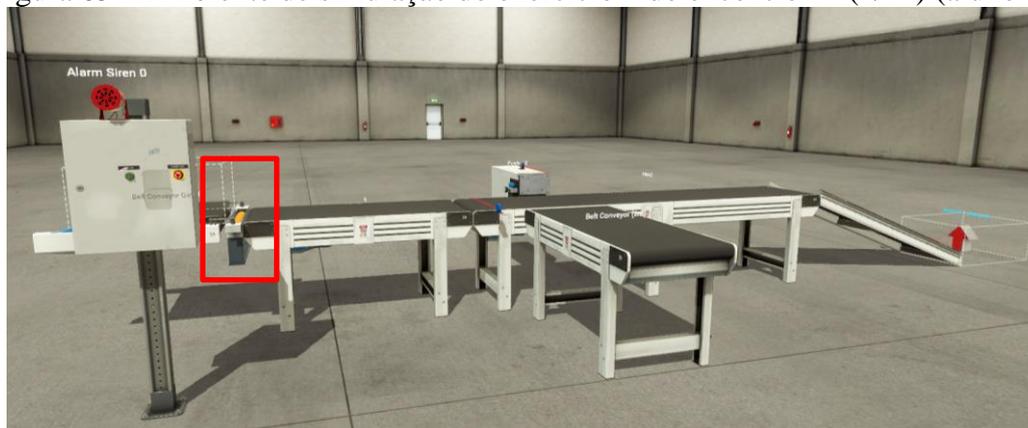
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 64 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno E)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com marcação do autor.

Figura 65 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno G)

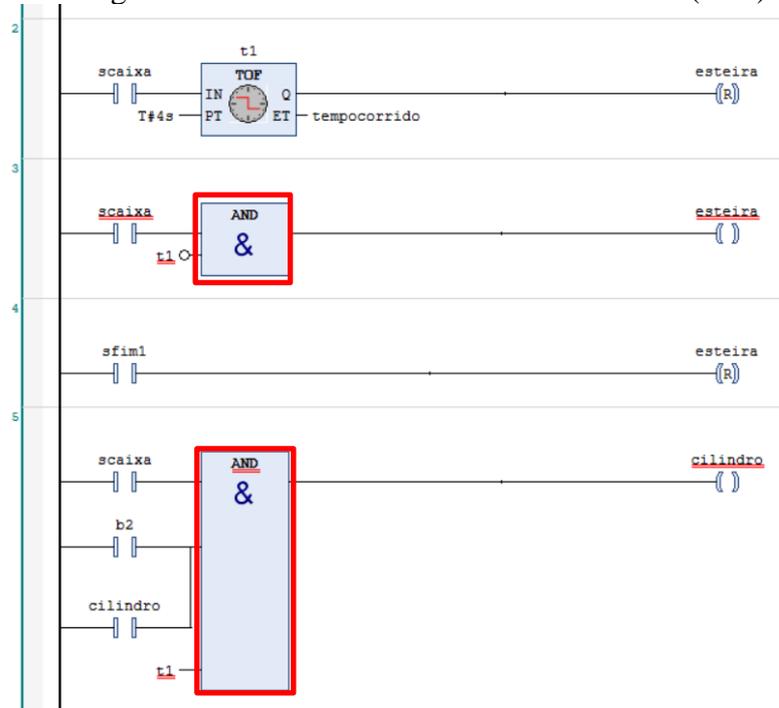


Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com marcação do autor.

Referente ao ato investigativo e a postura autônoma que alguns estudantes tiveram ao utilizarem as simulações para desenvolver as práticas de aprendizagem, cito outro caso, do aluno G, sobre exercício 1 do encontro 10 (1/10). Nesse problema proposto foi solicitada a automação de uma esteira que selecionava caixas pequenas e grandes com o uso do software em 3D. No entanto, o que me chamou a atenção foi o código em Ladder do aluno, pois ele tentou utilizar um recurso que eu não tinha apresentado para a turma e que ele quis tentar inserir no seu programa, que foi o bloco AND, destacado na Figura 66 (que mostra parte do seu

programa). Todavia, ele não conseguiu utilizar o bloco de forma correta, pois as variáveis sublinhadas em vermelho na referida figura apontam que há inconformidades no código. Nesse caso, o estudante não utilizou as variáveis com os mesmos tipos. Apesar disso, foram notáveis a autonomia e a independência do aluno em explorar os recursos do software e tentar usar uma função que não foi explicada na aula. O fato de o estudante investigar e explorar novas maneiras de resolver o problema revela o envolvimento que este teve para com a atividade, sendo um fator importante no processo de aprendizagem. O erro faz parte desse processo, e pode ser um caminho para o aluno rever e refletir sobre as ações realizadas, para então melhorar a solução.

Figura 66 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno G)

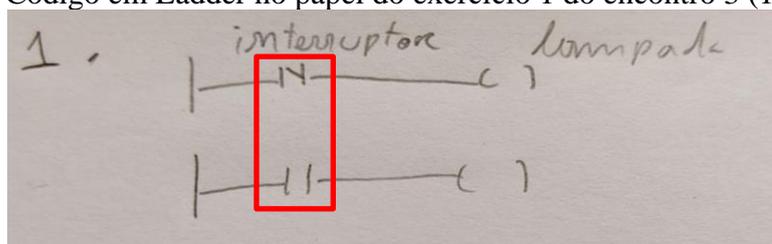


Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com marcações do autor.

Por meio da execução dos programas via computador, os estudantes se envolveram em um processo dinâmico ao elaborar, visualizar e corrigir o exercício sucessivamente. A utilização da tela de IHM, por sua vez, facilita o entendimento do processo, porém pode demorar um pouco para o estudante aprender a técnica. O aluno H, por exemplo, errou a resposta do exercício 1 de encontro 3 (1/3), no qual era exigido que os discentes elaborassem o código no papel. No caso, na resposta teria que ter apenas um contato de entrada, e não dois como marcado em vermelho na Figura 67. Ao executar o mesmo exercício no computador, através da solicitação do exercício 1 do encontro 5 (1/5), o aluno H percebeu o erro do exercício 1/3 e alterou sua lógica. Contudo, continuou com dificuldades, errando a resposta, mantendo dois

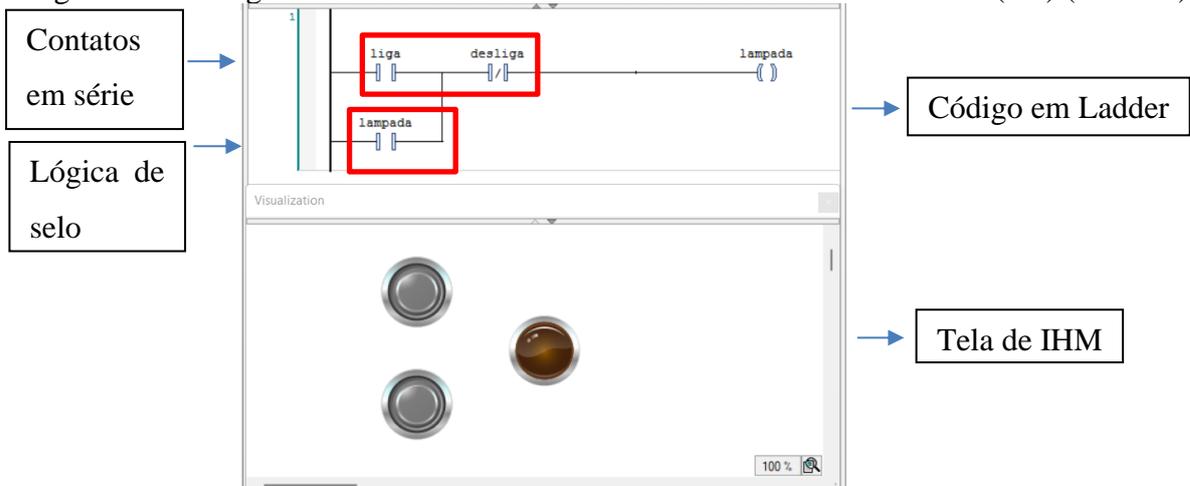
contatos de entrada em série (“liga” e “desliga”) e construindo a lógica de selo, conforme destacado em vermelho na Figura 68. Mesmo modificando o seu código em relação ao exercício 1/3 (Figura 67) o estudante não apresentou a solução correta. Essa modificação revelou que, ao executar pelo computador, o estudante refletiu e alterou o seu entendimento sobre o problema. Já em outros exercícios da aula, que tiveram uma proposta igual aos exercícios 1/3 e 1/5, ou seja, em um era solicitado o desenvolvimento no papel e no outro via software, o aluno H acertou. Na Figura 69 está apresentado o código no papel, do aluno H, referente ao exercício 2 do encontro 3 (1/3), e na Figura 70 o mesmo código com a tela de IHM executado no software, solicitado no exercício 2 do encontro 5 (2/5), ambos corretos. Essa situação envolvendo o aluno H também ocorreu nos exercícios 3/3 e 3/5, representados pela Figura 71 e Figura 72, respectivamente, nos quais percebi que o aluno não alterou o código nas duas situações e acertou. Sobre as telas de IHM, o estudante não nomeou os elementos em nenhum dos casos (Figura 68, Figura 70 e Figura 72), dificultando o entendimento e a execução do código. Não obstante, nos problemas um mais elaborados, que exigiram mais variáveis do processo, como o exercício 4 do encontro 5 (4/5) e o exercício 1 do encontro 7 (1/7), o aluno H colocou os nomes nas telas de IHM, vide Figura 73 e Figura 74, respectivamente. Essa alteração de conduta do estudante pode indicar que ele percebeu a importância de nomear os contatos para o seu próprio entendimento do processo.

Figura 67 – Código em Ladder no papel do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno H)



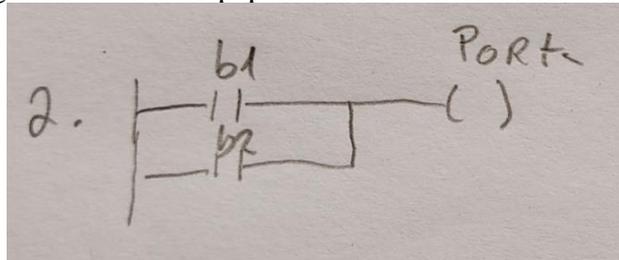
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com marcação do autor.

Figura 68 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 5 (1/5) (aluno H)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Figura 69 – Código em Ladder no papel do exercício 2 do encontro 3 (2/3) (aluno H)



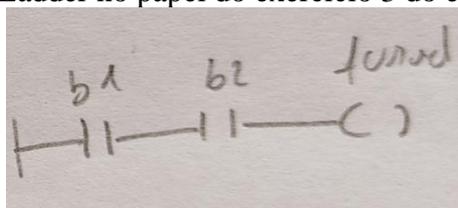
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 70 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno H)



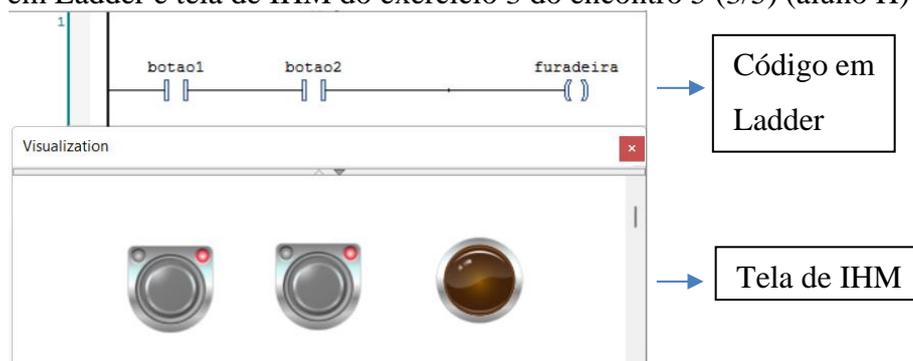
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Figura 71 – Código em Ladder no papel do exercício 3 do encontro 3 (3/3) (aluno H)



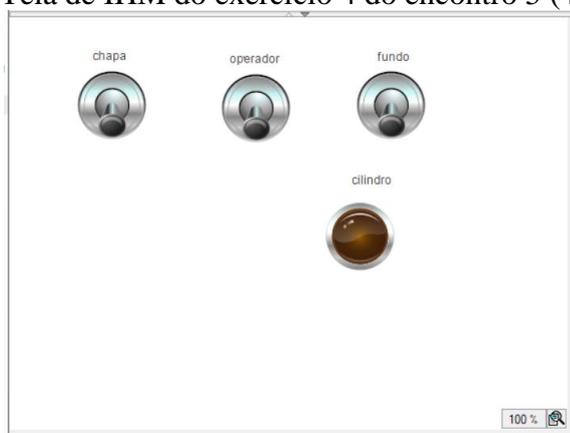
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 72 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 3 do encontro 5 (3/5) (aluno H)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Figura 73 – Tela de IHM do exercício 4 do encontro 5 (4/5) (aluno H)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 74 – Tela de IHM do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno H)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Observando e analisando as práticas de aprendizagem realizadas pelos alunos em função de suas representações de dados por meio de abstrações, logo pude constatar que estava presente nas resoluções o pensamento inovador (característica do PC), apresentada por Mohagheh e McCauley (2016), pois os alunos tiveram o intuito de questionar o que já existia no processo e desenvolveram alternativas diferentes as aprendidas na oficina, solucionando os problemas de forma diferenciada em softwares que eles não tinham utilizados até a prática da oficina. Essa mudança de algo já existente, visando melhorias, pode-se referir ao ímpeto inovador do estudante. Os novos recursos investigados pelos estudantes e desenvolvidos nas suas soluções me fizeram crer que o eles, de modo geral, tiveram assimilação e apropriação dos conhecimentos referentes à simulação feita pela tela de IHM e pelo ambiente 3D. Os alunos, ao praticarem os exercícios com a mediação pelo computador, também desenvolveram a criatividade (inteligência criativa) e inovação por utilizarem recursos não apresentados em aula para melhorar as soluções dos problemas e por elaborarem cenas de processos industriais não apresentadas na oficina. Também desenvolveram características referente a processos decisórios, uma vez que utilizaram estratégias e decisões assertivas dentro das propostas dos enunciados, como desenvolveram as habilidades analíticas e o conhecimento técnico, já que conseguiram interpretar o problema e analisar soluções, utilizando o conhecimento técnico sobre o manuseio do software de programação de CLP para desenvolver os códigos (SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2019; RAJNAI; KOCSIS, 2017). Dessa forma, tudo indica que os alunos tiveram que desenvolver as competências relacionadas à percepção e à manipulação das tecnologias ao interagirem com o software de simulação em 3D. Todos esses fatores supracitados são competências importantes para engenheiros que desejam atuar no cenário da indústria 4.0 (SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2019; RAJNAI; KOCSIS, 2017). Sendo assim, pude inferir que há um propósito em ensinar aos estudantes a pensarem em solucionar problemas de programação de CLP com base no PC e nas esfericidades do engenheiro na era da indústria 4.0, desenvolvendo lógicas de tal maneira que possam ser codificadas e executadas pelos computadores.

4.1.3 Otimização de processos

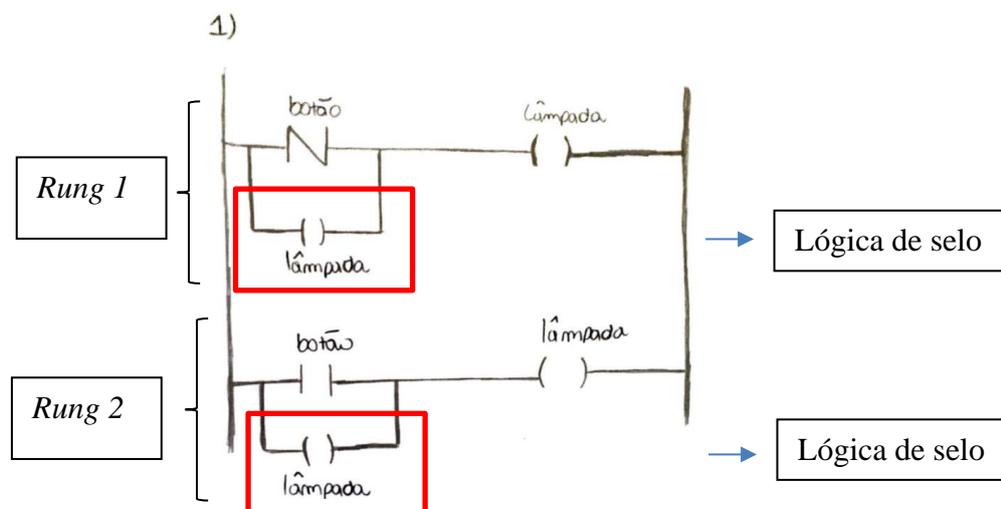
Nesta etapa do processo de análise verifiquei se os códigos dos alunos estavam otimizados em termos computacionais, isto é, se o problema foi resolvido com o menor número possível de passos executados a ponto de extrair o melhor rendimento do processo. A importância da otimização de um programa está na utilização das melhores alternativas para se

atingir os objetivos determinados do problema, evitando repetições de contatos e instruções, redundâncias, comandos desnecessários, conflito de acionamentos das saídas, etc. Também, com a otimização do programa, tornando este mais reduzido, as atividades do processo são executadas de forma mais eficiente, pois o software realiza a varredura “leitura” do programa mais rapidamente. Nesse sentido, ao realizar a otimização de um código, o processo pode ficar mais rápido, reduzindo o tempo de execução.

Para exemplificar a análise da otimização dos programas, destaco a situação que envolveu o estudante A, que conseguiu otimizar e corrigir o processo do exercício 1 do encontro 3 (1/3) após executar pela tela de IHM no software de programação de CLP. No exercício 1/3 os alunos foram provocados a realizar um código sem o uso do computador. No enunciado desse exercício trazia a ideia de uma lâmpada começar ligada e, após o operador pressionar um botão, a lâmpada desligava. Nesse caso, o aluno A construiu o código utilizando a lógica de selo, conforme destacado em vermelho na Figura 75, que ainda não tinha sido aprendida na oficina até aquele momento. Não obstante, ele aplicou o conceito de forma equivocada para o exercício, já que, na execução do código do exercício 1/3 da Figura 75, a lâmpada sempre permanece ligada, gerando uma resposta errada. Todavia, no exercício 1 do encontro 5 (1/5), os alunos foram desafiados a simular, via computador, o programa do exercício 1/3, para ver se eles detectavam algum erro no código. Pela Figura 76 (que mostra o programa sem estar em execução), percebi que o aluno A investigou o problema e, através da mediação pelo software por meio da tela de IHM, ele realizou modificações na programação em Ladder, corrigindo a sua resposta. Além de corrigir, o estudante conseguiu otimizar o processo, uma vez que ele reduziu o número de contatos e instruções, elaborando o código em Ladder em uma linha (uma *rung*) (vide Figura 76). Consequentemente, o tempo de execução do programa diminuiu, tornando este mais rápido. Há de se notar que na Figura 75 há seis contatos e duas *rung*⁴⁰, já no programa otimizado da Figura 76 há dois contatos e uma *rung*.

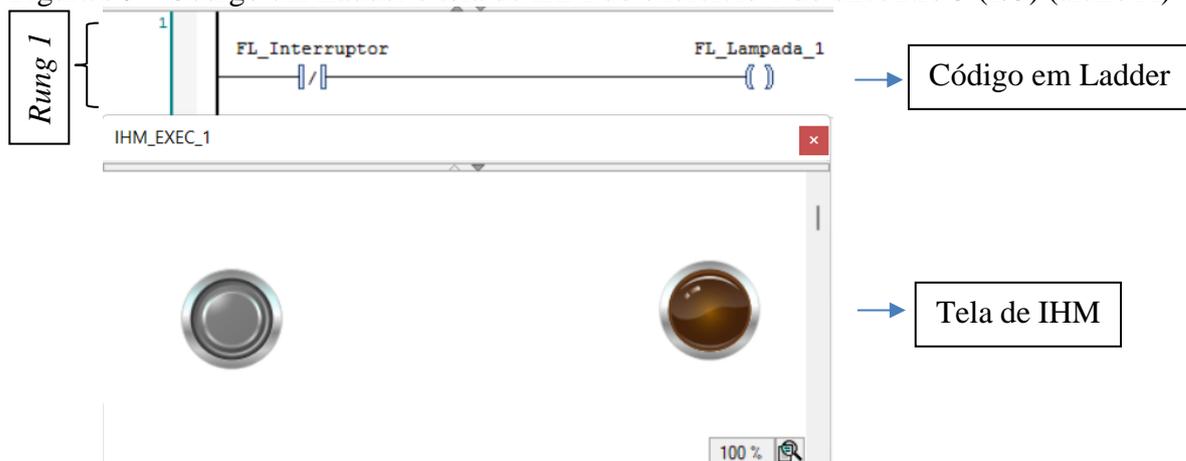
⁴⁰ Cada lógica de controle, formada por linhas e colunas, é chamada de *rung* ou *network*.

Figura 75 – Código em Ladder no papel do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno A)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Figura 76 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 5 (1/5) (aluno A)

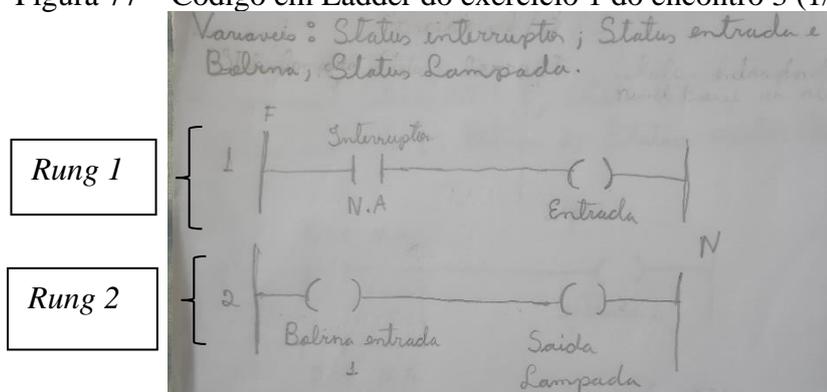


Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Ao analisar e comparar os exercícios do aluno D realizados no papel no encontro 3, com os exercícios mediados pelo software de programação de CLP no encontro 5, pode verificar que o estudante conseguiu assimilar o conceito da otimização, como esclareço a seguir. Lembrando que o enunciado dos exercícios do encontro 3 eram os mesmos para o encontro 5, a diferença era que o aluno, na primeira ocasião tinha que resolver o exercício no papel, e na segunda tinha que utilizar o software de programação para solucionar o problema. Ou seja, o aluno tinha de verificar se o que foi realizado no papel ocorria conforme era esperado quando foi elaborado, e corrigido se necessário. Sendo assim, pode verificar que o aluno D, na Figura 77, referente ao exercício 1 do encontro 3 (1/3), utilizou duas *rungs* (linhas de instruções) para apresentar uma solução para o problema proposto. Já no exercício 1 do encontro 5 (1/5), que solicitava aos aprendizes resolverem o mesmo enunciado do exercício 1/3, mas com o auxílio

do computador, o aluno D, nesse caso, otimizou o processo resolvendo apenas com uma *rung*, como mostra a Figura 78. Apesar de haver erro de simbologia apresentado na segunda *rung* da Figura 77, e inconformidades nas respostas tanto no exercício 1/3 como no 1/5 (Figura 78) por não utilizar contato normalmente fechado (função inversora), o aluno D conseguiu perceber que poderia otimizar o processo. Esse evento também ocorreu nos exercícios 2/3 e 2/5, em que o mesmo estudante reduziu o número de *rungs* (de duas para uma), conforme a Figura 79 e a Figura 80. Ao reduzir as linhas de instruções (*rungs*) é possível diminuir o tempo de execução do programa, permitindo maior agilidade no processamento. É notável que o aluno D continuou cometendo o erro de simbologia, verificado na segunda *rung* da Figura 79, como também não observou o correto nome da variável no exercício 2/5 da Figura 80, nomeando o contato de “morto” ou invés de “motor”. Outro detalhe que caber ressaltar, é que no caso do enunciado dos exercícios 2/3 e 2/5, que se referia a abertura da porta de um banco, o nome mais sugestivo para a variável seria “porta” ao invés de “saída motor” ou “motor”, como o estudante sinalizou, respectivamente, na Figura 79 e na Figura 80.

Figura 77 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno D)



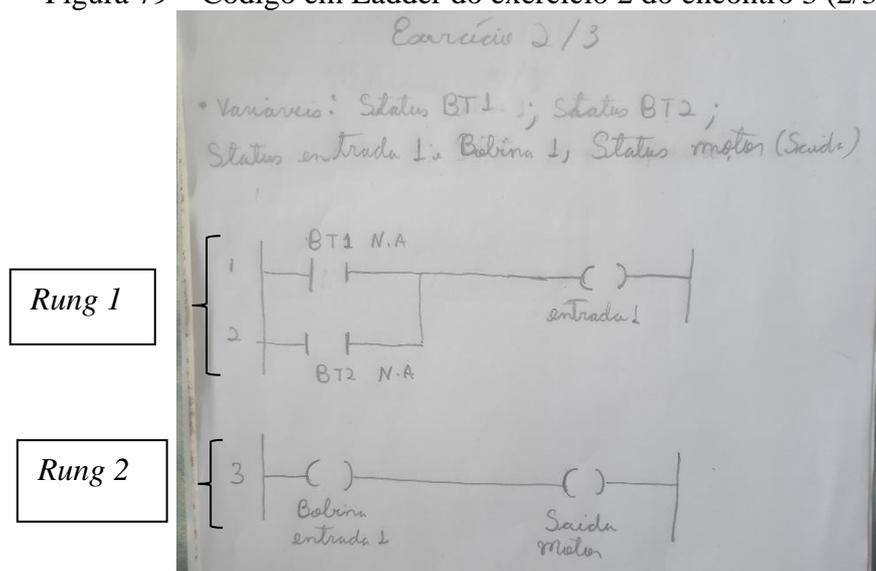
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 78 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 5 (1/5) (aluno D)



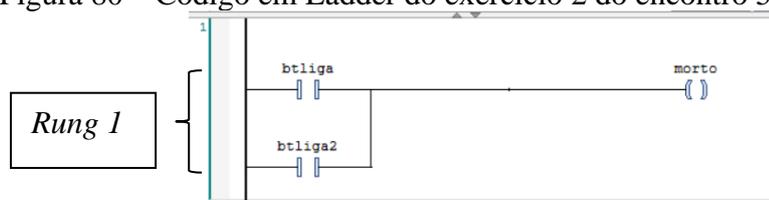
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 79 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 3 (2/3) (aluno D)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 80 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno D)



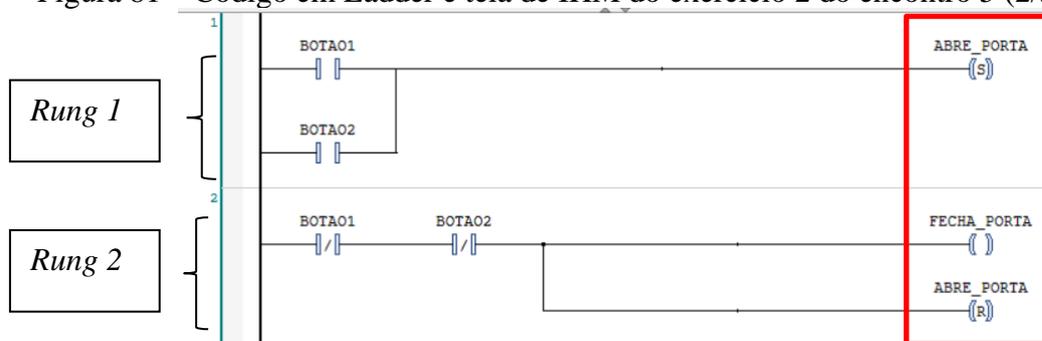
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Outra situação que apresento como exemplo de otimização ocorreu na resolução do exercício 2 do encontro 5 (2/5), comparando as respostas de vários alunos. O exercício 2/5 tinha como propósito fazer com que o aluno simulasse, por meio da mediação pelo software através da tela de IHM, o programa do exercício 2/3 que foi elaborado no papel. Logo, o enunciado do exercício 2/3 foi utilizado como base para o exercício 2/5. Tal enunciado se referia a um sistema que relacionava a porta de entrada de um banco, em que essa só poderia ser aberta via dois botões. Ao pressionar qualquer um deles, a porta deveria abrir. Caso nenhum dos botões fosse pressionado, a porta deveria fechar. No enunciado havia duas observações: uma salientando que os botões estavam em locais separados e não poderiam ser acionados ao mesmo tempo; a outra lembrando para os alunos escreverem os nomes das variáveis nos contatos utilizados no programa.

Então, a partir do enunciado descrito acima, os alunos elaboravam um programa sem o auxílio do computador (exigido no exercício 2/3), e depois o executava no computador (tarefa do exercício 2/5) para verificar e corrigir eventuais erros. A resposta para o problema dependia da interpretação de cada estudante e, neste caso, o aluno G utilizou uma estratégia de

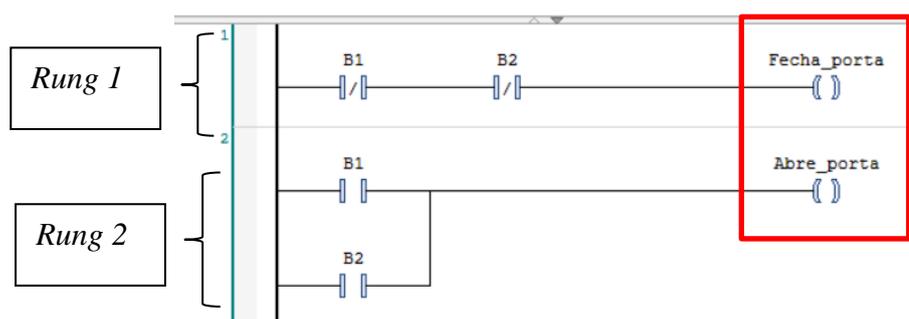
programação com duas variáveis de saída (“ABRE_PORTA” e “FECHA_PORTA”), destacadas em vermelho na Figura 81. Também percebi, referente as mesmas variáveis de saída, que o mesmo estudante G usou um recurso que não tinha sido ensinado até aquele momento, que foi a utilização de bobinas de saída set e reset, representadas no programa da Figura 81 pelas simbologias (S) e (R), respectivamente. Já o aluno C utilizou uma lógica semelhante ao do aluno G, com duas saídas no programa (“Abre_porta” e “Fecha_porta”), uma identificando que a porta do banco está aberta e outra que a porta está fechada, como assinaladas em vermelho na Figura 82. Para tanto, assim como o aluno G, ele precisou utilizar duas *rungs*. Não obstante, o estudante C não utilizou as bobinas de saída set e reset e conseguiu construir um código mais otimizado por ter reduzido o número de contatos no programa, diminuindo de sete para seis em comparação com o aluno G. O aluno A, por sua vez, interpretou o problema de outra maneira, otimizando ainda mais o processo. Ele utilizou, conforme destacado em vermelho na Figura 83, apenas uma saída (“FL_Porta”), que representou a porta do banco. Esta saída ao estar acionada representa a porta aberta, caso contrário ela se encontra fechada. Nesse sentido ele conseguiu construir um código com três contatos e uma *rung*, o menor código dos três apresentados nas Figura 81, Figura 82 e Figura 83.

Figura 81 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno G)



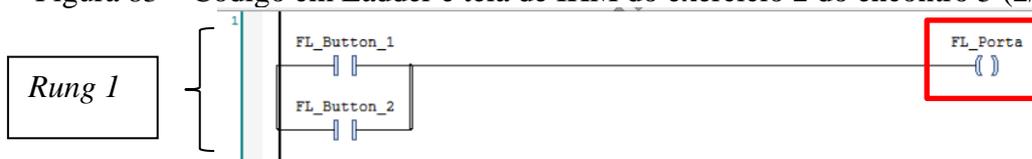
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 82 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno C)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

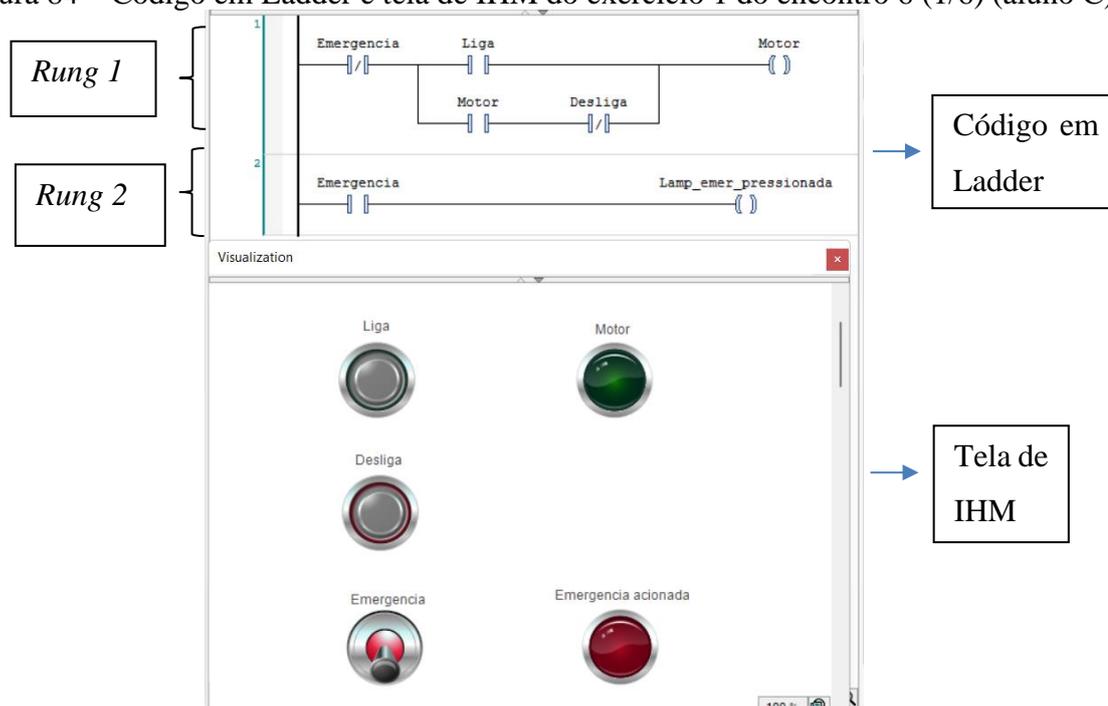
Figura 83 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5) (aluno A)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

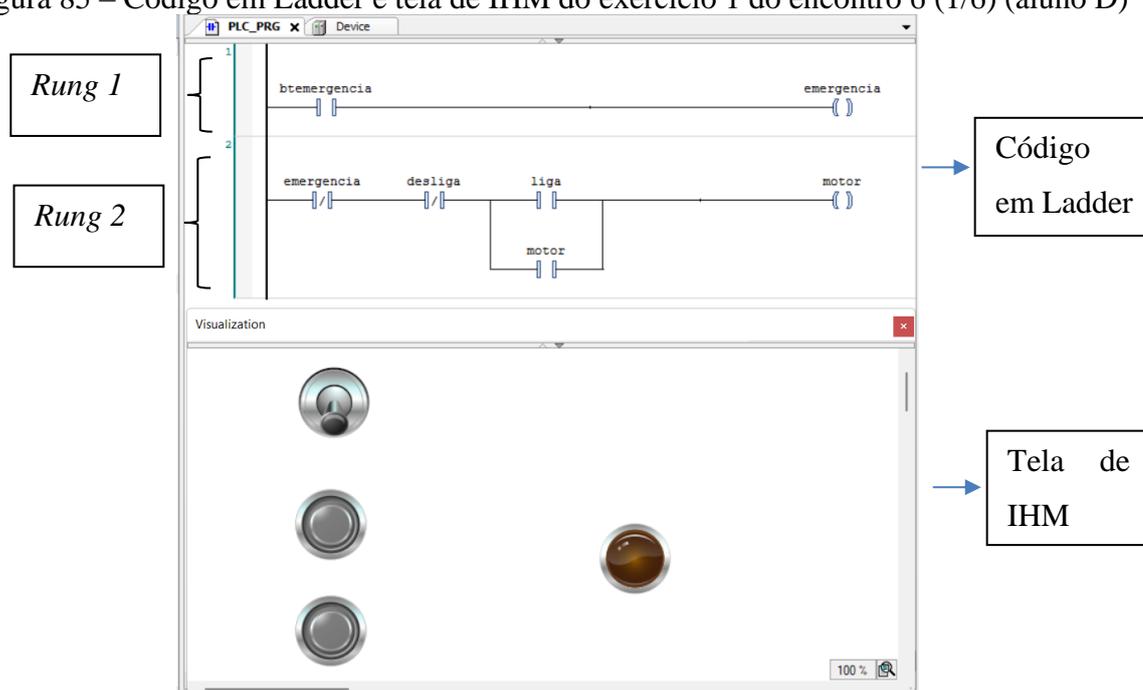
Durante a análise dos códigos pude perceber indícios que demonstravam que os aprendizes estavam aprendendo sobre o processo de otimização, pois comparando as resoluções dos exercícios dos alunos nos encontros mais avançados, notei que esses começaram a se tornar mais parecidos uns com os outros. Isso me fez perceber que os códigos dificilmente poderiam ser otimizados. Como exemplo, apresento a resolução do exercício 1 do encontro 6 (1/6), que tinha como tarefa a elaboração e a simulação de um programa em linguagem Ladder, com o desenvolvendo uma tela de IHM, para ligar e desligar um motor que girava em um único sentido. Os códigos referente ao exercício 1/6 dos alunos C, D e F, representados respectivamente pelas Figura 84, Figura 85 e Figura 86, mostram que todos utilizaram sete contatos e duas *rungs*. Esse fato indica que o processo foi otimizado ao máximo dentro de suas perspectivas, sinalizando que o conceito de processo de otimização foi considerado pelos estudantes.

Figura 84 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno C)



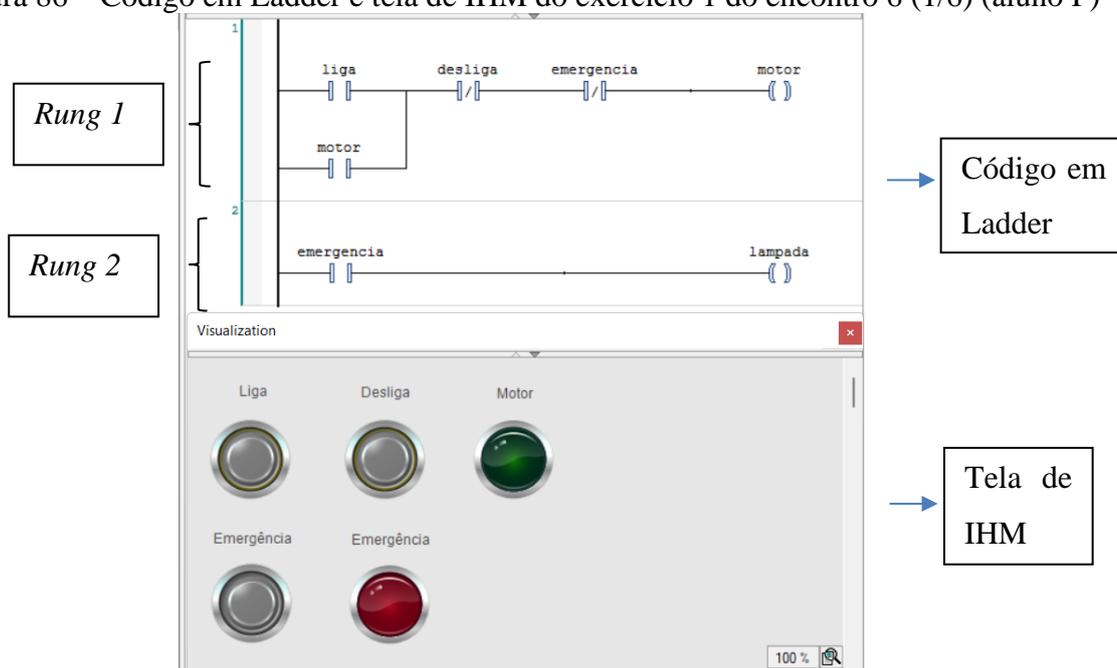
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 85 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno D)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 86 – Código em Ladder e tela de IHM do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno F)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Por meio da análise de otimização de processos descrita anteriormente pude depreender que parte dos estudantes desenvolveram o conceito de pensamento eficiente relacionado ao PC, pois eles conseguiram compreender a ideia de reduzir ao máximo os elementos dos códigos. Esse movimento pode trazer agilidade no processo, uma vez que o software irá ler o código

mais rapidamente, refletindo na redução de tempo de execução no processo como um todo. O pensamento eficiente é uma das facetas do PC, segundo Mohaghegh e McCauley (2016), e faz alusão ao desenvolvimento de programas otimizados, pois sugere a construção de uma resolução com o menor número de etapas para solucionar um problema. Nesse sentido, compreendo que os alunos conseguiram entender este conceito a ponto de considerarem a otimização em alguns de seus projetos.

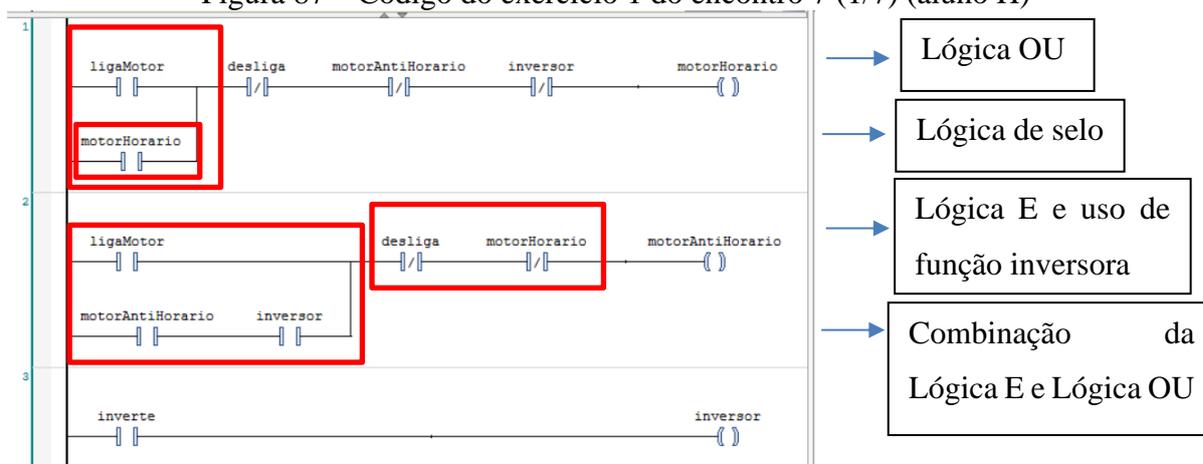
4.1.4 Padronização

A investigação referente a padronização dos códigos teve como objeto verificar a reutilização de elementos e recursos da linguagem Ladder aprendidos ao longo da oficina. O reconhecimento de padrões é um dos pilares do PC para auxiliar na resolução de problemas e sinaliza que, a partir da análise de partes menores de um problema, é possível identificar aspectos parecidas em outros que já foram solucionados anteriormente, podendo servir para esclarecer a situação atual (VICARI *et al.*, 2018). Logo, a análise realizada verificou se os alunos conseguiram assimilar o reconhecimento de padrões, utilizando parte da solução de um problema em outro. Nesse caso foram observados nos códigos a utilização da simbologia dos contatos e a aplicação dos recursos de programação, como: função inversora (NOT), bobinas de saída set e reset, funções lógicas E e OU, lógica de selo, lógica de intertravamento, temporizadores e contadores. Nesta etapa do processo de análise selecionei algumas situações que pudessem ilustrar a presença da reutilização de elementos de programação como parte da solução de variados problemas. Nesse sentido escolhi estudantes e seus códigos que mostrassem essa reciclagem dos conceitos aprendidos, observando se eles desenvolveram a habilidade de padronização.

A função lógica de negação, ou inversora (NOT), a função lógica E e a função lógica OU foram apresentadas para a turma no início da oficina com o intuito de os aprendizes usufríssem em seus códigos. Para exemplificar essa situação, o aluno H desenvolveu a função lógica OU no exercício 2/3 (vide Figura 69), e a função lógica E no exercício 3/3 (conforme Figura 71). Também, o estudante aplicou o conceito da lógica de negação (NOT) no exercício 1/3 (Figura 67), porém o aluno H não utilizou corretamente conforme solicitava o enunciado. Ao realizar o mesmo exercício 1/3 com o auxílio do computador ele percebeu o seu erro e modificou o resultado, alterando o código e utilizando a lógica de selo, vide Figura 68 (exercício 1/5). Apesar de ter realizado uma nova tentativa, a resposta ainda não ficou de acordo com as exigências do enunciado. No entanto, esses elementos citados foram identificados em seus

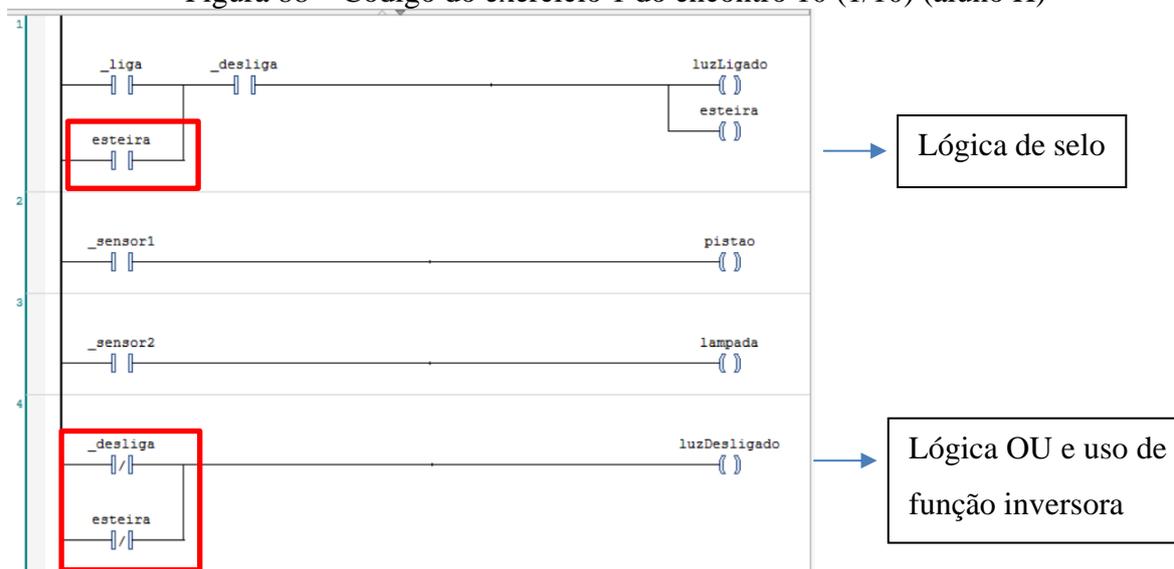
programas seguintes, mostrando que ele conseguiu reutilizá-los em outras situações. Nas resoluções dos problemas 1/7 e 1/10, o aluno H aplicou tanto a função lógica E e a função lógica OU, como realizou combinações dessas operações. Também reparei a presença da lógica de selo. Os códigos do aluno H referentes aos exercício 1/7 e 1/10 estão apresentados, respectivamente, na Figura 87 e na Figura 88, com marcações em vermelho ilustrando algumas das utilizações das lógicas apontadas, sugerindo uma padronização de estrutura de código.

Figura 87 – Código do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno H)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 88 – Código do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno H)

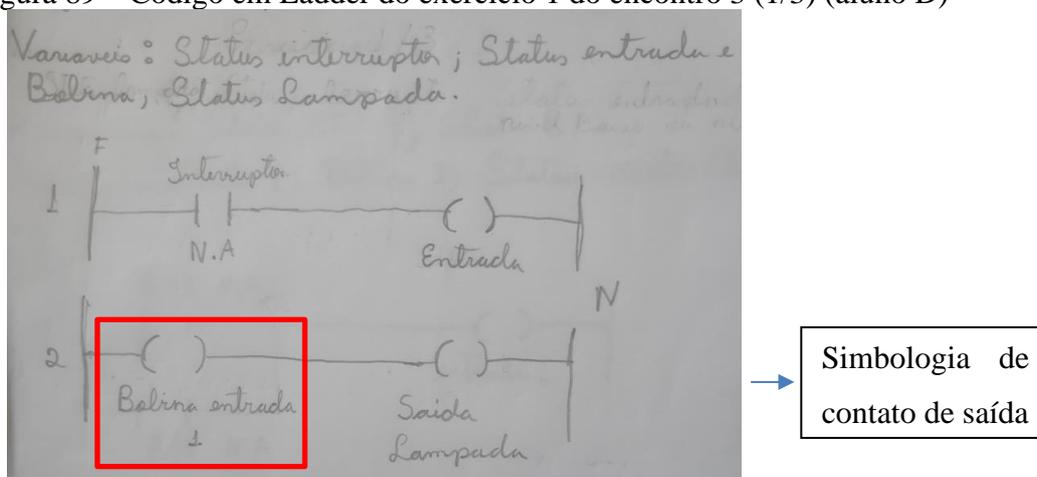


Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

O aluno D, no início da oficina, teve dificuldades em acertar a simbologia dos contatos ao elaborar a programação em linguagem Ladder sem o auxílio do computador. Percebi este fato na resolução do exercício 1 do encontro 3 (1/3) e do exercício 2 do encontro 3 (2/3),

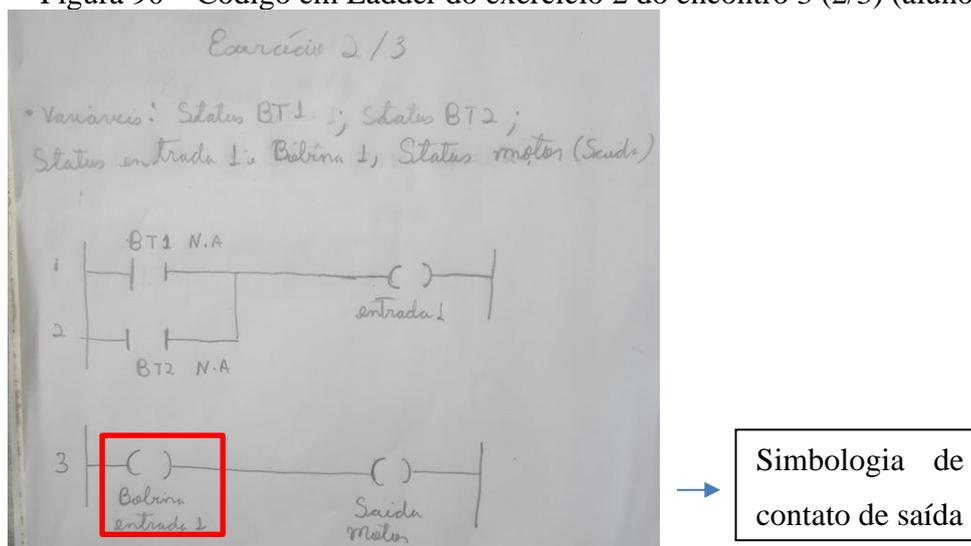
apresentados, respectivamente, nas Figura 89 e Figura 90. Os destaques em vermelhos nas referidas figuras indicam um erro, pois o aluno D utilizou o símbolo de contatos de saídas para representar contatos de entrada. Já no código do exercício 1 do encontro 11 (1/11 – parte 1), representado pela Figura 91, o estudante corrigiu o erro, utilizando a simbologia correta. Nesta mesma Figura 91, assinei em vermelho alguns recursos de soluções de exercícios anteriores que o estudante reutilizou, como: funções lógicas E e OU, função inversora (NOT) e lógica de selo.

Figura 89 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 3 (1/3) (aluno D)



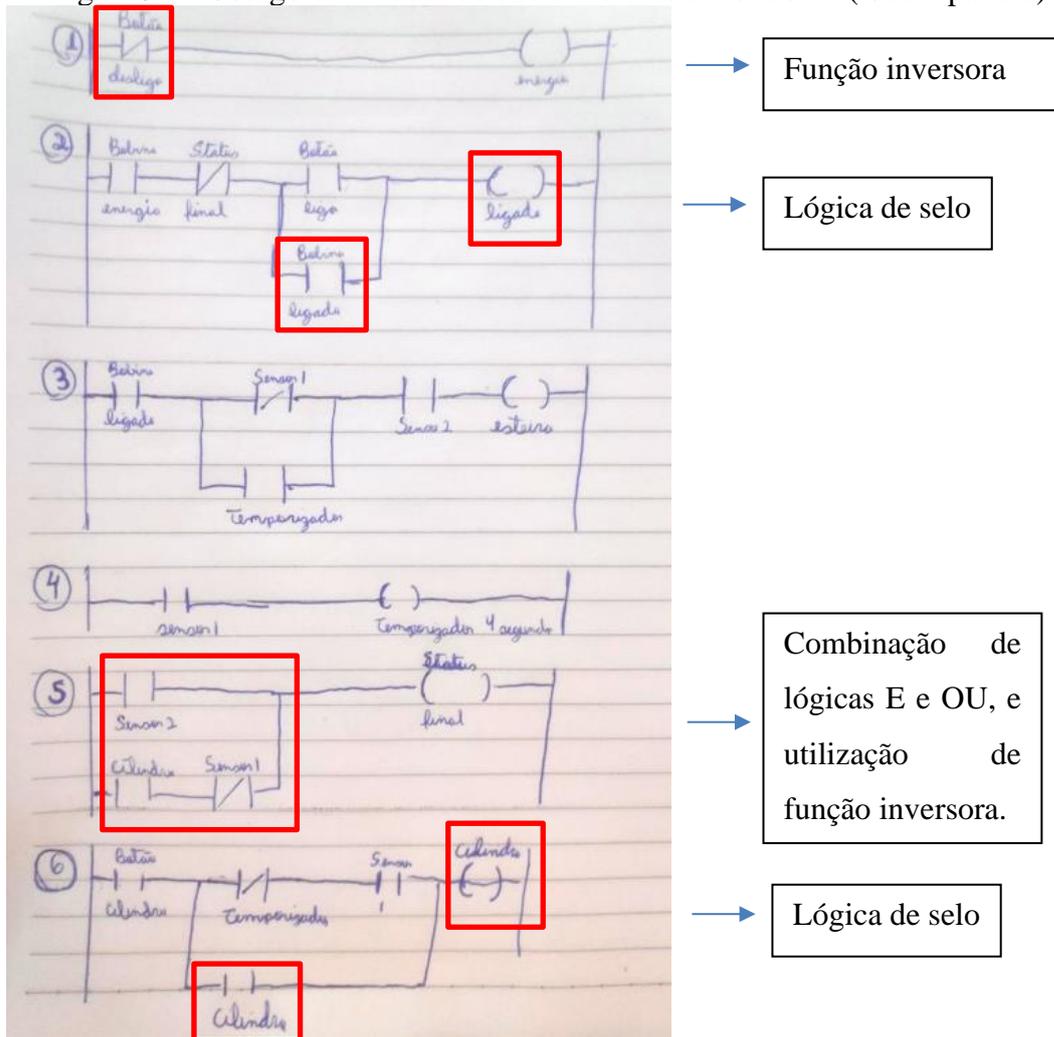
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 90 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 3 (2/3) (aluno D)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

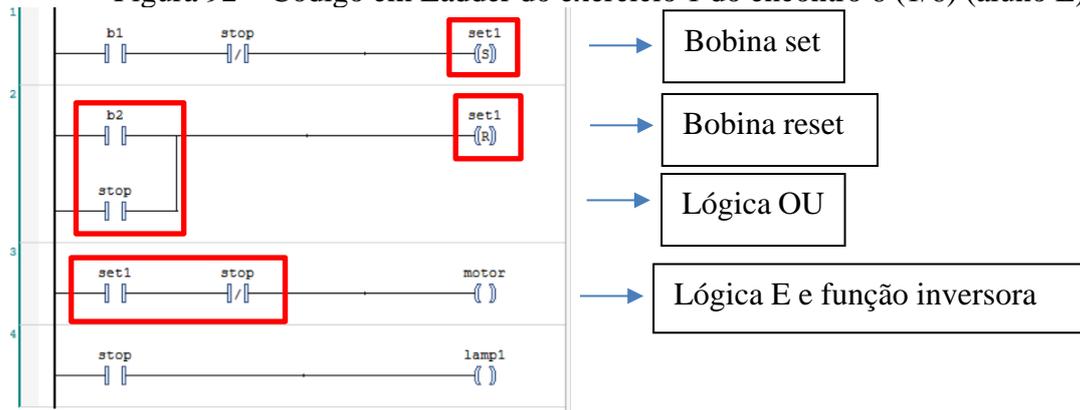
Figura 91 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 11 (1/11 – parte 1) (aluno D)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

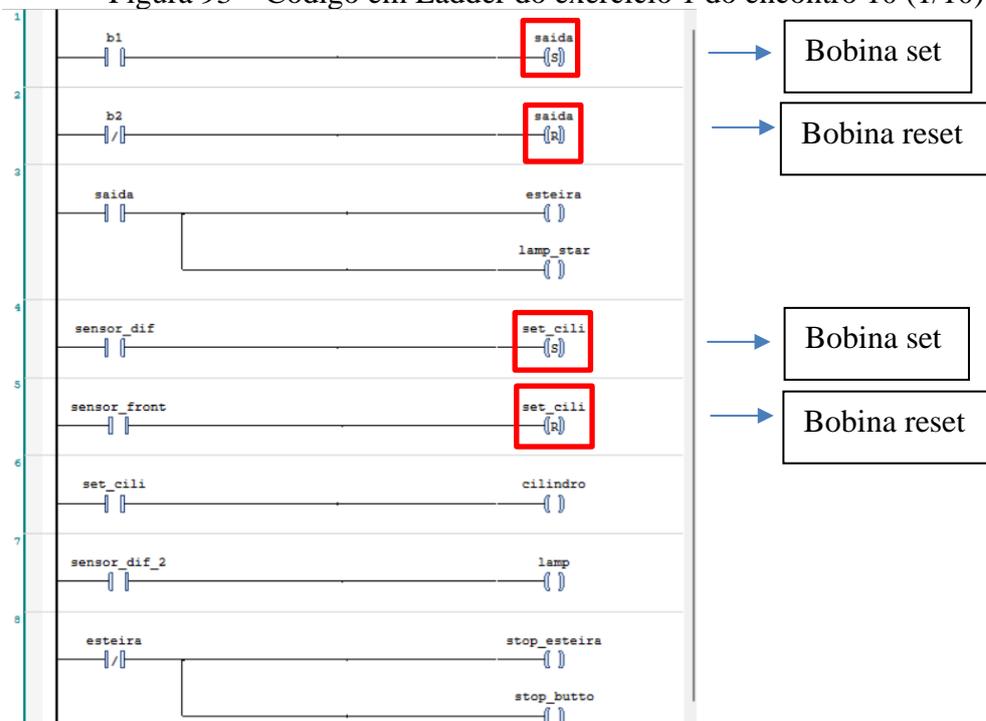
Já o aluno E, por exemplo, teve outro padrão para substituir a lógica de selo. Ele preferiu utilizar as bobinas de saída set e reset para realizar a mesma função. Os destaques em vermelho dos contatos com a simbologia “(S)” e “(R)” na Figura 92 (exercício 1 do encontro 6 (1/6)), e na Figura 93 (exercício 1 do encontro 10 (1/10)), ilustram a preferência do aluno E em padronizar os seus códigos com a utilização dos recursos de set e reset para ativar e desativar um contato de saída. Notei também nesses dois exercícios o uso de instruções de programação aprendidas em encontros anteriores, como função inversora (NOT), função lógica E e função lógica OU, sendo algumas assinaladas em vermelho nas Figura 92 e Figura 93.

Figura 92 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 6 (1/6) (aluno E)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 93 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno E)



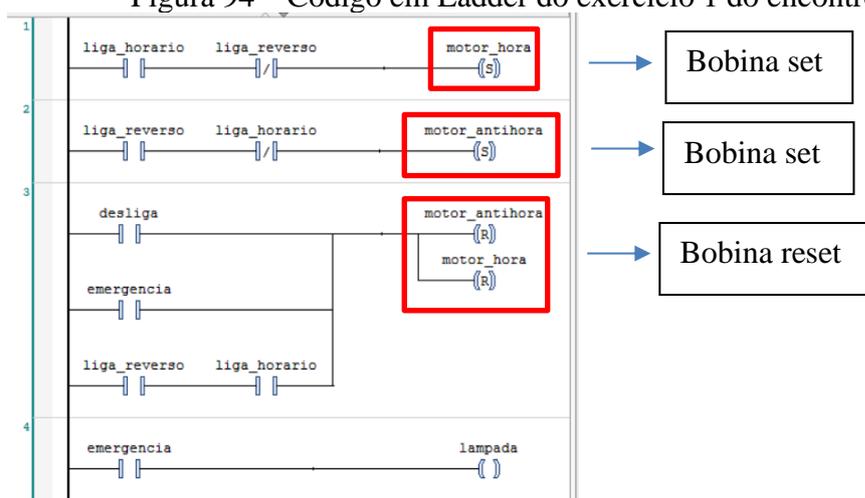
Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

O aluno F, por sua vez, padronizou um de seus códigos com a utilização dos recursos das bobinas set e reset, conforme destaque em vermelho na Figura 94, que representa a resposta do estudante sobre o exercício 1 do encontro 7 (1/7). Nesse mesmo exercício foi possível identificar outro padrão utilizado pelo aluno F, que foi o uso de representação dinâmica da tela de IHM. Esse tipo de animação foi utilizada por ele tanto na simulação pela tela de IHM do exercício 2 do encontro 5 (2/5), vide Figura 54, como nesse exercício 1/7, conforme a Figura 95. Nessa última figura mostra duas telas da IHM, onde numa apresenta a rotação do motor no sentido horário, e outra indica a rotação do motor no sentido anti-horário. Dependendo do

sentido do motor, apenas uma imagem da rotação aparece para o usuário. Este recurso não foi ensinado na oficina e o estudante utilizou em dois exercícios, indicando esta padronização em suas telas de IHM e apresentando uma inovação para a turma. Nesse caso, vislumbrei as ideias do pensamento inovador e do pensamento criativo, características do PC (MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016), já que o estudante conseguiu apresentar para os colegas uma maneira de padronização utilizando a representação dinâmica na tela de IHM que não foi apresentada por mim (professor), nem pelos demais colegas. Ao usar um recurso não apresentado na oficina, o aluno F revela uma postura exploradora e inovadora perante a turma, usufruindo da sua criatividade para pesquisar uma nova possibilidade de produzir, melhorar e utilizar a tela de IHM.

Já no exercício 1 do encontro 10 (1/10) o aluno F utilizou tanto a lógica de selo como a set e reset, mesmo que ambas instruções tenham funções similares. No entanto, percebi que o aprendiz utilizou a lógica de selo para os atuadores do processo, que no caso foram a esteira e o cilindro; e aplicou as bobinas de saída set e reset para o acionamento das lâmpadas do sistema, conforme destacado em vermelho na Figura 96. Sendo assim, o estudante padronizou os acionamentos de saída do processo. Por fim, notei em seus códigos a utilização de função inversora (NOT) e funções lógicas E e OU, tanto nos exercícios das Figura 94 e Figura 96 (sem marcação de tais elementos), como em outros códigos do aluno.

Figura 94 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno F)



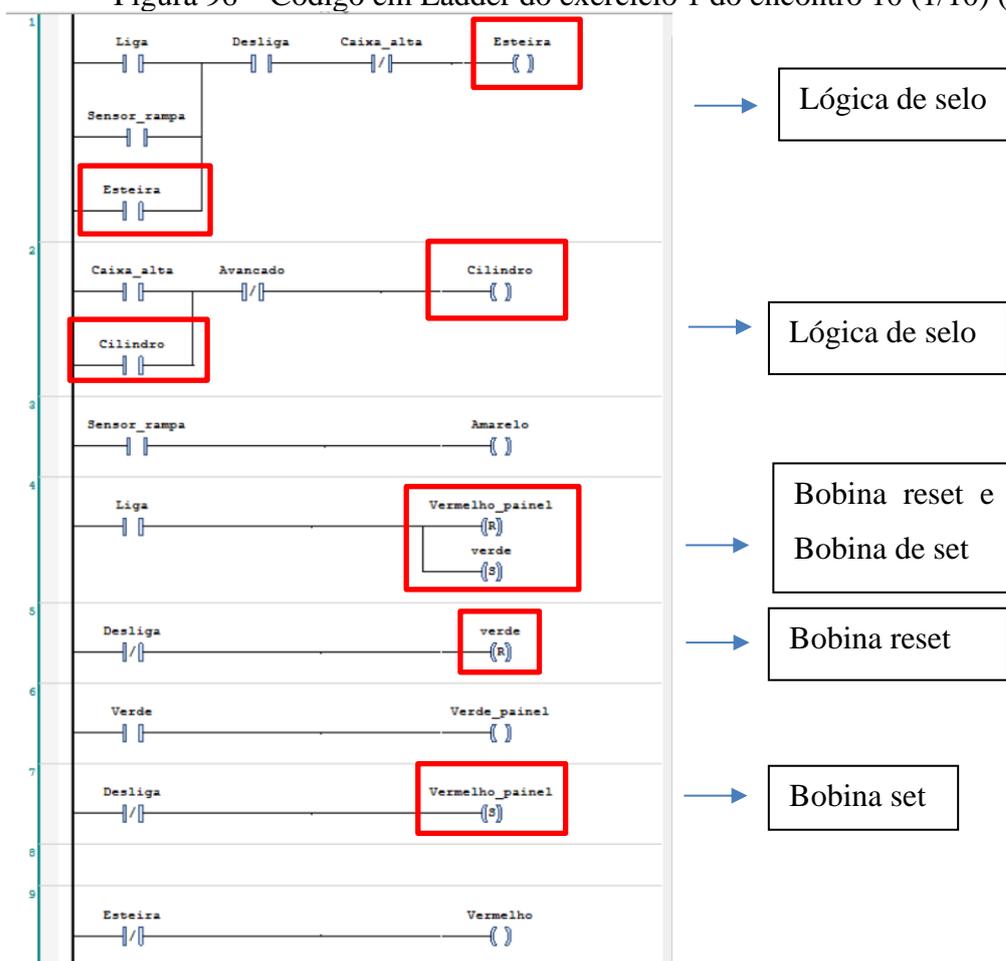
Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

Figura 95 – Telas de IHM do exercício 1 do encontro 7 (1/7) (aluno F)



Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021).

Figura 96 – Código em Ladder do exercício 1 do encontro 10 (1/10) (aluno F)

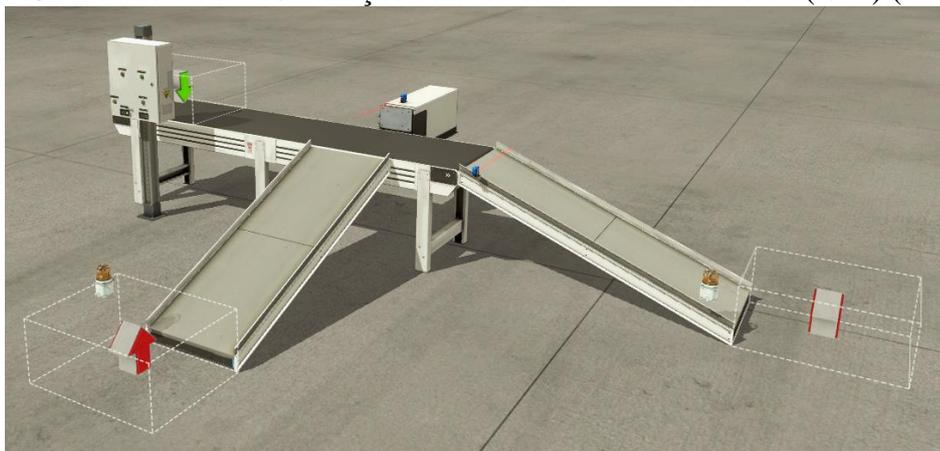


Fonte: *Corpus da pesquisa* (2021) com anotações do autor.

No exercício 2 do encontro 14 (2/14), em que os alunos tiveram a liberdade de desenvolver os seus próprios projetos, desde o enunciado até a simulação no ambiente 3D, tanto o aluno B como o aluno G utilizaram diversos recursos aprendidos durante a oficina. Eles elaboraram os cenários de seus exercícios utilizando uma esteira para selecionar caixas e vários dispositivos apresentados nas aulas, conforme ilustram a Figura 97 (aluno B) e a Figura 98 (aluno G). Nos seus códigos não foi diferente, pois eles reutilizaram partes dos exercícios

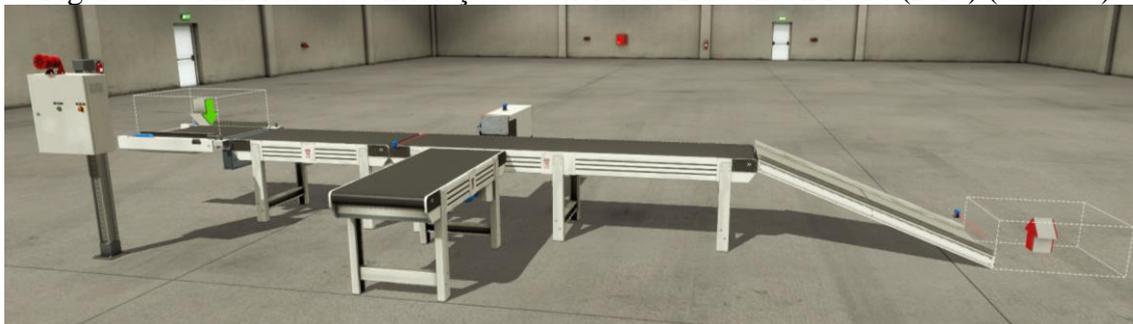
resolvidos anteriormente e aplicaram nesse projeto, como: contador, função inversora (NOT) e funções lógicas E e OU, bobinas de saída set e reset e lógica de selo. Para ilustrar tais funcionalidades, assinaei algumas delas em vermelho nas Figura 99 e Figura 100, que mostram partes dos códigos desenvolvidos pelos alunos B e G, respectivamente. Logo, essa amostra dos códigos desses alunos foi mais um exemplo de reutilização dos conceitos vistos na oficial e aplicados em projetos.

Figura 97 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno B)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Figura 98 – Ambiente de simulação do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno G)

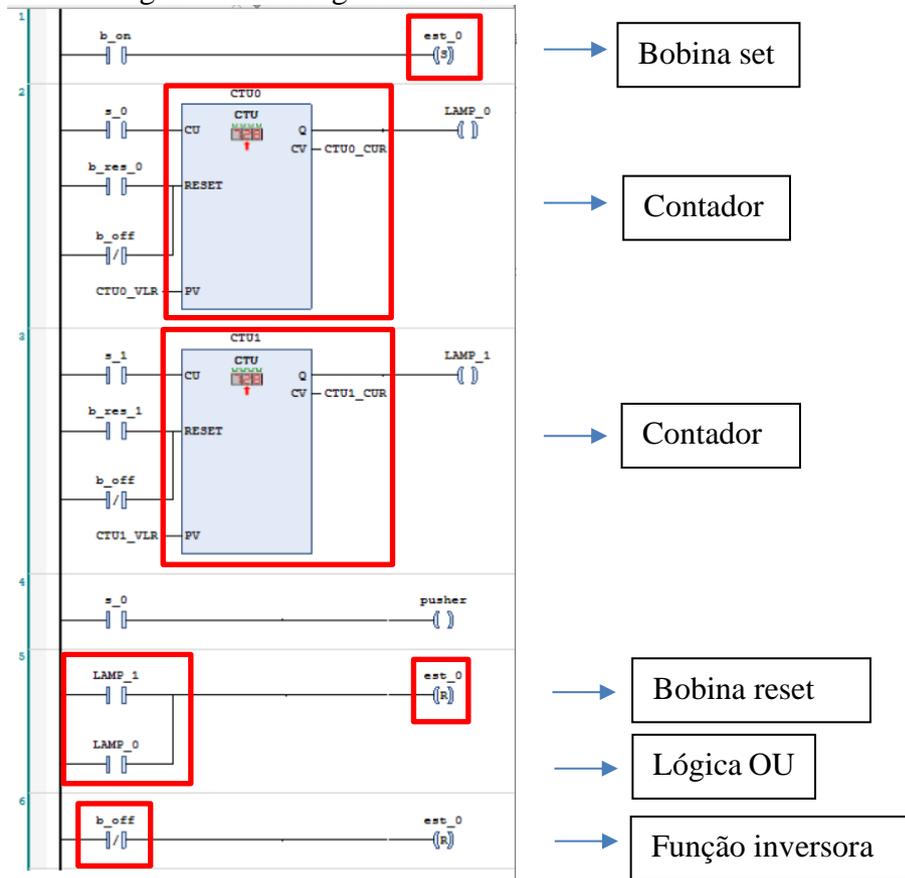


Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021).

Esse exercício 2/14 teve o intuito provocar os estudantes a aplicarem os seus conhecimentos de engenharia, como também a fazer com que eles compreendessem os impactos das soluções em contextos globais e sociais que, segundo Araújo, Silva e Costa Filho (2017), são competências e habilidades importantes aos egressos de cursos de engenharia. Pelo fato de os alunos terem problematizado uma situação para resolver posteriormente, creio que eles conseguiram desenvolver tais atributos, pois tiveram que pensar sobre um processo industrial para automatizar desde o início. Para isso, eles tiveram que visualizar uma situação

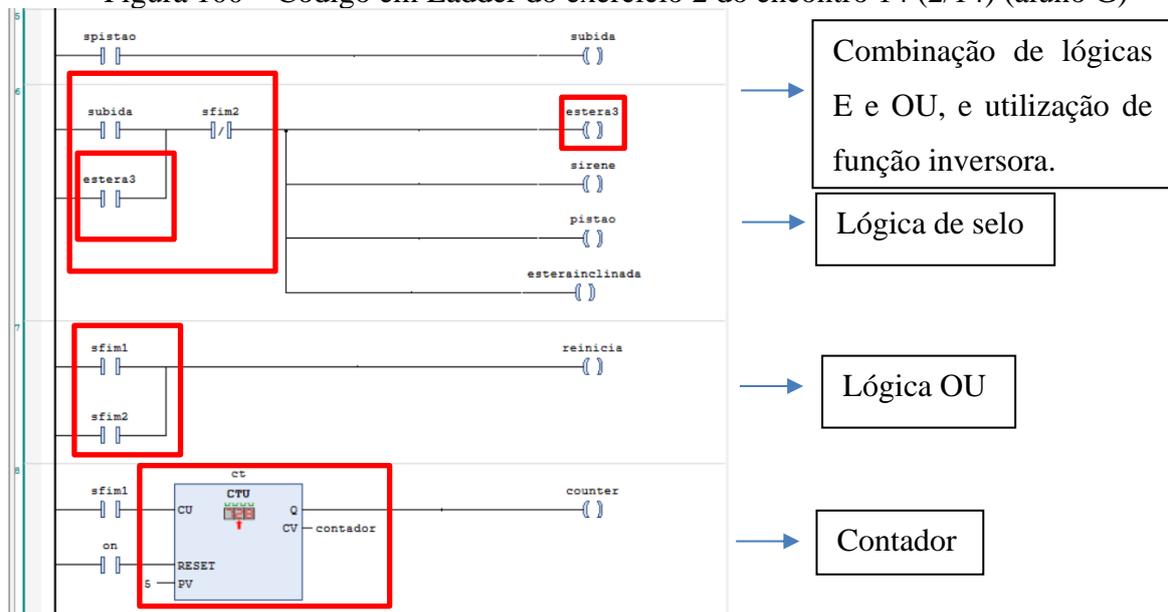
real que poderia acontecer em um contexto industrial de cunho social, e utilizar seus conhecimentos para resolver o problema.

Figura 99 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno B)



Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Figura 100 – Código em Ladder do exercício 2 do encontro 14 (2/14) (aluno G)

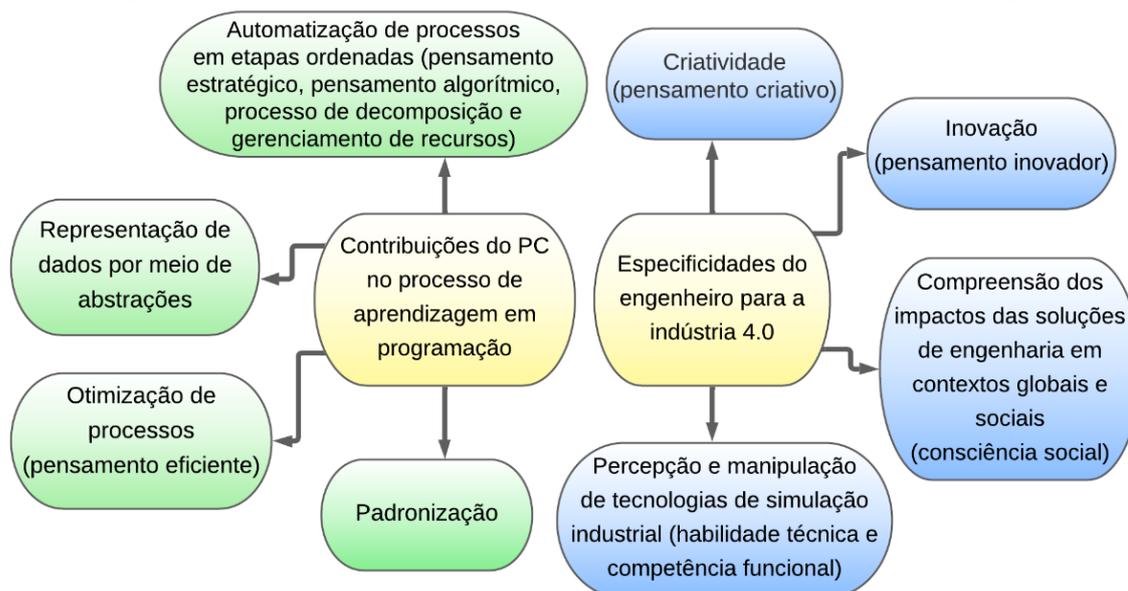


Fonte: *Corpus* da pesquisa (2021) com anotações do autor.

Então, após apontar circunstâncias de padronização de alguns alunos nesta subseção através de lógicas de programação de CLP, foi possível constatar que os aprendizes, em sua maioria (seis dos oito participantes), conseguiram identificar padrões de códigos desenvolvidos ao longo da oficina e aplicá-los em resoluções de diversos problemas. A reutilização de recursos e lógicas em códigos variados reforça o processo da padronização dos elementos de programação, indicando que para determinadas situações, os alunos irão utilizar os mesmos procedimentos.

A partir da análise de toda a subseção 4.1, verifiquei que os alunos conseguiram construir os seus códigos de programação em linguagem Ladder desenvolvendo atributos do PC. Os estudantes conseguiram realizar a automatização de processos em etapas ordenadas, desenvolvendo o processo de decomposição, o pensamento lógico e o pensamento algorítmico para a elaboração dos algoritmos e dos programas propostos na oficina; também consideraram a representação de dados por meio de abstrações, utilizando os recursos dos softwares de programação e simulação com a tela de IHM e o ambiente em 3D; adquiriram a competência de otimização de processos, desenvolvendo o pensamento eficiente pela construção de uma resolução com o menor número de etapas para solucionar um problema e, assimilaram o conceito de padronização, construindo programas a partir de subprogramas já desenvolvidos em outros exercícios. Também apontei algumas especificidades importantes do engenheiro para a indústria 4.0 percebidas durante a análise, como: a compreensão dos impactos das soluções em contextos globais e sociais, as habilidades de criatividade e inovação e o desenvolvimento sobre a manipulação de tecnologias de simulação industrial. Ao desenvolver um problema os alunos tiveram que estar atentos à importância do processo no ramo industrial e o seu impacto na sociedade (o quanto será útil para as pessoas e para a empresa a automatização do processo em questão?) – consciência social. Também tiveram que compreender quais tecnologias eles tinham disponíveis e quais poderiam implementadas no processo, necessitando de uma percepção de gerenciamento de recursos. Ao conseguirem construir e simular os programas, os estudantes desenvolveram suas habilidades técnicas e suas competências funcionais. Esses movimentos remetem ao desenvolvimento das habilidades de gestão, criatividade e inovação, já que a solução de alguns problemas possibilita novas alternativas. Para sintetizar, todos os elementos identificados durante a análise dos códigos estão apresentados na Figura 101.

Figura 101 – Relações dos elementos identificados na análise dos códigos



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Por fim, posso inferir que as considerações que remetem as especificidades do engenheiro para a indústria 4.0 e as singularidades que caracterizam o PC podem contribuir no processo de aprendizagem em programação em linguagem Ladder. Também compreendi que as dinâmicas desenvolvidas na oficina propiciaram esse movimento de exploração de tais atributos.

A seguir está apresentada a análise do *corpus* de pesquisa relativa aos textos, segundo Moraes e Galiazzi (2007), buscando tecer relações entre o que já foi considerado e o que os dados textuais revelam.

4.2 O QUE REVELAM OS DADOS TEXTUAIS

A análise dos dados textuais do *corpus* (as produções dos alunos e as minhas observações como pesquisador/professor da oficina) foi desenvolvida seguindo os estágios da análise textual discursiva. A etapa de unitarização da ATD foi realizada baseada nos protocolos de análise identificados na Figura 32, os quais serviram como unidades de contexto para delimitar o cenário da análise. Da fragmentação dos textos do *corpus* originaram as unidades de análise, as quais tiveram relação com o processo de aprendizagem dos alunos e com as teorias que a tese aborda. Nesse processo foram analisados registros que demonstravam as percepções e características que expressavam algum indicador de aprendizagem do aluno, podendo ser pela metodologia e prática pedagógica empregado por mim (professor), pelo ambiente de aprendizagem desenvolvida na oficina, pela tecnologia de simulação em 3D utilizada na

indústria 4.0, etc. Assim, no Quadro 7 estão apresentados alguns fragmentos relevantes dos diários dos alunos e as unidades de análise que tiveram relação com a etapa desenvolvida de unitarização. Durante a leitura dos textos, percebi vários relatos se referindo à dinâmica e à didática considerada nos encontros, sendo esses fatores resultantes das ações planejadas no processo de ensino e aprendizagem para a realização da oficina, tendo como base os conceitos do quadro teórico. Também considerei nesse processo de unitarização as minhas observações escritas que realizei durante os encontros. Posto isso, retirei fragmentos das minhas anotações que corroboravam as mensagens dos alunos, como mostram os textos no Quadro 8.

Quadro 7 – Unitarização pelos diários dos alunos

(continua)

Unitarização (fragmentação dos textos)	Unidades de análise
“[...] todos os colegas participam e comentam suas opiniões.” (aluno C, encontro 1).	Interação entre os alunos da oficina.
“Neste dia foi apresentado o software no qual iremos trabalhar. O software [...] parece ser fácil de utilizar e intuitivo.” (aluno B, encontro 4).	Interação dos alunos com o software de programação de CLP.
“Este encontro foi totalmente dedicado a resolução dos 4 exercícios propostos em sala, tendo como objetivo a solução de problemas através da linguagem ladder e a programação de IHM [...]” (aluno D, encontro 5).	Interação dos alunos com o software de programação de CLP, utilizando a tela de IHM.
“Neste encontro, aprendemos muitas coisas integramos dois softwares, [...]” (aluno B, encontro 8).	Interação dos alunos com o software de programação de CLP e com o software de simulação em 3D.
“Nesta atividade começamos a conhecer e nos ambientar com o software [...]” (aluno C, encontro 8).	Interação dos alunos com o software de simulação em 3D.
“[...] é um programa bastante viável de se utilizar na hora de projetar algum sistema automatizado.” (aluno H, encontro 9).	Interação dos alunos com o software de simulação em 3D.
“[...] essa aula o pessoal em geral participa bastante, o que a torna mais interessante.” (aluno H, encontro 9).	Interação entre os participantes da oficina.
“Faltei a última aula, porém consegui realizar o exercício da montagem da cena [...]. Com a ajuda do professor consegui realizar a cena. (aluno E, encontro 10).	Interação do aluno com o professor.
“[...] nos deu uma noção básica de como fazer a comunicação entre as duas plataformas, através dos drivers de comunicação.” (aluno F, encontro 10).	Interação dos alunos com o software de programação de CLP e com o software de simulação em 3D.
“Nesta aula aumentamos os passo a passo de construção da programação, começamos pelo ladder feito no papel, depois passamos o ladder para o software [...] e na sequência realizamos a simulação [...]” (aluno C, encontro 11).	Interação dos alunos com o software de programação de CLP e com o software de simulação em 3D.

(conclusão)

“Aula de demonstração dos exercícios feitos, os quais ficaram compreendidos.” (aluno E, encontro 13).	Interação entre os alunos da oficina e interação dos alunos com os softwares de programação de CLP e de simulação em 3D.
---	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2022), a partir do *corpus* da pesquisa (2021).

Quadro 8 – Unitarização pelas minhas observações

Unitarização (fragmentação dos textos)	Unidades de análise
“Neste encontro ouve uma boa troca de ideias sobre os assuntos abordados. Imagino que isso tenha ocorrido porque eles relataram muitos casos vivenciados durante o encontro.” (minhas anotações, encontro 1).	Interação entre os participantes da oficina.
“Os alunos falaram e interagiram quando questionados. Poucos têm o hábito de intervir e complementar alguma informação que eu abordo. No entanto, quando a interação ocorre, através de perguntas que faço quando conversamos, sinto que estou conseguindo fazer com que eles tenham novas percepções sobre os conceitos da aula.” (minhas anotações, encontro 2).	Interação entre o professor e os alunos da oficina.
“Os alunos, por ser um conteúdo novo, ficaram mais quietos, observando a resolução do exercício que eu estava demonstrando para eles. Quem tinha um maior conhecimento conseguiu interagir e ajudar na resolução do problema. Foi uma aula expositiva e colaborativa, em que eu ia perguntando para os alunos o que fazer em cada nova etapa do exercício até chegar no resultado final.” (minhas anotações, encontro 6).	Interação entre o professor e os alunos da oficina. Interação dos alunos com um dos softwares utilizados na oficina.
“Como foi um encontro com conteúdo mais técnico, os alunos não interviram muito durante a minha explicação. A interação ocorreu quando surgia um erro na programação. Daí ocorria uma discussão sobre a solução do problema. Então, através das simulações e dos erros, discutíamos a solução e quais outros elementos poderiam ser alterados para melhorar o código. No final da aula, os alunos já estavam tentando fazer a programação da sua maneira, diferente de como eu mostrei. Também já estavam apresentando outras funcionalidades que eu não tinha explicado.” (minhas anotações, encontro 8).	Interação entre o professor e os alunos da oficina. Interação dos alunos com os softwares utilizados na oficina.
“[...] pelas conversas durante a aula pude perceber que os alunos estão interessados no software de simulação em 3D, acrescentando recursos que eu não tinha ensinado, e até mesmo alguns que eu não conhecia.” (minhas anotações, encontro 12).	Interação entre os participantes da oficina. Interação dos alunos com os softwares utilizados na oficina.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022), a partir do *corpus* da pesquisa (2021).

Em relação aos diários dos alunos tive algumas dificuldades em relação ao conteúdo dos textos. Mesmo que eu tivesse incentivado os estudantes a escreverem sobre as suas percepções, preocupações e avanços de seus aprendizados na programação de CLP na linguagem Ladder, entre outras que eles achassem relevantes mencionar, alguns alunos relataram o que acontecia na aula, ao invés de revelar informações sobre os seus próprios processos de aprendizagem. Como exemplo apresento abaixo o texto do diário do aluno F sobre o encontro 3:

Na aula de hoje aprendemos a maneira da interpretação da linguagem ladder, funcionamento semelhante com os diagramas elétricos, mostrando seus contatos e bobinas como saídas. Realizamos exercícios para praticar conceitos básicos. (aluno F, encontro 3).

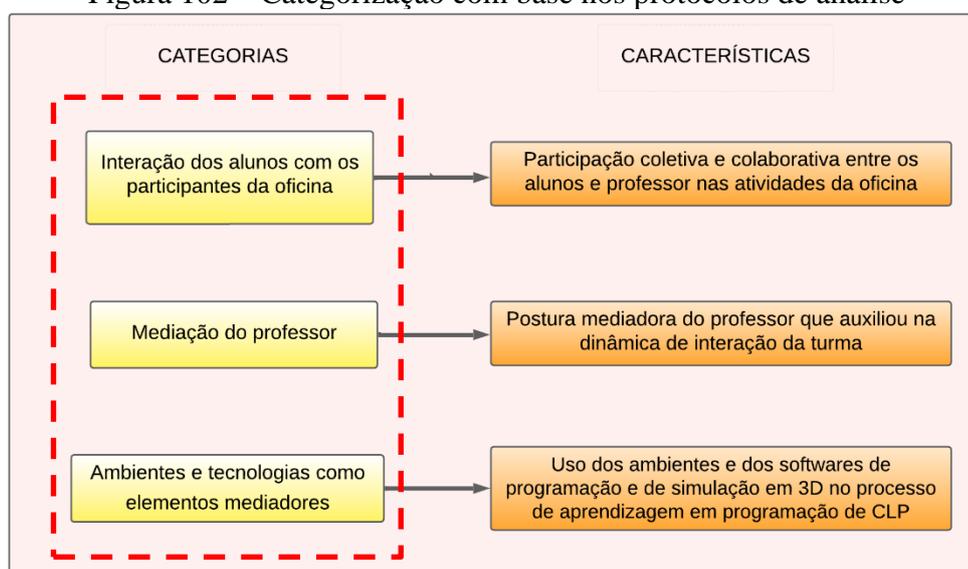
Talvez isso tenha acontecido pela falta de costume com esse tipo de reflexão. O processo de escrita com um olhar interior, em um processo recursivo, pode provocar movimentos que desencadeiam processos de ressignificação e de reflexão. Isso pode ser a base da autorregulação (PERRENOUD, 1999) entendido como processo de identificar e refletir sobre seus erros e obstáculos conceituais, ampliando a sua compreensão sobre o objeto de estudo. Nesse sentido, a conduta relacionada a autoavaliação ainda carece ser melhor explorada no ensino em Engenharia.

Outro aspecto que emergiu em relação às informações dos alunos foi que nem todos escreviam ou enviavam os códigos referentes as práticas de aprendizagem realizadas a cada encontro, mesmo que eles tivessem participado ativamente da aula. No entanto, na maioria dos textos pude extrair, analisar e interpretar informações importantes sobre os temas abordados no quadro teórico, contribuindo para a continuidade das investigações.

Seguindo o processo da ATD, a partir da unitarização, foram elaboradas categorias emergentes com o intuito de delimitar e direcionar o conteúdo do metatexto. Assim como as unidades de contexto relacionadas nos protocolos e as unidades de análise oriundas do processo de unitarização, as categorias tiveram diversas versões, uma vez que essas foram sendo alteradas pelas diversas leituras e interpretações que eu ia desenvolvendo durante a análise dos textos. Esse movimento cíclico e recursivo faz parte do processo investigativo e interpretativo da análise dos dados (MORAES; GALIAZZI, 2007). Então, após a revisão das unidades de análise do processo de unitarização, criei, com base no quadro teórico desenvolvido e no propósito investigativo desta tese, três categorias para agrupar e representar tais unidades, dentre elas: a categoria Interação dos alunos com os participantes da oficina, que foi elencada pela minha percepção sobre a ativa participação coletiva e colaborativa dos alunos durante as

atividades propostas na oficina; a categoria Mediação do professor, que foi relacionada devido a minha postura como mediador da oficina e que auxiliou na dinâmica de interação da turma e; a categoria Ambientes e tecnologias como elementos mediadores, criada devido à repercussão dos alunos ao comentarem em seus diários sobre ao uso dos ambientes e dos softwares de programação e de simulação em 3D no processo de aprendizagem em programação de CLP. As categorias e as características centrais (síntese) de cada uma delas estão representadas na Figura 102.

Figura 102 – Categorização com base nos protocolos de análise



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Após a identificação das categorias foi desenvolvido o metatexto, última etapa da ATD conforme Figura 31. Nesse processo, cada categoria foi descrita e articulada com os conceitos desenvolvidos no quadro teórico, buscando responder à pergunta de pesquisa.

4.3 EMERGÊNCIAS DAS ANÁLISES DOS CÓDIGOS E DOS TEXTOS

O último estágio realizado da ATD foi a produção do metatexto a partir das minhas interpretações e argumentações sobre os diários desenvolvidos pelos alunos e das observações que obtive durante a oficina. Desse processo originou a articulação dos dados textuais do *corpus* com as teorias de desenvolvimento e aprendizagem de Vygotsky e Papert, e com os aspectos construídos na análise dos códigos, que relacionaram as peculiaridades do PC e as especificidades do engenheiro que deseja atuar no cenário da indústria 4.0. Nesse sentido, as categorias emergentes geraram a base do metatexto, e as informações construídas ao longo das

leituras e releituras foram articuladas com o conteúdo do quadro teórico e com a análise dos códigos, revelando como foram os desenvolvimentos das dinâmicas ocorridas na oficina. Desta maneira, o metatexto foi organizado e produzido articulando as categorias identificadas, relacionadas na Figura 102, tecendo os dados textuais com as teorias e com a análise dos códigos, com a intencionalidade de revelar argumentos que possam responder à pergunta de pesquisa. Cabe ressaltar que nas subseções a seguir foram apresentados textos adicionais aos já apresentados nos Quadro 7 e Quadro 8.

4.3.1 Interação dos alunos com os participantes da oficina

Neste subitem apresentei fragmentos dos textos que relacionaram, de alguma forma, a participação e a interação dos alunos com os participantes da oficina, sendo esta interação entre os colegas, ou comigo (professor). Pelas escritas dos estudantes também consegui observar diversas sensações dos alunos em relação aos encontros, desde um sentimento positivo por eles estarem aprendendo os conceitos abordados em aula até as suas dificuldades. As emoções expostas tiveram relação com as dinâmicas e a didática desenvolvidas na oficina, uma vez que na oficina preponderou as relações sociais entre os participantes. Relatos no início da oficina foram úteis para que eu pudesse notar o nível de satisfação dos estudantes com as aulas, motivando-me a adaptar ou ajustar detalhes do planejamento e continuar com as dinâmicas dos encontros. Alguns trechos dos diários que indicaram que os estudantes estavam gostando e aprendendo foram: “Então, achei que foi legal, aprendi alguns conceitos e sobre indústria 4.0 e lembrei de outros.” (aluno B, encontro 1), “Até então a minha opinião sobre algoritmo era um pouco vaga, e com a aula, consegui formar uma opinião bem sólida sobre o assunto.” (aluno G, encontro 2) e “Ótima aula.” (aluno B, encontro 3). Desta maneira, fui aumentando a minha confiança, prosseguindo com o processo de ensino por meio da mediação, já que estava sendo uma experiência nova para mim. Ademais, outro fato intrigante que pude perceber e que me impulsionou a seguir com o planejamento da oficina foi verificar em diversos relatos a utilização da expressão “interessante”, demonstrando que os estudantes tiveram um sentimento intrigante/incomum em relação às aulas. Cito alguns exemplos: “A aula foi muito interessante.” (aluno B, encontro 2), “Foi interessante relacionar as lógicas de AND e OR com os botões.” (aluno H, encontro 3), “As aulas estão ficando cada vez mais interessantes.” (aluno C, encontro 4), “O encontro foi muito interessante [...]” (aluno A, encontro 4) e “A aula de hoje interessante, aprendemos a trabalhar com intertravamento na linguagem ladder.” (aluno C, encontro 7). Esse fato curioso apresentado pelos alunos eu atribuo a dinâmica desenvolvida em sala de aula, que

foi orquestrada pela mediação e que pareceu ser uma novidade para eles. Pela minha experiência como docente e como aluno, normalmente as aulas de cursos com conteúdos técnicos e específicos, com a engenharia, por exemplo, são mais voltadas para a explicação do professor, sem muita margem para a interação entre os estudantes. Creio que, devido à complexidade das matérias dos cursos de graduação de engenharia, exigindo uma base de cálculos e física, os estudantes necessitam de um tempo considerável para conseguirem construir sozinhos ou de forma colaborativa os conhecimentos das disciplinas. Então, vejo nas aulas de engenharia o professor atuando com mais propriedade e com mais protagonismo que os alunos, até porque, pelo período que os docentes têm para lecionar o conteúdo do semestre, demandaria a ele mais tempo para desenvolvê-los de forma mediada. Na própria oficina tive que aumentar o número de encontros devido o tempo aproveitado pelas interações sociais. Caso eu não tivesse essa flexibilidade, teria que abordar menos conteúdos, ou interromper algumas discussões ocorridas nas aulas. Então, acredito que a metodologia de ensino pela mediação social aplicada nos encontros pode ter provocados essa reação intrigante nos alunos.

Alguns depoimentos indicam sinais do processo de internalização dos temas em estudo, considerando que a internalização trata de um processo que relaciona uma atividade externa mediada por signos e instrumentos numa atividade interna. Ou seja, pela interação social (por meio de signos, como a fala, por exemplo) ocorre o desencadeamento de processos internos (pensamentos, imaginação, etc.). Essa mobilização é fundamental para o desenvolvimento das FPS, que por sua vez, promove o processo cognitivo da pessoa (CAVALCANTI, 2005; VYGOTSKY, 1991). Dessa forma, os aprendizes, em seus relatos, demonstraram que eles, a partir da dinâmica de sociointeração, conseguiram resolver os exercícios que tinham dificuldades, indicando o nível de desenvolvimento potencial da teoria de Vygotsky. Este nível caracteriza-se pelas atividades que o estudante não consegue realizar sozinho, necessitando da ajuda/colaboração de uma pessoa mais capaz (VYGOTSKY, 1991). O aluno D ilustra esse momento de interação entre os participantes (mediação dos colegas e mediação do professor), como também evidência a necessidade da ajuda de outrem no trecho: “Vale ressaltar que além da ajuda do professor, também recebi ajuda dos colegas de turma, no qual me ajudaram a realizar alguns exercícios.” (encontro 4). No início da oficina esse estudante apresentou algumas dificuldades para desenvolver os exercícios, principalmente dos encontros 3 e 5, conforme mostram a Figura 77, a Figura 78, a Figura 79 e a Figura 80, que revelam inconformidades de simbologia, nomenclatura e erro de programação. No entanto, mais adiante em outro encontro, foi possível identificar em seu relato a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) e o nível de desenvolvimento real. Segundo a teoria Vygotskyana, ZDP indica o período

que o aluno necessita da ajuda de alguém mais capacitado até conseguir realizar a tarefa sozinho, e o nível de desenvolvimento real refere-se às atividades que o estudante já consegue fazer sozinho sem o auxílio do outro. Portanto, o aluno D, referente ao encontro 10, revelou que conseguiu sanar suas dúvidas em aula através da interação social (indicando a ZDP), e após concluiu sozinho os exercícios, revelando o nível de desenvolvimento real. O seu depoimento sobre essa aula, ilustrando esses conceitos da teoria de Vygotsky, foi:

Com a explicação do funcionamento do cenário proposto pelo professor no encontro anterior, juntamente com a explicação isolada do funcionamento de cada componente, a programação do cenário que antes eu estava achando complexo se tornou algo simples de efetuar, algumas dúvidas surgiram, como a manipulação dos sensores do cilindro, porém foram facilmente retiradas em aula. Não foi possível acompanhar a aula até o final nesta sexta-feira, porém com todas as informações passada anteriormente, consegui efetuar sozinho o exercício no sábado. (aluno D, encontro 10).

Esse processo de reverberação revelada no diário do estudante D, combinado com a sua resposta do exercício 1 do encontro 11 (1/11 – parte 2) - Figura 47 e Figura 48 - em que ele demonstrou assimilar as funcionalidades da linguagem Ladder de forma organizada e sequencial e demonstrou compreender a importância de nomear os componentes do processo, ilustra que ele conseguiu significar conceitos a partir da reconstrução interna por uma operação externa, característica do processo de internalização. Logo, pelo relato acima do aluno D é possível perceber a sua manifestação sobre o seu nível de desenvolvimento potencial ao dizer que teve dúvidas em relação aos sensores do cilindro, necessitando de auxílio dos colegas. Em contrapartida, ao relatar que conseguiu realizar os exercícios sozinho, o aluno indicou o seu nível de desenvolvimento real. Então, nesse caso, foi identificada a ZDP, que segundo Vygotsky (1991), estabelece as FPS que estão em processo de maturação. Essas funções mentais são caracterizadas pelo comportamento consciente do indivíduo, como a percepção, atenção, uso da linguagem, pensamento, etc. Já a interação social (mediação do outro) e os estímulos do ambiente possibilitam o sujeito a desfrutar de experiências desencadeiam as FPS (SOUZA; ANDRADA, 2013).

O ambiente dos encontros em um formato colaborativo e com a participação dos alunos, colocando-os como protagonistas, revelou ser positivo para a interação entre os estudantes e a troca de vivências. Essa atmosfera que promovia a interação entre os participantes foi comentada nos diários sendo um potencializador no aprendizado dos alunos, como revelou o aluno B em seu relato final: “O meu sentimento em relação a postar/compartilhar minhas dúvidas com os colegas, primeiramente foi a barreira da vergonha ou timidez com a câmera.

Porém da maneira como foi conduzida a aula, logo me senti à vontade em ter dúvidas e expô-las aos colegas.” (relato final). Desse modo, para que os alunos consigam interagir com os outros, eles precisam desenvolver suas habilidades de se relacionar consigo, prevalecendo o autoconhecimento que, segundo o estudo de Alcoforado (2019), refere-se a inteligência intrapessoal, a qual indica uma das habilidades essenciais em um ambiente com tecnologias avançadas. Assim, o aluno B demonstrou em seus relatos que refletiu sobre suas emoções e sentimentos, revelando que enfrentou seu medo de aparecer para a turma e expor suas dúvidas, o que sugere um autocontrole. Esse momento também reverbera a teoria da sociointeração de Vygotsky, uma vez que compartilhando suas dificuldades com os participantes da oficina, o aluno aumenta suas chances de resolver o exercício que tem dificuldades (CAVALCANTI, 2005). Nas minhas observações também relatei esse ambiente participativo e dinâmico:

A interação dos alunos entre eles, mostrando os seus programas no caderno, foi interessante, pois quem não estava com a câmera aberta, não hesitou em abrir e mostrar o resultado do exercício para os colegas. Essa proposta gerou conversas promissoras, pois eu questionava alguns detalhes do código dos alunos e todos tentavam ajudá-lo a responder. Normalmente se tratava de alguma melhoria que o estudante poderia fazer no seu código. (minhas anotações, encontro 3).

No encontro 7 o aluno C registrou a interação dos participantes com a seguinte frase: “Foi interessante as dúvidas que surgiram durante a aula, e todos os colegas participando tentando resolver o problema”. Neste mesmo encontro 7 escrevi um relato sobre a importância da interação dos alunos e como essa dinâmica fez com que eles pudessem rever e repensar os seus códigos de maneiras diferente, gerando um processo cíclico de pensamentos.

Os alunos tiveram muito interesse em ajudar os colegas que tinham problemas com os seus programas. Muitas ideias foram compartilhadas e acredito que novas percepções foram construídas. Uma evidência disso foi quando um aluno falou que fez várias tentativas para resolver o problema pelos métodos de resolução aprendidos na aula anterior. Logo, o conteúdo anterior foi compreendido e útil na resolução desta aula 7. No entanto, ele relatou que à medida que ele ia escutando as falas dos outros colegas, ele ia modificando e aperfeiçoando o seu programa. Essa mudança de resolução de problemas foi identificada em outras falas de outros alunos. Eles relataram que também modificaram várias vezes os seus programas. Sendo assim, aparentemente, a troca de informações foi relevante para a construção do conhecimento da lógica de intertravamento. (minhas anotações, encontro 7).

O aluno E também evidenciou a dinâmica de interação com os colegas escrevendo em seu diário o seguinte: “Foi discutido entre os alunos este exercício, o que foi interessante, pois fazendo em grupo ficou mais fácil de identificar possíveis erros.” (encontro 8). Já o aluno B registrou a atmosfera que ocorriam nas aulas pela sua escrita: “As aulas foram calmas e bem

explicadas. Fizemos o passo a passo e testamos algumas possibilidades com as esteiras.” (encontro 8). O mesmo estudante complementou: “No meu caso, tive dificuldades no dia seguinte, de relacionar os dados [...]. Porém com a ajuda do aluno [...] através do compartilhamento da minha tela, consegui entender como se faz para relacionar os dados de ambos os softwares e aí consegui montar tudo.” (aluno B, encontro 8). Esse último registro revelou a importância de criar um ambiente colaborativo que possibilita a mediação de colegas, que também pode ser entendida como sociointeração, onde os estudantes puderam se ajudar e compartilhar informações e ideias. O fato de o aluno B ter conseguido montar e simular o cenário exigido no exercício 1 do encontro 12 (1/12 – parte 2), conforme Figura 49 e Figura 50, o qual ele elaborou uma cena industrial e um programa de forma clara e coerente, sugere que o conhecimento compartilhado com os colegas fez com que o estudante atingisse um certo grau de autonomia para realizar a atividade. Em seu relato final o aluno B também ressaltou a participação dos colegas, auxiliando no seu processo de aprendizagem: “Sobre a dinâmica da aula, achei interessante, pois houve a participação ativa no aluno, sendo assim, fica mais fácil entender e memorizar as aulas e os materiais utilizados [...]”. Essa dinâmica foi ressaltada também pelo aluno E na aula 10 com a frase: “Foi discutido entre os alunos este exercício, o que foi interessante, pois fazendo em grupo ficou mais fácil de identificar possíveis erros”.

Assim, o ambiente de aprendizagem envolvendo debates, questionamentos, problematizações promoveu um conjunto de intervenções e estratégias pelo qual os estudantes puderam dar sentido as atividades realizadas. Esse ambiente gera um movimento de cocriação junto aos colegas de oficina, potencializando seus aprendizados conforme reverbera a mediação Vygotskyana (ZANATTA; BRITO, 2015). Também, pelo envolvimento entre as pessoas ocorre a troca de experiências, importante para a construção do contexto social-histórico-cultural da oficina, o qual torna uma referência no desenvolvimento cognitivo dos participantes (VYGOTSKY; 1991, 2002). Essa ideia, relacionada às interações entre o homem e a cultura histórica da sociedade, está associada ao desenvolvimento da pessoa, segundo a teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017). O aprendizado de cada aluno traz em si uma carga emocional, afetiva e de experiências de cada um, sendo um fator fundamental para o processo de aprendizado dos alunos, pois essa troca de vivências enriquece o ambiente da oficina com diversas visões e ponderações pessoais. Nessa perspectiva, cito o relato do aluno B para ilustrar o estado de espírito de uma das aulas: “Achei bacana a forma de aula, juntamente com a participação dos colegas. [...] Sempre que há participação existe uma troca de experiências.” (encontro 1). Logo, pelas observações das conversas com outros colegas e comigo (professor) durante os encontros, foi possível verificar uma capacidade de os

alunos se comunicarem e compartilhem pensamentos, sentimentos, histórias e vivências durante as atividades. Tais posturas demonstraram que os estudantes tiveram interesse, cooperatividade e souberam trabalhar em grupo para atingir um mesmo objetivo, sinalizando o desenvolvimento de competências do PC (VARELA *et al.*; 2019; BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011).

4.3.2 Mediação do professor

Durante a oficina tive o cuidado de me posicionar como um professor mediador, ou seja, não me coloquei como o principal personagem da aula, como um centralizador da atenção e do conhecimento. Optei por seguir uma linha mais aberta ao diálogo, chamando os estudantes para a conversa e troca de conhecimentos, uma vez que, segundo a linha ideológica de Vygotsky, a interação social (mediação do outro) e o ambiente de convivência entre os indivíduos tem o potencial de desencadear as FPS (SOUZA; ANDRADA, 2013). Então, durante os encontros remotos via Google Meet, tentei criar uma atmosfera colaborativa, desenvolvendo os conteúdos junto aos alunos através da linguagem, gestos, imagens e programas. Essa postura de mediação objetivou aguçar o pensamento, a consciência, a memória, entre outros elementos das FPS, a partir das relações sociais, que são originadas por elementos mediadores conhecidos por instrumentos e signos, definidos pelo contexto social-histórico-cultural, conforme a teoria Vygotskyana (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017; MOREIRA, 2011; VYGOTSKY, 1991, 2002). Nesse caso, a linguagem, os gestos, as imagens e os programas constituem os signos e os instrumentos. Já o conteúdo e os ambientes propostos na oficina na modalidade a distância via plataformas digitais, as atividades envolvendo softwares de programação de CLP e de simulação em 3D de processos industriais, juntamente o cenário educacional das engenharias em consonância com o cenário industrial constituem o contexto do ensino. Segundo a perspectiva de Vygotsky, a partir da interação, o professor é capaz de construir o conhecimento com o aluno por meio da interação. Nessa circunstância o docente pode considerar a realidade do aluno e o momento histórico-cultural da sociedade, pois o meio em que o estudante convive influencia no desenvolvimento de sua aprendizagem (DUARTE *et al.*, 2019, VYGOTSKY, 1991).

Nos relatos dos alunos, em seus diários, foi possível perceber que eles gostaram da minha conduta enquanto professor mediador. Os estudantes escreveram salientando a minha postura em sala de aula, fruto do planejamento das dinâmicas e da didática estabelecidas no início da oficina. O aluno A, sobre o encontro 1, por exemplo, escreveu: “O professor conduziu

o conteúdo e a turma de uma forma muito boa”. Sobre o mesmo encontro 1 o aluno C anotou: “A dinâmica da aula está bem bacana [...]” e o estudante G registrou: “O encontro foi muito bom, o conteúdo foi muito bem explicado”. Já o aluno H, em seu relato final, escreveu: “Sobre o curso achei interessante a forma que os conteúdos foram abordados.” (relato final).

Essa minha forma mediadora de atuar, trouxe à tona uma postura mais tranquila e paciente, passando a mensagem para os alunos de que o ambiente de ensino e aprendizagem era de colaboração e contribuição de todos, não havendo um único mentor das atividades e da fala. Essa conduta me deixou mais próximo aos estudantes e foi destaque na última escrita do aluno B, que disse: “Sobre a postura do Professor, achei interessante, pois ele se colocou não como um agente determinativo, e muitas vezes, se pareceu com um de nós, alunos, assim, dando mais fluidez a aula e no meu caso, me encorajando para mostrar as minhas dificuldades e dúvidas.” (relato final). Outros relatos também foram importantes, enaltecendo a didática aplicada durante a oficina, como seguem os dizeres: “[...] a aula foi boa, didática e bem explicativa.” (aluno E, encontro 1), “Foi bem produtivo.” (aluno C, encontro 2), “Muito bem explicado e entendi muito bem.” (aluno B, encontro 3), “[...] a didática do professor foi muito boa.” (aluno A, encontro 4), “aula muito boa, de fácil compreensão, [...]” (aluno G, encontro 4) e “A aula foi muito boa, tudo ficou nos conformes, consegui fazer tudo.” (aluno G, encontro 11).

Nos encontros mais avançados, a partir da aula 5, em que foram praticados exercícios de programação com o auxílio do software, a dinâmica da aula, prevalecendo a mediação, também ficou evidenciada nos diários dos alunos, pois permiti que eles explorassem com mais autonomia os recursos do software e da linguagem Ladder. Nessa etapa segui a ideia de Papert que relaciona o aluno como sujeito de seu próprio aprendizado por meio do uso de dispositivos informáticos, tendo o professor como mediador da ação ou de outro mais capaz. Assim, a partir da mediação e da interação social o aluno pode aumentar o seu potencial para atingir o seu nível de desenvolvimento real, aprimorando-se também como indivíduo. Pela teoria de Vygotsky as atividades desenvolvidas por meio das interações humanas, mediadas por instrumentos e signos, promovem a construção e a formação delas mesmas como sujeitos (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017). Logo, nessa fase da oficina, os estudantes puderam desenvolver os seus códigos e compartilhá-los com os colegas, verificando com o grupo novas possibilidades de programação. Após permitir que resolvessem sozinhos os exercícios mediados pelo computador, eu e os demais colegas da oficina ajudávamos aqueles que tinham mais dificuldades com dicas e perguntas que pudessem fazer com que os autores dos códigos

refletissem sobre outros métodos para resolver os exercícios. Referente a esse processo de aprendizagem pela dinâmica de mediação e interação social o aluno D escreveu:

[...] a dinâmica sugerida pelo professor foi de grande ajuda, uma vez que a cada exercício imposto havia um tempo para resolução, mais a apresentação da proposta feita por cada aluno, no qual permitia gerar dúvidas, retirar-las além de mostrar outras maneiras de solução. (aluno D, encontro 5).

Nas minhas observações também revelei perspectivas similares ao do estudante supracitado, como o meu registro sobre o encontro 10:

Como a aula consistia em desenvolver um programa, os alunos ficaram quietos no início. Quando surgiam dúvidas eles compartilhavam seus problemas/erros e o grupo discutia para ajudá-lo. Eles compartilhavam a tela mostrando o que fizeram. Eu e os colegas íamos opinando e sugerindo soluções. Foi interessante o relato de um aluno que tinha dúvidas sobre um componente industrial que tinha no software de simulação em 3D e, para tanto, ele explicitou o seu entendimento sobre o tal componente entre outros dispositivos do processo. Nesse relato eu pude perceber que ele assimilou vários conceitos compartilhados nos encontros anteriores, o que me fez inferir que ele atingiu seu nível de desenvolvimento real sobre esses conteúdos. No caso ele se referia a sensores e atuadores. Outro aluno, no final da aula, após compartilhar seu problema com os colegas, disse: “agora estou pegando o jeito da coisa”, se referindo que ele estava conseguindo simular a sua programação. Esse relato me fez perceber que ao compartilhar seu problema com os demais, ele conseguiu “deslanchar” no seu entendimento da sua programação com as mudanças que ele fez a partir das conversas com a turma. (minhas anotações, encontro 10).

A minha postura mediadora, provocando os alunos com perguntas e questionamentos, fez com que os alunos também investigassem as suas inquietações por conta própria e desenvolvessem estratégias para resolver os problemas propostos de forma autônoma, antes de solicitar alguma ajuda. Assim, alguns estudantes, além de usarem seus conhecimentos de programação, preferiram pesquisar na internet para explorar novas possibilidades, que foi o caso do aluno B, que relatou: “No trabalho 14 fiz duas versões, uma pensando por mim mesmo e outra pesquisando na internet.” (encontro 14). O aluno D também registrou sua estratégia de aprendizado com a pesquisa na internet, uma vez que eu não apresentava alguns conceitos antes do exercício, pois queria que eles tentassem fazer primeiro com o intuito de estimulá-los a resolverem o problema com autonomia:

No exercício deste encontro, eu encontrei uma dificuldade ao realizar a atividade do desenvolvimento do ladder no papel e no software, uma vez que não tinha o conhecimento de como efetuar a contagem do tempo. Ao invés de retirar dúvida com os colegas e professor decido pesquisar brevemente o assunto na internet, como resultado obtive a informação que um componente denominado temporizador, tem uma bobina interna que abre e fecha os contatos, no momento da detecção de tráfego de energia na linha que está inserido juntamente com a contagem de tempo a qual foi

programado a contar após a detecção da energia, além desta informação o site também citou que os clps conseguem efetuar o mesmo tipo de ação através da programação ladder, com uma função de mesmo nome, com base nisso conclui que se tratava de uma bobina temporizada, logo associei este componente a nomenclatura convencional de uma saída "bobina de saída" e prossegui com o exercício. Posteriormente decidi perguntar ao professor e os demais colegas sobre o funcionamento e nomenclatura do temporizador, como resposta, obtive que tanto a nomenclatura como a configuração que eu havia realizado estavam erradas, um colega no intuito de retirar minhas dúvidas, apresentou seu programa e citou o passo a passo para acessar o temporizador, inseri-lo e configura-lo. Com isso, tive a ciência que deveria refazer parte do programa ladder desenvolvido no papel ao transferi-lo para o software [...]. (aluno D, encontro 11).

Logo, a didática estabelecida de explorar e explicar os conteúdos nas aulas, de forma colaborativa, fez com que os alunos percebessem que podem resolver os exercícios de diversas maneiras, como revelou o próprio aluno D: “Neste encontro além de passar exercício dos quais ajudaram a reforçar o conhecimento sobre a linguagem ladder, o professor apresentou o conceito de contato de selo, e o conceito de set e reset. Do qual permitem novas possibilidades de solução de problemas.” (encontro 6). No exercício 1 do encontro 6 (1/6) o aluno D considerou um desses novos conceitos e utilizou a lógica de selo para resolver o problema ao colocar o contato “motor” em paralelo com o contato “liga” na *rung* 2, como mostra a Figura 85. Sobre o mesmo tema relacionado a pensar em várias soluções, o aluno F escreveu: “A aula estava bem dinâmica, bom ver que possui diversas maneiras de resolver uma única questão. Desta maneira é melhor porque traz ideias diferentes para o mesmo problema.” (encontro 6). No exercício desse encontro (1/6) o aluno F também utilizou a lógica de selo (um dos conceitos apresentados na aula 6), inserindo o contato “motor” em paralelo com o contato “liga”, porém, na *rung* 1, como ilustra a Figura 86. Essas percepções trazem em si um sentimento de que os estudantes podem ser autores de seus projetos, não precisando seguir apenas uma linha de pensamento, podendo então explorar suas habilidades de criação. Essa característica sugere a inteligência criativa que, segundo o estudo de Alcoforado (2019), é uma das características essenciais para quem almeja trabalhar em um ambiente com tecnologias avançadas. Complementando essa visão de perceber novas possibilidades para resolver um exercício, há os relatos dos alunos a seguir: “A aula de hoje foi produtiva, fizemos um exercício que possibilitou aprender uma maneira diferente de ligar um motor por exemplo, através de bobinas de saída set e reset, e também como fazer uma proteção a mais utilizando a emergência no início das linhas de programação.” (aluno C, encontro 6) e “No encontro 7 foi apresentado a lógica de intertravamento, do qual usava como base os conceitos apresentados do encontro anterior, mais precisamente o conceito de contato de selo, porém de maneiras diferentes, [...]” (aluno D, encontro 7). Os relatos supracitados se alinham com a concepção de Vygotsky, que faz menção

a mediação social e a uma reflexão sobre o papel do professor no ambiente escolar, em que o docente deve tanto observar o aluno, como também deve ajudá-lo a criar potencialidades de modo que o estudante seja capaz de atingir um nível de conhecimento mais elevado (CAVALCANTI, 2005; SOUSA; FINO, 2008; VYGOTSKY, 1991). Portanto, possibilitar que os alunos tenham uma percepção de resolver um exercício de várias maneiras faz com que eles se sintam capazes de imaginar e explorar diferentes recursos de programação para elaborar os códigos, tornando-os autônomos nos seus processos de aprendizagem. Essa postura de pensar e resolver de forma autêntica desencadeia as características de originalidade e senso crítico em relação as suas escolhas, que são fundamentais para uma educação que visa a construção de um ser humano com pensamento criativo e independente. Por essa atitude emancipadora, as características como a criatividade, a liderança e pensamento crítico, conhecidas como *soft skills*, podem ser desenvolvidas. Essas, de características sociocomportamentais e socioemocionais, por suas peculiaridades, devem se tornar cada vez mais presentes nos currículos escolares devido ao contexto social-cultural do país (SESI, 2020). Além da percepção de que eles poderiam programar utilizando diferentes recursos de programação, os alunos também tiveram a oportunidade de desenvolver suas habilidades do PC, criando códigos mais otimizados, como é percebido pelo depoimento do aluno F sobre o encontro 7: “A aula de hoje estava muito boa, as diferentes interpretações e maneiras de realizar o exercício me trouxe mais ideias para programar com mais eficiência”.

Então, pelos relatos dos alunos em seus diários e pelas minhas observações, foi possível analisar e perceber que a minha postura mediadora teve um impacto positivo no processo de aprendizagem dos estudantes. A utilização de signos durante os encontros como a fala, os gestos e os compartilhamentos de ideias foram preponderantes para desencadear ações psicológicas dos alunos (ROZA, 2018; VYGOTSKY, 2002). Conforme Vygotsky (1991), tais elementos mediadores provocam mudanças nas representações mentais e tem o poder de mudar o comportamento social do indivíduo, como também o nível de seu desenvolvimento cultural. Nesse sentido, eu como professor da oficina, escolhi utilizar essa linha de pensamento no desenvolvimento da oficina, incentivando os estudantes a serem protagonistas de seus próprios conhecimentos.

4.3.3 Ambientes e tecnologias como elementos mediadores

Os ambientes e tecnologias foram considerados elementos mediadores da aprendizagem por meio das plataformas e dos recursos informáticos utilizados na oficina, e tais aspectos

estavam presentes nos relatos dos alunos. As atividades propostas nos encontros, sugerindo que os alunos usufruíssem dos ambientes disponibilizados na oficina, dos materiais digitais, dos softwares de programação de CLP com IHM e do software de simulação em 3D, têm relação direta com o conceito do construcionismo de Papert, que faz menção a construção do aprendizado do estudante pela mediação do computador, utilizando-o como ferramenta e não como máquina de ensinar. O processo de elaboração das práticas de aprendizagem por meio de exercícios, por exemplo, propondo o desenvolvimento de algoritmos, de códigos escrito no papel e, por fim, de códigos desenvolvidos no computador teve como intuito fazer com que os alunos pudessem refletir e construir uma percepção do quanto a sua interação com os recursos computacionais puderam contribuir para os seus aprendizados. Assim, pelo uso dos dispositivos informáticos o aprendiz desenvolve o seu próprio conhecimento, sendo o agente principal da ação da construção do saber (PAPERT, 1985, 2008).

Então, o dinamismo proposto nos encontros da oficina, elaborado pelo processo de transposição informática, propondo práticas de aprendizagem que possibilitassem modificações do saber a ser ensinado com auxílio da mediação pelo computador, provocou nos alunos uma reação de destaque em seus relatos. Como exemplo cito o aluno F, que escreveu: “[...] realizamos a programação de exercícios e até simulamos o comando do programa através de uma IHM virtual, bem dinâmica a aula hoje.” (encontro 4). A utilização da tela de IHM foi exigida em outros exercícios, como, por exemplo, no exercício 2/5 (Figura 54) e no exercício 1/7 (Figura 95). Nesses exercícios o aluno F apresentou uma novidade para a turma, que foi a utilização de IHM dinâmica, uma funcionalidade que não foi ensinada na oficina. Sendo assim, o estudante conseguiu por si próprio investigar e praticar funções do programa, modificando o saber a ser ensinado pela mediação do software.

O aluno C, além de relatar sobre a mediação pelo software, também descreveu a dinâmica da aula, evidenciando a interação com os participantes como processo de aprendizagem: “Neste encontro tivemos várias atividades para realizar utilizando o software de programação, durante a execução foram aparecendo as dificuldades, mas foi possível desenvolver todos os exercícios. Fomos trocando ideias durante a aula e se ajudando na execução.” (encontro 5). Esse evento exposto pelo aluno C condiz com a teoria de Vygotsky, uma vez que o professor influencia no processo de aprendizagem com sua postura mediadora e pela dinâmica desenvolvida em aula, criando materiais e ambientes propícios para que o aluno tenha condições de se desenvolver junto com os participantes e com os recursos informáticos. Os alunos, através da utilização de instrumentos (os computadores, softwares e materiais

digitais), puderam aumentar os seus estímulos e as suas representações mentais superiores, resultando no desenvolvimento cognitivo dos mesmos.

O mesmo aluno C expressou entusiasmo ao falar sobre a sua experiência com o software de simulação em 3D: “Podemos simular o ambiente 3D como se fosse uma industrial, inserindo máquinas e fazendo a programação das máquinas/processo [...]. Muito interessante a combinação dos dois softwares.” (encontro 8). Para complementar a sua empolgação sobre o processo de simulação, o aluno C escreve no encontro 9: “[...] no geral foi muito bom utilizar o software para simulação, muito didático, é uma maneira muito interessante de simular ambientes industriais.” (encontro 9). Essa exaltação do estudante sobre a interação com o software de simulação em 3D foi refletida na execução do exercício 1 do encontro 9 (1/9), como ilustra a Figura 57, o qual ele conseguiu desenvolver corretamente o cenário do ambiente industrial solicitado no enunciado. O aluno D relatou a sua surpresa ao ver um exercício ser resolvido pela simulação de maneira diferente da qual ele tinha realizado: “[...] neste encontro foi apresentado uma solução [...] do qual me surpreendeu muito, pois elevou o meu conceito de ambiente simulação a um outro nível.” (encontro 8). O aluno F, com o seu dizer, agrega seu sentimento de satisfação ao poder simular um processo real da indústria pelo computador: “O desenvolvimento de cenário [...] é muito bom para o desenvolvimento da prática da automação, sem ter os equipamentos físicos, nos dá uma grande dimensão da aplicação na realidade.” (encontro 9). Nessa citação o estudante F se referiu ao exercício 1/9, conforme a Figura 59, em que ele construiu o cenário em 3D conforme solicitado. Pela a manipulação do software em 3D o aluno pode verificar as diversas possibilidades de cenários que ele poderia desenvolver e que se aproximam de um ambiente industrial real. O aluno H também opinou sobre o software de simulação: “Sobre o Software, eu achei eles muito bons, permitem que algum processo possa ser simulado no computador antes de ser implementado em uma fábrica.” (aluno H, relato final). Na Figura 61, referente ao do exercício 1 do encontro 11 (1/11 – parte 2), o aluno H demonstrou essa flexibilidade de alteração na planta industrial por meio do software ao implementar e testar uma esteira diferente da apresentada em aula. Essa mudança realizada no software para simular e testar situações, antes de implementar no chão de fábrica, é fundamental para evitar modificações equivocadas na planta industrial. O desafio da interação com o software, promovida nas atividades da oficina, indica um fator adicional no aprendizado de programação em CLP, e os relatos dos alunos propiciam um direcionamento para que o professor mantenha ou altere as dinâmicas contempladas nos encontros. Esses relatos também indicam que o aprendizado mediado pelo computador com softwares de processos industriais de engenharia, desenvolvidos na oficina, suprem as necessidades impostas pelas mudanças decorrentes da

manufatura avançada (indústria 4.0), os quais exigem adaptações nos modelos acadêmicos para proporcionar a formação de estudantes colaborativos, com capacidade de executar projetos reais e capacidade analítica para decidir (BRASIL, 2017). Logo, as atividades pedagógicas e a dinâmica aplicada na oficina abordam as solicitações impostas pelos avanços do ensino e da industrialização, que acarretam em adaptações nas especificidades na formação dos engenheiros.

A utilização de simulador em 3D na oficina, que é um dos pilares da indústria 4.0, possibilitou novas formas de resolver os problemas da indústria, proporcionando uma visualização mais realista do funcionamento do sistema. Esse fato foi percebido pela narrativa do aluno D, que achou bastante fidedigna a simulação em 3D dos processos industriais, ajudando-o na criação de novos cenários pela inclusão e exclusão de elementos de automação. Esse evento estimula o aluno a explorar a sua imaginação.

No início desta oficina, já tinha em mente que iríamos trabalhar com a programação ladder e que teria uma restrição no aprendizado, uma vez que não teríamos máquinas e nem cenários físicos para testar a soluções desenvolvidas, sendo somente possível emular parte delas, porém com a aplicação do software [...], essa restrição foi eliminada, pelo menos em minha opinião. Pois com ele podemos simular cenários reais de uma empresa, tendo uma física aplicada a ele, e à partir dele criar soluções de automação, inserindo maquinários pelo próprio programa, e programando eles em ladder [...], o que realmente é muito intuitivo, em minha opinião é como tivéssemos em um laboratório fisicamente. (aluno D, encontro 8).

Uma vez que a oficina ocorreu na modalidade a distância via plataformas digitais, tive algumas dúvidas referente ao aprendizado dos estudantes, já que eu, até o momento, lecionei a programação de CLP de maneira presencial em contato com os equipamentos físicos, acreditando que manuseando os componentes seja possível ter uma boa visualização do processo a ser automatizado. No entanto, pelas revelações dos alunos em seus diários, pude perceber que foi possível identificar uma satisfação deles em relação aos seus aprendizados com a simulação dos ambientes industriais e com a dinâmica aplicada na oficina. O aluno D expressa esse sentimento no relato a seguir:

Nunca pensei que seria tão fácil aprender de forma remota, algo que comumente é somente aprendido na prática. A construção do cenário proposto pelo professor neste encontro, aliado com a dinâmica de aula juntamente com o software utilizado, possibilitou que eu entendesse o funcionamento de alguns componentes, como: * diferença entre os sensores disponíveis, suas vantagens e desvantagens. Além disso, durante a montagem deste cenário, a cada peça colocada era gerado o questionamento de qual seria sua função dentro daquele cenário e como seria sua interação com os demais, sendo que cada dúvida e questionamento já era debatida na sala virtual, assim possibilitando um aprendizado rápido, dinâmico e intuitivo. (aluno D, encontro 9).

Essa revelação supracitada do aluno D relaciona o exercício 1 do encontro 9 (1/9), o qual ele realizou a atividade com êxito, elaborando o cenário em 3D conforme solicitado, como mostra a Figura 58. Esse conjunto de fatores (relato do aluno com a resposta do exercício), indica que o estudante realmente se apropriou das funcionalidades daquela aula a partir do ambiente colaborativo desenvolvido pelas dinâmicas pedagógicas.

O aluno B, em seu relato final, destaca que os recursos informáticos foram importantes em seu processo de aprendizagem, permitindo que ele pudesse ter acesso aos materiais digitais e estudar mesmo fora do horário da oficina:

[...] Os recursos utilizados ajudaram em muito, na comunicação, na elaboração e solução dos exercícios e demais testes, mesmo aqueles que eram feitos fora do horário de aula apenas para fixar e ter certeza de algum funcionamento ou propriedade importante dos assuntos tratados em aula. [...]. (aluno B, relato final).

Em consonância com os discursos do aluno D e B supracitados, juntamente com a minha preocupação de os estudantes não conseguirem manipular os softwares, principalmente o de simulação em 3D, nas minhas anotações escrevi em relação ao encontro 9:

Os alunos aprenderam rápido a manusear o software de simulação em 3D. Eu tinha feito um tutorial sobre como fazer a montagem da cena do processo a ser automatizado no referido software para esse encontro, mas não precisei disponibilizar para a turma devido a boa interação que eles tiveram com os softwares. (minhas anotações, encontro 9).

Então, o aprendizado dos alunos sobre as funcionalidades dos softwares me surpreendeu, fazendo com que eu não utilizasse todos os materiais digitais que tinha desenvolvido. O envolvimento dos estudantes foi de tanta intensidade que aprendi novas funções dos softwares, como mostro em meu relato: “Quando um aluno teve uma dúvida, perguntei se alguém poderia ajudar. Outro colega respondeu e eu fiquei admirado, pois ele mostrou outro recurso que eu não conhecia.” (minhas anotações, encontro 9). Dessa maneira, foi intrigante acompanhar o progresso de aprendizagem dos alunos durante a oficina e verificar o empenho deles para com as tarefas a ponto de eles irem além do proposto. Essa percepção da manipulação dos recursos informáticos vai ao encontro da visão construcionista, que considera a ideia de que a pessoa consegue desenvolver esquemas mentais e novos saberes sobre o objeto de estudo ao manipular conceitos pela interação com o computador (PAPERT, 1985, 2008; SCHELLER; VIALI; LAHN, 2014). Esses relatos também inferem a correta escolha dos

softwares para o uso didático, a qual engloba um dos procedimentos da transposição informática, visto que os alunos ficaram satisfeitos a sua utilização.

O fato de os estudantes conseguirem criar cenários de processos industriais reais pelo software de simulação em 3D pode ser respaldado pela teoria de Papert (1985, 2008), que sustenta a ideia de que a construção do conhecimento ocorre quando o aluno está envolvido em alguma situação que ele tenha interesse. Essa proximidade com a sua realidade ou com o local em que o aluno está inserido, desperta a sua motivação para aprender fazendo. Sob a ótica de Vygotsky, as TICs podem ser consideradas instrumentos de mediação entre o indivíduo e o objeto de estudo, ampliando suas possibilidades de interação, compreensão e transformação da realidade que os cerca, gerando novas formas de apropriação da informação e do conhecimento (ROZA, 2018).

Nos diários também foi possível verificar a presença do desenvolvimento das habilidades do PC. Segundo SBC, 2017, uma das peculiaridades do PC é a abstração, que compreende na utilização de modelos e representações adequadas para descrever informações e processos (abstraindo detalhes irrelevantes), além da utilização de técnicas para construir soluções. O aluno B expos sua opinião sobre o uso de simuladores e enfatiza seu aprendizado da linguagem Ladder: “Acredito que, o uso de simuladores em geral, é bom, pois assim é possível foco na resolução do problema abstraindo os detalhes a implementação da linguagem.” (encontro 4). Já sobre o encontro 8, o aluno F destacou que sua imaginação foi incitada com a mediação pelo software em 3D: “A aula deste encontro teve uma experiência diferente com a simulação de equipamentos em 3D para a programação de CLP. Muito boa a experiência e nos abre a imaginação para realizar diversas melhorias nos processos, até mesmo em nosso trabalho.” (aluno F, encontro 8). Essa capacidade de resolver problemas, criando possibilidades de lidar com o desconhecido e buscando soluções é uma das habilidades do PC (SBC, 2017). O movimento de melhorias percebida pelo aluno foi gerada pela mediação do software de simulação em 3D (instrumento), que é o resultado da transformação de uma atividade externa (proporcionada pela utilização do software) em uma atividade interna (imaginação). O processo de reconstrução interna, conhecida por Vygotsky de internalização, é fundamental para o processo de desenvolvimento de funções psicológicas superiores (FPS) (CAVALCANTI, 2005; VYGOTSKY, 1991).

Outro fator que foi analisado nas narrativas dos alunos foi em relação ao material didático desenvolvido para a oficina, que se comprovou adequado para o grau de exigência da turma. Pelos diários dos estudantes pude verificar que alguns deles conseguiram entender os conceitos abordados em aula apenas estudando pelos slides, os quais foram disponibilizados no

formato PDF no ambiente do Moodle. Os relatos a seguir remetem a essa ideia: “Não participei deste encontro, entretanto após efetuar a leitura dos slides e a análise dos exemplos, foi possível compreender com sucesso o conceito de algoritmo e sua aplicação, com isso obtive sucesso ao responder a atividade.” (aluno D, encontro 2), “O material de apresentação estava ótimo [...]” (aluno A, encontro 4), “Não participei da aula, porém pelo que analisei dos slides, percebi que já conhecia o assunto tratado durante a aula. Apesar de conhecer o conteúdo, o exercício foi legal para praticar tendo em vista que fazia tempo que eu não o aplicava.” (aluno A, encontro 6), “Apesar de já conhecer o conteúdo, gostei da formatação do sétimo encontro. O material disponibilizado estava bom e com o exercício pude praticar um pouco mais.” (aluno A, encontro 7). Já o aluno B, em seu relato final, concordou com o nível do conteúdo, porém gostaria que fosse mais completo, como segue: “O material dado achei que foi de acordo com o que aprendemos. Poderia ter mais coisas, mas o importante, é que aquilo que foi mostrado foi feito e aprendido”. Ele complementou dizendo que gostaria que a oficina tivesse mais encontros, porém, como um dos softwares tinha limitação de trinta dias de utilização gratuita, eu não pude estender a oficina.

A duração, achei que poderíamos ter mais algumas aulas para vermos outros detalhes do Ladder. O nível de exigência da oficina, achei bom, pois foi básico e serviu muito bem para o nível de conhecimento no qual eu me encaixava. As sugestões sobre o que poderia ser melhorado na oficina, seria ter mais aulas, e ambientes prontos [...] para automatizar, assim ajudaria muito quem não entende muito da parte de sensores e atuadores existentes. (aluno B, relato final).

Esses relatos apresentados acima revelam que a escolha e a elaboração dos materiais digitais, seguindo os procedimentos da transposição informática, foram apropriados e assertivos. Sobre o mesmo assunto, eu também notei, durante as aulas, a facilidade de os alunos conseguirem entender o conteúdo dos slides, demonstrando que eles foram produzidos de maneira que os aprendizes pudessem ter autonomia em seus estudos. No encontro 13, escrevi:

Foi possível perceber que alguns alunos utilizaram recursos que estavam nos slides do encontro anterior (que eu não expliquei explicitamente em aula). Essas informações que os alunos utilizaram só estavam nos slides, mostrando que pelo material digital eles conseguem entender alguns conceitos, como a borda de descida. Eu não expliquei esse recurso devido ao tempo da aula, mas essa informação estava nos slides do encontro 12 e alguns alunos o utilizaram. (minhas anotações, encontro 13).

Durante a resolução dos exercícios com a utilização dos softwares, alguns estudantes relataram algumas dificuldades, como o aluno G: “[...] o software na minha opinião é um pouco

complicado de se utilizar, portanto gasto um pouco de tempo para me localizar.” (encontro 4). Esta dificuldade foi compreensível, pois pelas minhas observações pude ressaltar que nesse encontro 4 houveram muitos conteúdos específicos sobre o software de programação de CLP, em que escrevi: “Nesse encontro a dinâmica da aula foi muito técnica. Pelos diálogos em aula, quem tentou interagir com o software por contra própria disse que não conseguiu avançar sozinho.” (minhas anotações, encontro 4). Nesse contexto, a zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky é perceptível, uma vez que pelas minhas observações e pelo relato do aluno G apresentadas acima, há uma necessidade de ajuda externa para que os aprendizes avancem nos seus entendimentos sobre o conteúdo da aula. Em outro relato do próprio aluno G, agora sobre o encontro 8, foi possível perceber que ele conseguiu superar as suas dificuldades em relação ao software, como segue: “Adorei o software [...], ele abre muitas possibilidades para uso e é muito bem estável.” (aluno G, encontro 8). No entanto, expressou no encontro 10 que não foi fácil utilizar o software de simulação em 3D: “Tive um pouco de dificuldade pra me adaptar a criação de cenas [...]” (aluno G, encontro 10). A sua dificuldade foi superada ao perceber que ele utilizou um recurso novo em seu projeto do encontro 12, vide Figura 65, mostrando que já se sentiu confiante para desbravar outras funções na programação. Esse progresso sugere que o aluno G atingiu o seu nível de desenvolvimento real referente às diversas funcionalidades da linguagem Ladder.

O aluno C demonstrou sua dificuldade ao interagir com os softwares no encontro 9, no qual ele expressou:

Realizamos a montagem de uma esteira de realiza a seleção de caixas de papelão. Configuramos todos os dispositivos que foram inseridos no cenário. O único defeito é que demora um pouco para organizar os objetos, em um projeto grande demandará tempo de programação. (aluno C, encontro 9).

Apesar de escrever sua dificuldade em organizar os objetos, o aluno C conseguir desenvolver o ambiente em 3D corretamente referente ao exercício 1/9, vide Figura 57. Este relato sugere que o estudante C precisaria, naquele momento, praticar mais os exercícios mediante a utilização dos recursos informáticos para conseguir desenvolver com mais maestria as habilidades de manejo das funcionalidades dos softwares. Com a prática, provavelmente essa dificuldade iria diminuir. No entanto, esta observação do aluno em relação a demora da programação também pode estar associada ao seu computador, pois além da adaptação de operacionalizar os softwares, outros entraves surgiram durante a oficina que dificultaram a sua mediação pelo recurso informático, como segue: “A minha maior dificuldade está sendo o meu

computador, como os softwares são pesados, o meu computador trava muito.” (aluno C, encontro 10). Antes do início da oficina esse problema com a performance do computador era previsto, pois eu imaginava que alguns alunos poderiam não ter um dispositivo adequado para utilizar os dois softwares. Todavia, apesar dessa barreira, o aluno C participou ativamente e desenvolveu com satisfação os exercícios nos softwares, com segue o seu relato: “[...] o conteúdo é muito interessante, poder utilizar dois softwares se conversando entre si para controlar máquinas é muito legal.” (aluno C, encontro 10). Nesse trecho, eu percebi que apesar do seu computador não ter um desempenho esperado por ele, o aluno conseguiu manipular e ficar empolgado com a sua interação com os softwares. O problema de seu computador persistiu no encontro seguinte, porém, aparentemente, isso não afetou o seu aprendizado, já que ele escreveu: “O entendimento de como fazer tudo está tranquilo, porém o que está me atrapalhando é o meu computador, demora muito e trava.” (aluno C, encontro 11). Em seu diário final, disponibilizado abaixo, o referido estudante relatou seu contentamento sobre o modo que foram mediados os encontros com interação entre os participantes, como também elogiou a seleção dos softwares utilizados na oficina. Apesar de ter como empecilho o seu computador, o aluno C revelou outra situação importante que ocorreu durante o período de pandemia, que envolveu a situação de cuidar do seu bebê. Também ele acrescentou que eu, como professor, poderia ter resolvido mais exercícios, ajudando os alunos a vislumbrarem outras situações de programação. Por fim, ele relatou sua satisfação por ter participado da oficina.

A oficina de CLP foi muito interessante, poder ampliar os conhecimentos é sempre muito válido. O conteúdo foi muito bom, a maneira como a aula foi realizada foi muito interessante, poder trocar informações com os colegas foi bem bacana. Os softwares utilizados são bons, podemos simular diversas situações. Infelizmente não pude participar de todas as aulas, devido a ter que cuidar do meu nenê e não ter com quem deixar, e também o meu computador que trava muito e não consegui simular algumas atividades. Para melhorar poderia ter mais exercícios resolvidos pelo professor para que a gente pudesse estudar modelos de programação. Aproveitei muito as aulas, gostei bastante. (aluno C, relato final).

Os relatos do aluno B durante toda a oficina demonstraram que ele conseguiu perceber suas dificuldades e evoluir no seu aprendizado em relação a programação em lógica Ladder para CLP por meio da mediação pelos softwares. Ele relatou no encontro 6: “Se acostumando com a logica Ladder. Acho estranho pois estou acostumado a lógica sequencial.” (aluno B). Já no encontro 7 ele destacou que não está muito familiarizado com a lógica Ladder ao dizer: “Eu particularmente acho meio estranho a lógica Ladder. Mas da forma como está indo, está tranquilo, mesmo eu nunca fazendo essas logicas.” (aluno B, encontro 7). No encontro 11 o

mesmo estudante começou a entender que pela mediação pelos recursos informáticos ele pode potencializar seu aprendizado.

Então, ainda tenho alguma dificuldade em entender a lógica ladder. Mas aos poucos estou sacando, agora que sei como fazer os dois softwares utilizados conversarem e realizarem a simulação. Com a ajuda desses softwares, pode se ver as coisas acontecerem por trás dos bastidores, simplificando assim, o seu aprendizado. (aluno B, encontro 11).

No encontro 12 o aluno B já conseguiu notar sua evolução em relação ao objeto de estudo e demonstrou sua satisfação nesse momento: “Então, acho que consegui fazer as tarefas e finalmente estou vendo como funciona a lógica ladder. [...] Depois que as coisas funcionam, fica mais fácil construir a lógica no papel.” (aluno B, encontro 12). No encontro seguinte o aluno afluente sua confiança de aprendizado em seu depoimento, indicando que internalizou conceitos referente a lógica Ladder, como segue: “Acho que agora consigo entender bem a lógica ladder. Faltaria saber mais sobre outras funções.” (aluno B, encontro 13). No entanto, ao ser proposto no exercício 14 o ato de criar um projeto de escolha livre, no qual ele poderia vislumbrar qualquer processo industrial para automatizar, esse aluno teve dificuldades em inovar. Nessa ocasião, o aluno B realizou um projeto similar aos apresentados em aula, ao invés de elaborar um projeto diferente. Referente a esse trabalho livre o aluno escreveu: “No trabalho 14 tentei usar a imaginação mas apenas fiz o básico do básico.” (aluno B, encontro 14). Corroborando o dizer do aluno, em termos de comparação, a Figura 97 ilustra o desenvolvimento do seu cenário industrial do exercício 1/14, e a Figura 60 mostra o seu exercício 1/9, que foi realizado em aula. Percebe-se que há uma notável semelhança, em que os dois sistemas atuam com a utilização de esteira com o propósito de selecionar caixas. O movimento de criação e inovação necessita que os alunos tenham uma grande gama de conhecimento e maturação sobre o assunto, sendo um desafio para qualquer pessoa. Apesar de o aluno B não ter conseguido ser inovador no seu projeto do exercício 1/4, não quer dizer que ele não tenha assimilado os conceitos e as funcionalidades da programação em Ladder. O processo de criação pode demorar mais para algumas pessoas desenvolverem. Em seu relato final o aluno B ressaltou o seu aprendizado pela mediação com os softwares e sinalizou ter atingido sua autonomia, o que revelou o seu nível de desenvolvimento real proposto por Vygotsky.

[...] A minha aprendizagem sobre os conteúdos da oficina, se deu muito bem, pois entrei sabendo muito pouco, pois nunca trabalhei e uma vez só na vida vi algo sobre Ladder e terminei a oficina sabendo o suficiente para continuar aprendendo por mim

mesmo, elaborar mais algoritmos e tirar as minhas próprias conclusões. A importância da utilização do software no meu aprendizado, foi que podíamos ter uma visualização simulada do que elaborávamos [...]. Isso ajuda a localizar os problemas que tive ao descrever os algoritmos, bem como compará-lo com o contexto inteiro, e trabalhar na sua aprimoração para atender todas as situações do contexto. [...] (aluno B, relato final).

O aluno H também escreveu sobre o seu aprendizado e sua satisfação de ter tido um contato com a linguagem Ladder no início do curso de engenharia, uma vez que esse conteúdo é ministrado, normalmente, em semestres mais avançados.

Do ponto de vista de evoluir como estudante de engenharia foi muito válido. Foi meu primeiro contato com a linguagem ladder e achei bem interessante. Imagino que verei isso depois que tiver mais avançado no curso de engenharia e quando eu chegar lá, já terei tido contato com a linguagem. Acho bom o aluno ter o contato com alguma coisa mais avançada no início do curso para durante o curso ir entendendo aquilo com mais calma e depois rever novamente. (aluno H, relato final).

A sua fala ressaltou a sua percepção sobre o vínculo das atividades realizadas durante a oficina com as que um engenheiro exerce, quando remente a sua evolução como estudante de engenharia. Essa revelação foi importante, pois saliente que o aluno teve consciência sobre o propósito das atividades que ele executou, tendo relação com o seu futuro profissional.

No mesmo relato final, o aluno H comentou sobre seu empecilho em participar da oficina devido ao horário. Mesmo assim, com persistência, ele realizou grande parte dos exercícios. Também sinalizou que, em sua opinião, a oficina seria melhor se fosse aplicada na modalidade presencial. No entanto, devido a pandemia, essa possibilidade foi descartada desde a construção do planejamento da oficina.

A metodologia de aula, foi interessante, mas meu problema é que eu tinha compromissos às 7h, 7:30 e não podia ficar até o fim de alguns encontros, até foi por isso que acabei desistindo lá pelo 9º encontro ... Mas se fosse o caso desse conteúdo ser abordado em uma cadeira da faculdade de 60 horas haveria mais tempo. Ali tinham alunos de várias turmas diferentes do IF e o horário ficou meio restrito ao que a maioria podia. Outro fator é que eu acho que essa forma de aula funcionaria melhor de forma presencial. (aluno H, relato final).

Os relatos também revelaram que os estudantes, ao resolverem os exercícios, foram mobilizados a serem autônomos, confirmando que os enunciados das atividades e a maneira que elas foram mediadas pelo computador tiveram impactos positivos na aprendizagem dos alunos, abrindo novos horizontes de pensamentos. As narrativas do aluno F, referente ao encontro 2, e do aluno C, sobre o encontro 3, ilustram essa mobilização de pensar sobre um problema de diversas formas.

O exercício realizado nos traz uma perspectiva muito ampla de como uma simples programação de um equipamento cotidiano tem infinitas possibilidades de melhoramento através dos algoritmos. Nos instiga a pensar em inúmeras soluções para um simples problema. (aluno F, encontro 2)

Foi bem interessante a aula de hoje, às vezes os exercícios simples fazem a gente pensar bastante e também confundem, porque queremos sempre tentar pelo mais difícil ao invés de tentar pelo mais simples primeiro. (aluno C, encontro 3)

Logo, as práticas didáticas mediatizadas pelo uso de recursos informáticos (instrumentos) ajudaram na organização e reorganização do pensamento e construção do conhecimento no processo de ensino e aprendizagem dos alunos (PSZYBYLSKI; MOTTA; KALINKE, 2020). Os relatos dos alunos acima corroboraram as minhas observações que tive no encontro 3, as quais assinali essa amplitude de respostas para um mesmo problema, confirmando o propósito da dinâmica de aguçar as suas imaginações e provocá-los a pensarem em respostas genuínas por meio da mediação pelos softwares.

Foi interessante que pelo enunciado cada aluno teve a sua percepção de realidade sobre o cenário que estava sendo proposto. No exercício porta de banco alguns alunos elaboraram o programa com uma variável para a porta, outros elaboraram o programa com a variável “abre porta” e outra “fecha porta”. Essa percepção mostra que o enunciado pode revelar diversos pensamentos de como resolver um problema. (minhas anotações, encontro 3).

Para acrescentar esse fato a Figura 81, a Figura 82 e a Figura 83 ilustram os códigos dos alunos G, C e A, respectivamente, sobre o exercício da porta de banco, desenvolvidos no software, fortalecendo a ideia de que cada aluno resolveu o exercício 2 do encontro 5 (2/5) da sua própria maneira. Essa percepção indica a emergência de algumas habilidades essenciais em um ambiente com tecnologias avançadas, citadas no estudo de Alcoforado (2019), como: a inteligência inter-artificial, que visa o aluno conhecer as potencialidades das tecnologias disruptivas e utilizá-las como ferramentas a favor da sociedade; e a inteligência criativa, que sugere a capacidade de criar algo novo, aplicando de forma inovadora.

Essa proposição dos enunciados gerou dúvidas entre os estudantes, como revelou o aluno E “Só me confundi no exercício 2, pensei de outra forma o exercício.” (encontro 3), porém, ele não apresentou a maneira que ele pensou. Esse sentimento de dúvidas e compartilhamento de ideias faz parte do processo de ressignificação dos conceitos abordados em aula. Nessa perspectiva, conforme as ideias de Papert, os estudantes ao interagir com objetos do ambiente computacional, desenvolvem ações que os levam a construir os conceitos por meio de operações mentais e processos de internalização.

As atividades sobre a automação de processos, desenvolvidas individualmente e em grupo, exigiram dos alunos a mediação por meio de uma tecnologia emergente (software de simulação em 3D), que era novidade para eles. Logo, foi exigido dos estudantes o desenvolvimento de competências do engenheiro no cenário da indústria 4.0, as quais abordam as habilidades sociocomportamentais, de gestão e técnicas, elencadas pela pesquisa desenvolvida pelo SESI (2020). No processo de mediação pelos softwares eu também percebi o desenvolvimento das habilidades do PC, entre elas: comunicação, pensamento crítico e criatividade; como também o desenvolvimento da confiança e persistência para lidar com problemas complexos e a capacidade de trabalhar com outras pessoas para atingir uma solução em comum (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011; VARELA *et al.*, 2019).

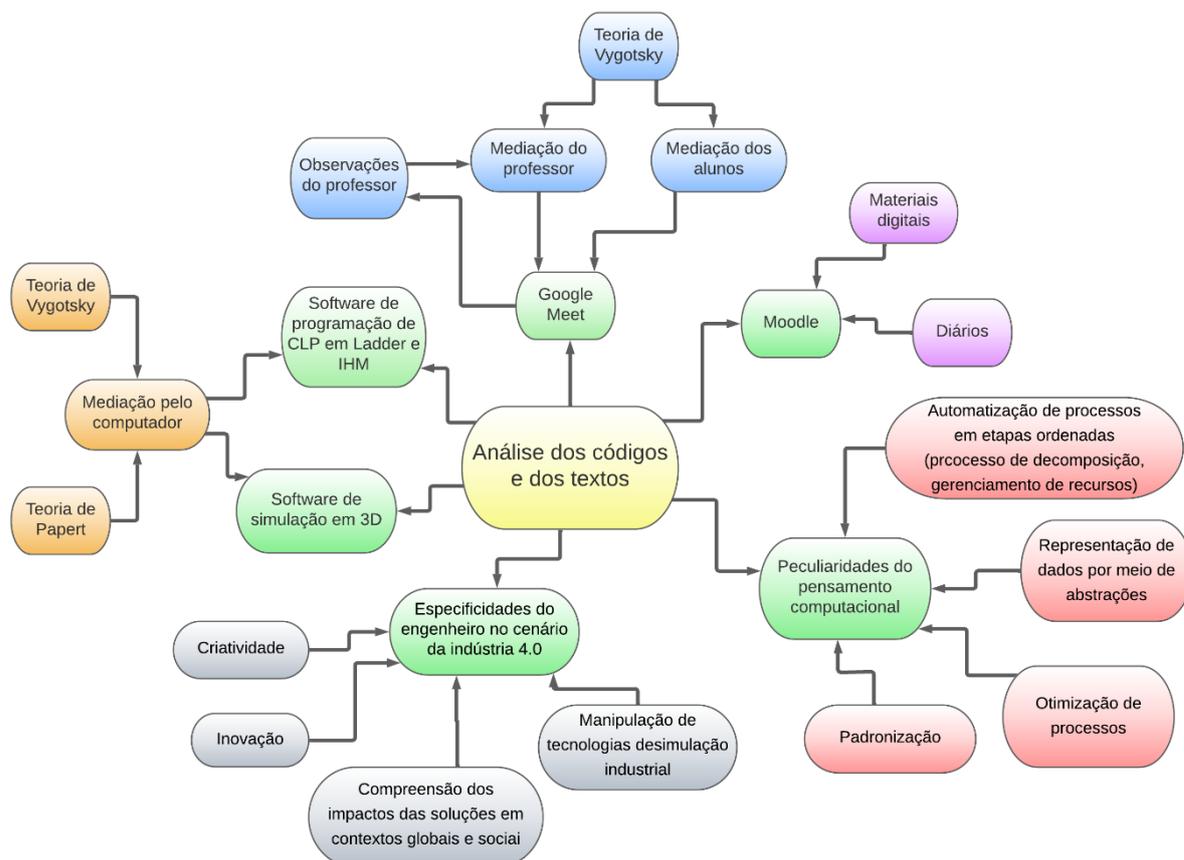
As ações praticadas na oficina baseadas na programação de CLP e simulação de sistemas automatizados foram importantes para que os estudantes pudessem desenvolver os códigos na linguagem Ladder e telas IHM para o monitoramento e controle do processo. Eles, por meio da utilização dos ambientes de aprendizagem, dos materiais digitais e dos softwares de programação e simulação, também conseguiram desenvolver as habilidades do PC, obtendo um entendimento das tecnologias e dos processos automatizados utilizados nas indústrias. Pela mediação dos ambientes e pelas tecnologias utilizadas na oficina os alunos puderam pensar de forma independente e construtiva, sendo agentes construtores de seus próprios conhecimentos por intermédio do computador (PAPERT, 1985, 2008).

Com o intuito de sintetizar toda a análise dos códigos e dos textos foi elaborado um mapa conceitual, representado na Figura 103, que apresenta as relações argumentadas neste quarto capítulo, sendo a transposição informática o meio para que todos esses caminhos pudessem ser traçados. A Figura 103 expõe, como elementos principais de investigação, os quatro ambientes de aprendizagem (Moodle, Google Meet, o software de programação de CLP em linguagem Ladder e IHM e software de simulação em 3D), as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0 e, as peculiaridades do pensamento computacional. Os aspectos relevantes de cada um desses elementos também foram apresentados na referida figura.

Dessa forma, os dois softwares foram importantes para que o aprendizado ocorresse por meio da mediação pelos recursos informáticos, sendo necessário o desenvolvimento das teorias de Papert e de Vygotsky. O Google Meet foi o ambiente de sociointeração, no qual os alunos puderam aprender por meio da mediação do professor e dos alunos, como propõe a teoria de Vygotsky. Esse ambiente também proporcionou informações para o docente pudesse escrever suas observações para melhorar sua didática. O Moodle foi o ambiente onde os alunos escreveram em seus diários, e foi o espaço utilizado para que os participantes compartilhassem

os materiais digitais desenvolvidos na oficina. No mapa conceitual da Figura 103 também foram apresentadas as principais características ponderadas durante as análises do *corpus* referente ao pensamento computacional e às especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0.

Figura 103 – Mapa conceitual das análises dos códigos e dos textos



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

5 NORTEADORES PARA DESENVOLVER DINÂMICAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO EM ENGENHARIA

Neste capítulo tive o intuito de relatar as minhas percepções como pesquisador e professor da oficina, reverberando os dados apresentados no quadro teórico e aqueles interpretados na análise do *corpus*, a fim de apontar sugestões e recomendações que respondam à pergunta de pesquisa. Nesse sentido, foram construídos norteadores para desenvolver dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação, no contexto da evolução tecnológica nas indústrias, considerando as demandas da indústria 4.0 e o conceito de transposição informática. Cabe ressaltar que o planejamento e a execução da oficina de programação de CLP pela linguagem Ladder abarcaram os procedimentos da transposição informática, considerando os estudos relativos à contextualização das tecnologias da indústria 4.0 no cenário industrial e educacional, as recomendações relacionadas a atuação do engenheiro, as considerações acerca dos conceitos de PC e as ideias de Papert e Vygotsky descritas no quadro teórico.

5.1 INVESTIGAÇÃO DO CONTEXTO, DO TEMA CENTRAL E DOS CONCEITOS E TEORIAS

Pela minha análise em relação aos estudos realizados antes e durante a oficina, realizei algumas observações sobre esse processo. Inicialmente, antes do desenvolvimento das dinâmicas pedagógicas, creio que seja necessário o docente realizar uma pesquisa aprofundada sobre o tema principal a ser estudado na sala de aula e o contexto o qual ele se envolve. Assuntos periféricos, mas não menos importantes, também devem ser investigados para enriquecer os debates e proporcionar uma maior aproximação da realidade social e profissional ao estudante, possibilitando aumentar o interesse dele para com o objeto de estudo. Esse movimento de despertar a atenção do aluno para a aprendizagem tem relação com o construcionismo de Papert (1985, 2008), que explora a ideia de que a construção do conhecimento envolve a motivação emergida quando o aprendiz realizar algo de seu interesse.

Por meio de estudos realizados sobre o cenário industrial e educativo do Brasil, foi diagnosticado que o parque industrial do país ainda possui equipamentos que caracterizam a indústria 3.0 (BRASIL, 2017; HEINDL *et al.*, 2016; ISI SVP, 2019), e que, segundo a pesquisa realizada pela CNI, em 2016, existe uma carência em relação a qualificação do trabalhador especializado para o desenvolvimento de tecnologias digitais nas indústrias, principalmente

para as empresas dos setores de baixa e média-baixa tecnologia. A mesma pesquisa também revelou que a educação pode se beneficiar com a implementação da indústria 4.0 no país (HEINDL *et al.*, 2016) e, conforme Alcoforado (2019), deve haver ações para redimensionar as práticas pedagógicas relacionadas a fomentar a formação e qualificação de professores, direcionando ao desenvolvimento de competências e habilidades que contemplem as demandas das tecnologias emergentes, evitando que os sistemas de ensino estejam defasados com o mundo social e mercantil. Assim, percebi uma ligação entre a educação e a indústria 4.0, inferindo que a educação pode ser importante para ajudar o país a avançar tecnologicamente, sendo necessária a utilização de diferentes recursos informáticos para uma migração tecnológica apropriada para o contexto brasileiro. Sendo assim, no caso da oficina, foi utilizado um recurso da terceira revolução industrial (software para a programação de CLP pela linguagem Ladder) com a tecnologia da quarta revolução industrial (software de simulação em 3D).

Além dos temas acerca do contexto industrial e educacional referente à quarta revolução industrial, também foram investigados assuntos relacionados à atuação do engenheiro nesse cenário, esclarecendo para os alunos qual o sentido e a importância de eles aprenderem o objeto de estudo em suas futuras vidas profissionais e pessoais. Tais informações foram importantes para assegurar que o tema central tivesse relevâncias em seus cotidianos. Portanto, o tema principal (objeto de estudo) desenvolvido na oficina foi a programação em CLP pela linguagem Ladder com a utilização da simulação em 3D (tecnologia da indústria 4.0) em um ambiente colaborativo. Com o intuito de proporcionar uma atmosfera dinâmica e participativa entre os estudantes, as peculiaridades referentes à atuação do engenheiro, os conceitos de PC e da transposição informática, e as teorias de Papert e Vygotsky foram estudadas para a oficina, criando um arcabouço de conceitos e teorias que me ajudam durante o planejamento e a execução dos encontros. Tais conhecimentos foram fundamentais que eu conseguisse desenvolver as dinâmicas e os caminhos para a construção do conhecimento por meio de um ambiente colaborativo, que foi um desafio para mim que não estava acostumado a lecionar dessa maneira. Logo, uma das recomendações desse estudo é que o professor investigue não só o tema central da disciplina a partir de um contexto explorado, mas também outros conceitos e teorias que possibilitam que ele desenvolva dinâmicas pedagógicas acerca das intencionalidades propostas, como indicam os procedimentos da transposição informática (vide Quadro 2).

5.2 PLANEJAMENTO ESTRUTURAL DA OFICINA

A partir de um cenário contextualizado para o desenvolvimento da disciplina, pude planejar as atividades e escolher os recursos e os ambientes de aprendizagem, com a intencionalidade de promover a construção do conhecimento por meio da interação social e com os recursos informáticos. Nesse quesito, cabe ressaltar que o planejamento serviu como um norteador para que eu desenvolvesse as tarefas em sala de aula. Contudo, esse não foi considerado um processo rígido e estático, pois com o desenvolvimento da didática e das dinâmicas das aulas, houve a necessidade de mudanças nas tarefas que foram almejadas inicialmente. Sendo assim, tive a flexibilidade de modificar e modelar o planejamento algumas vezes, já que a interação entre os participantes proporcionou diferentes caminhos para a construção do conhecimento, e eu fiquei atento a isso. A sociointeração enaltecida por Vygotsky (1991) indica que o aluno pode alcançar o seu nível de desenvolvimento real por meio da mediação do professor ou de um colega mais capaz, sendo esse um processo cíclico e contínuo. O docente, por sua vez, deve modelar as atividades para que o estudante consiga atingir esse patamar de conhecimento, devendo alterar as dinâmicas das aulas. Eu, por exemplo, planejei para que a oficina tivesse dez encontros, mas devido o contexto apresentado em aula, alterei algumas atividades e no final contabilizei quinze encontros. Esse aumento ocorreu devido às intensas participações dos alunos durante as aulas, que na minha percepção como professor percebida pelas falas dos alunos e pelas resoluções de seus exercícios, estavam resultando na construção do conhecimento. Nesse caso, tive a autonomia de modificar certos conteúdos e adicionar novos encontros. Como em uma instituição de ensino é difícil aumentar ou diminuir o número de aulas, sugiro que o professor planeje os encontros possibilitando uma margem de remanejamento das atividades aplicadas em aula. Todavia, precisa ter o cuidado para não sair muito do planejamento e prejudicar a turma, deixando de apresentar algum conteúdo obrigatório previsto na ementa da disciplina.

5.3 RECURSOS ESCOLHIDOS CONSIDERANDO A MODALIDADE DE ENSINO

Um fator a ser considerado ao se planejar as dinâmicas pedagógicas é a modalidade de ensino (EaD, presencial ou semipresencial). Nesse caso, a oficina desenvolvida ocorreu na modalidade a distância devido ao surto do novo coronavírus. Com essa perspectiva de ensino a distância foram selecionados ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs) e ferramentas digitais que pudessem auxiliar no entendimento dos conceitos abordados, e que estavam

acessíveis para mim (professor) e para os alunos. Assim, as atividades foram destinadas a envolver os alunos em um ambiente colaborativo com o uso dos recursos informáticos como, por exemplo: os materiais digitais em PDF, os softwares selecionados para o aprendizado da programação de CLP (sendo um relacionado a indústria 4.0), Google Meet e Moodle. Como a oficina foi realizada à distância. Esse diagnóstico realizado para escolher os recursos adequados de acordo com a intencionalidade da oficina está previsto nas etapas dos procedimentos da transposição informática (vide Quadro 2). Essa união de um ambiente participativo envolvendo o computador corrobora com o estudo de Silva, Porto e Medeiros (2017), que evidencia a utilização de tecnologias em sala de aula pela linha da teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky. Segundo a referida fonte, a utilização de dispositivos digitais no ambiente escolar pode atrair o interesse dos alunos, além de ser uma ferramenta que o professor poderá usufruir durante o desenvolvimento das dinâmicas pedagógicas. A tecnologia em sala de aula pode modificar o meio de comunicação entre os participantes da turma, afetando o desenvolvimento de aprendizagem dos estudantes, revelando que a teoria de Vygotsky também pode ser importante em um espaço tecnológico educacional (SILVA; PORTO; MEDEIROS, 2017). A escolha dos recursos para a oficina também tem relação com o conceito da educação 4.0, que visa um ensino baseado na utilização de tecnologias emergentes para promover um processo de ensino e aprendizagem construído em conceitos de colaboração, criação, pesquisa e compartilhamento (ELOY, 2020). Logo, indico que o professor tenha a consciência de selecionar os dispositivos, as tarefas e os ambientes disponíveis apropriados para propiciar uma aprendizagem colaborativa, envolvendo os participantes de acordo com a intencionalidade da disciplina e a modalidade de ensino proposta. Também, caso os encontros sejam presenciais, sugiro que o professor crie uma dinâmica que o código do aluno possa ser exposto para os outros alunos, em um Datashow, por exemplo. Assim, todos vão poder visualizar como o estudante resolveu o problema, apontando dicas ou mesmo percebendo outra maneira de resolver a questão solicitada. Esse tipo de interação foi bastante relevante na oficina para o aprendizado dos alunos, conforme os seus relatos.

5.4 ESCOLHA DA TECNOLOGIA RELACIONADA À INDÚSTRIA 4.0

A pesquisa teve como um dos objetivos a utilização de uma das tecnologias da indústria 4.0 no ensino da programação em Ladder, logo, esse processo deve ser destacado. A tecnologia de simulação em 3D foi selecionada para a oficina porque ela demonstrou ser acessível para os estudantes e compatível com o processo de ensino e aprendizagem baseado em problemas. Com

tal simulação vislumbrei que o aluno pudesse desenvolver mais habilidades de programação se conseguisse visualizar o funcionamento do processo no ambiente em 3D. Essa representação, simulando a realidade poderia despertar mais a curiosidade e o interesse dos alunos por conseguirem montar um cenário industrial e vê-lo funcionando. Dessa forma, pretendi realizar a transposição do saber a ser ensinado pela elaboração de atividades e de dinâmicas que promovessem o interesse dos estudantes com práticas de aprendizagem que pudessem simular um sistema industrial próximo ao real, e que os fizessem resolver problemas de programação por meio da mediação do software de simulação. A elaboração das práticas de aprendizagem por meio de exercícios e a ordem em que elas foram apresentadas, utilizando variados recursos e ambientes, também foram importantes. Pelas minhas observações, a tecnologia da indústria 4.0 aplicada teve uma boa aceitação por parte dos participantes da oficina. Com o auxílio da simulação em 3D, foi possível verificar que os alunos tiveram respostas mais assertivas em comparação aos exercícios realizados sem o uso da simulação industrial, como também foi percebida uma satisfação deles (relatada em seus relatos) ao realizarem as atividades com o uso do software. O entendimento e o manuseio das funcionalidades do software foram importantes para aproximar os alunos as competências do engenheiro de controle e automação, principalmente aqueles profissionais que pretendem atuar no ramo industrial da indústria 4.0. Ao realizar uma atividade por meio da tecnologia referente à quarta revolução industrial, o estudante pode desenvolver diversas habilidades, além de ter a chance de se familiarizar com tal tecnologia que, possivelmente, será uma tendência na sua profissão. Conforme Eloy (2020) as práticas pedagógicas com o uso de recursos tecnológicos em um ambiente baseado em experimentação devem possibilitar vivências significativas aos estudantes, tornando-o o centro do processo de ensino-aprendizagem. Nesse processo o professor torna-se um mediador da aprendizagem discente, onde o aluno é o protagonista, capaz de entender e utilizar as tecnologias disruptivas de forma crítica, criativa e inovadora, regulando o seu aprendizado (ELOY, 2020). O estudo de Castro e Lanzi (2017) salienta a tecnologia pode ser um meio potencializador no processo de ensino e aprendizagem, sendo uma ferramenta de interação que pode contribuir para a apropriação e significação do objeto de estudo. Visto que os alunos da oficina gostaram das atividades relacionadas a simulação em 3D para a aprendizagem de programação de CLP, além de conseguirem desenvolver diversas habilidades relativas à criação, inovação, entre outras compatíveis com o PC, recomendo a seleção dessa tecnologia para a aprendizagem de programação em linguagem Ladder.

5.5 MATERIAIS DIDÁTICOS EM FORMATO DIGITAL

Os materiais digitais em PDF elaborados eram as apresentações que continham slides com os conteúdos das aulas. A sequência dos slides foi organizada para que os alunos tentassem resolver os problemas primeiro, sem ter a explicação do conceito, para depois, pela interação com os alunos e o professor, tivessem a revelação de tais conceitos. Assim, eles puderam raciocinar e investigar por conta própria uma maneira de resolver os problemas antes de saber realmente qual função eles deveriam utilizar. Acreditei que essa seria uma boa estratégia porque ao mostrar o conceito primeiro e depois o exercício, o aluno fica induzido a aplicar o que acabou de aprender na resolução do problema. Eu não queria promover essa sensação aos estudantes, pois acreditei que fazendo isso, os estudantes não se sentiram desafiados a realizar pesquisas, nem a procurar outras fontes de conhecimento, nem mesmo conversar com os colegas ou comigo. Então, decidi organizar os slides com o intuito de o estudante ter mais autonomia para explorar alternativas para solucionar os exercícios. Então, ao final da aula eu revelava os slides finais que continham a explicação dos conceitos e mostrava como o exercício poderia ser solucionado, como mostra a Figura 27, a qual tem inicialmente a apresentação do exercício e depois a lógica de selo e as bobinas de set/reset (funcionalidades úteis para realizar a prática de aprendizagem proposta). Acredito que essa organização dos textos (orientações, explicações, entre outros) apresentados por meio dos slides foi satisfatória para promover a reflexão e a autonomia dos alunos, visto que em muitos exercícios os estudantes mostravam resoluções com funcionalidades dos softwares que não eram apresentadas nas aulas. Sendo assim, creio que uma aula pode ser programada para que o aluno, a partir de uma base de conhecimentos adquiridos, tente resolver um problema antes mesmo de conhecer a teoria. Essa prática vai fazer com que ele pesquise por si uma forma de resolver o problema propostos, podendo gerar uma resposta inusitada e inovadora. Essas características são importantes para o egresso do curso de graduação em Engenharia, segundo a Resolução CNE/CES nº 2/2019, que relaciona, dentre vários atributos para o engenheiro os seguintes: ser reflexivo e criativo, além de estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias com atuação inovadora (BRASIL, 2019). Contudo, eu disponibilizei para os discentes apenas os exercícios propostos na oficina, e alguns alunos acharam que poderiam ter mais exercícios resolvidos. Os slides eram publicados na plataforma Moodle após o término da aula. Logo, fica a sugestão de o professor aplicar, após construir uma base teórica, uma dinâmica com os materiais digitais os quais os alunos possam resolver exercícios antes da teoria, como por exemplo a Figura 27, e que haja mais exercícios resolvidos disponibilizados para os alunos, mesmo que não sejam apresentados em aula.

5.6 AMBIENTES DE APRENDIZAGEM SELECIONADOS PARA A OFICINA

Os quatro ambientes de aprendizagem selecionados e utilizados foram fundamentais para o desenvolvimento da oficina, sendo eles: o Moodle, o Google Meet e dois softwares voltados para a automação de sistemas. Tais plataformas foram definidas por serem acessíveis e por terem relação restrita à Engenharia de Controle e Automação e às tecnologias da indústria 4.0. E, principalmente, por terem o potencial de fornecer um ambiente compatível com a intencionalidade de oficina, isto é, de disponibilizar uma atmosfera que seja possível promover a construção do conhecimento por meio da colaboração entre os participantes e da interação deles com os recursos informáticos. Essas sinalizações tem correlação com Führ (2018), que revela que as práticas educativas devem contemplar ambientes de aprendizagem que estimulem a pesquisa, a autonomia, a criatividade, a solidariedade, a interação entre outras características, além de promover o ato de aprender fazendo (*learning by doing*), potencializando a construção de valores, conhecimentos e habilidades por meio de experiências e vivências do aluno.

Assim, observando as análises desenvolvidas, pude perceber que pelo ambiente do Moodle os alunos tiveram acesso aos materiais digitais (PDF) e links que emergiram das conversas na aula, como também tivessem acesso ao fórum de dúvidas e debates. Todavia, esse último não foi utilizado pelos alunos, não tendo destaque na pesquisa. Como ressaltei para os alunos no início da oficina que as atividades seriam realizadas durante os encontros para não os sobrecarregar, é possível que essa circunstância tenha inibido eles a não realizarem ou concluírem as atividades fora do horário da oficina e, conseqüentemente, não precisando utilizar o fórum. Percebi que as dúvidas eram sanadas durante os encontros no momento das interações entre os participantes. Então, o fator preponderante do ambiente do Moodle foi que os estudantes tiveram a possibilidade de acompanhar e praticar as atividades da oficina via internet. Esse foi utilizado como um espaço virtual, onde os alunos puderam acessar os materiais digitais em PDF, enviar seus arquivos (resoluções dos exercícios) e escrever nos seus diários. Na oficina o ambiente do Moodle não foi relevante para proporcionar a interação entre os alunos, e sim, foi efetivo para gerar uma conexão entre o professor e os alunos referente aos materiais apresentados. Logo, conforme Porto *et al.* (2020), cabe ao docente inovar e perceber diversas formas de desenvolver um ambiente educativo apropriado para os seus alunos. Ele precisa estudar as potencialidades do local e estabelecer as estratégias, os recursos e as dinâmicas adequadas conforme a realidade dos educandos e dos propósitos pedagógicos.

Já o ambiente do Google Meet foi o ambiente de convivência escolhido para desenvolver a oficina. Nele ocorriam as aulas por meio dos encontros síncronos e,

consequentemente, a interação entre os participantes (alunos e professor). Esse ambiente de colaboração e relacionamento social foi proveitoso, visto que durante as aulas ocorreram muitos diálogos e trocas de ideias relatadas pelos alunos em seus diários e nas minhas observações pessoais. Por meio dessa relação, as *soft skills*, que envolvem os comportamentos interpessoal e intrapessoal, foram desenvolvidas pelos alunos, sendo algumas delas o pensamento crítico, a criatividade, a comunicação e o trabalho em equipe. Essas habilidades, segundo o Sesi (2020) não são aprendidas, historicamente, de modo formal nos universos educativos institucionalizados, no entanto, são importantes para a formação do cidadão e cada vez mais exigidas no ambiente de trabalho.

Por fim, os ambientes de programação e simulação foram necessários para que os alunos tivessem a oportunidade de aplicar os conceitos aprendidos da linguagem Ladder em um ambiente de simulação em 3D (compatível com a indústria 4.0). Essa articulação possibilitou o envolvimento de conceitos da indústria 4.0, a partir da manipulação, em conjunto, de tecnologias relacionadas à indústria 3.0 e à 4.0. Para Balacheff (1993) é possível que ocorra o desenvolvimento do objeto de estudo através da interação entre o dispositivo informatizado e o aluno, onde essa interação seja promovida por um ambiente de aprendizagem informatizado associado a uma prática pedagógica. Esse movimento proporciona ao professor possibilidades em termos de estratégias de resolução de problemas e, conseqüente, maiores circunstâncias para que ocorra a transposição do saber a ser ensinado (BALACHEFF, 1993). A utilização dos softwares como um dos caminhos para a construção do conhecimento gerou um ambiente de aprendizagem intrapessoal, já que os estudantes foram estimulados a desenvolver um conhecimento por meio de uma tecnologia que eles não tinham contato, necessitando deles habilidades internas para superar as dificuldades. A capacidade de se conhecer e relacionar consigo, enfrentando os desafios e as frustrações dos erros e acertos das tarefas, promovendo o domínio de emoções, é um fator importante para profissionais que desejam trabalhar com tecnologias (ALCOFORADO, 2019). Nesse quesito os alunos fizeram diversos elogios nos diários, salientando que puderam simular um ambiente de fábrica pelo software em 3D.

Sendo assim, com base nesta pesquisa, sobre os ambientes de aprendizagens escolhidos, enfatizo que o Moodle foi útil para o envio e recebimento de dados, mas não para a interação entre os participantes. Nesse caso, propõe-se que o docente tenha um planejamento mais efetivo para estimular os alunos para utilizar esse ambiente também como um local de convivência e troca de mensagens. Talvez elaborar uma atividade que necessite utilizar o fórum do Moodle. No meu caso eu criei o fórum e alertei, por diversas vezes, que eles (os alunos) poderiam utilizar a plataforma para retirar dúvidas, postar matérias adicionais, etc. Entretanto, essa postura não

cativou os estudantes. Sobre o ambiente do Google Meet foi um ambiente válido de interação síncrona entre os integrantes da oficina, promovendo debates e conversações importantes para o aprendizado. Nesse ambiente ocorreram tanto a mediação do professor, como a mediação dos alunos, as quais promoveram avanços nos aprendizados dos participantes. As diversas interações foram evidenciadas nos diários e nas minhas anotações, alinhando à ideia de Vygotsky sobre a importância da ajuda de alguém mais hábil para que o outro atinja o seu nível de desenvolvimento real. Por fim, os ambientes de programação e simulação em 3D foram imprescindíveis para que os estudantes tivessem contato com um dos pilares da quarta revolução industrial (a simulação em 3D), que é significativo para o engenheiro de controle e automação. Observando tais ambientes propostos na oficina, descritas no terceiro capítulo, e observando as análises realizadas do *corpus* apresentadas no capítulo quatro, pude verificar que os ambientes criados atingiram o objetivo de proporcionar uma atmosfera acolhedora e cooperativa envolvendo a tecnologia da indústria 4.0 na aprendizagem de programação de CLP. Esta evidência ficou marcada, principalmente, nas escritas dos alunos que revelaram suas satisfações em participarem de forma colaborativa, interagindo com os colegas e comigo (professor). Logo, recomendo a utilização dos ambientes supracitados no ensino da programação de CLP pela linguagem Ladder.

5.7 DIÁRIOS DOS ALUNOS

A atividade individual relacionada aos diários dos alunos no ambiente do Moodle teve como propósito provocá-los a desenvolver a autorreflexão e o autoconhecimento, além de me ajudar a compreender a evolução do aprendizado dos alunos. A capacidade de se conhecer, segundo o estudo de Alcoforado (2019) compreende a inteligência intrapessoal, importante no ramo das tecnologias avançadas. Pela análise dos diários pude verificar que muitos alunos conseguiram adquirir diversas percepções pelas atividades propostas. Entretanto, não tiveram a segurança de relatar com detalhes suas dificuldades e como fizeram para superá-las. Nesse sentido, recomendo que o professor tente estimular os alunos a externarem, de alguma maneira, suas percepções de aprendizagem. Talvez criar atividades mais objetivas para que os alunos possam escrever o que se pede. No caso da oficina deixei que eles escrevessem o que gostariam, salientando alguns pontos durante a aula síncrona. Tentei criar um ambiente leve para que eles se sentissem à vontade para relatarem o que tivessem vontade, sem induzi-los ou pressioná-los. Então, notei que a maioria não soube escrever com detalhes as suas percepções internas. Como exemplo, há o aluno B (encontro 11), que soube escrever no diário a seguinte revelação: “Então,

ainda tenho alguma dificuldade em entender a lógica ladder. Mas aos poucos estou sacando, agora que sei como fazer os dois softwares utilizados conversarem e realizarem a simulação”. Nessa citação o aluno não detalha qual foi a sua dificuldade, apenas mencionou. Também não relatou como ele começou a compreender o conteúdo. Nesse sentido, os estudantes, majoritariamente, não revelaram com detalhes a construção interna dos seus aprendizados. Mesmo assim, a atividade do diário foi bem sucedida, pois ocorreram escritas reveladoras sobre diversos pontos da pesquisa, como a dinâmica, a didática, os recursos utilizados, a medição do professor, etc. Essas percepções relatadas nos diários, aliadas às análises das práticas de aprendizagem realizadas, foram importantes para eu entender como as atividades comoviam os alunos. Nesse quesito saliento que o professor deve tentar incentivar e esclarecer para os estudantes a relevância de eles refletirem e escreverem em seus diários sobre as suas percepções de seus aprendizados (avanços e frustrações), pois esse movimento interno pode desencadear processos de ressignificação das crenças pessoais, ampliando a sua compreensão sobre si e sobre o objeto de estudo.

5.8 OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR

Em relação as minhas observações realizadas durante as aulas posso afirmar que foram proveitosas para que eu pudesse perceber a evolução dos alunos e melhorar a minha conduta como professor mediador. Ao escrever pude revisitar minha maneira de conduzir os encontros, me questionando sobre o que poderia melhorar. Assim, a cada aula eu tentava adaptar o conhecimento do saber a ser ensinado, modificando as atividades de acordo com a evolução e o grau de conhecimento dos alunos. Uma das alterações necessárias foi, por exemplo, o aumento do número encontros de dez para quinze, visto que pela dinâmica baseada em interações, as aulas estavam demorando para avançar em relação ao conteúdo. A cada nova escrita que fazia, eu relacionava o quanto os alunos conseguiram conversar e interagir entre eles, e o quanto eu tive que explicar o conteúdo. Eu ficava atento as minhas atitudes para não me tornar um professor monólogo, que só falava e não deixava os outros falarem. Como não tinha o costume de me comportar como um professor mediador, eu me policieei para ser um agente questionador e indagador, problematizando as circunstâncias e incentivando os alunos a criarem estratégias para resolverem as tarefas. Nesse sentido, as minhas anotações me fizeram externar o que eu percebia das minhas atitudes em aulas. Por essa experiência, sugiro que o professor faça um diário de suas atitudes e da sua visão em relação ao comportamento dos alunos em aula para poder rever a sua conduta e as atividades programadas.

5.9 ELABORAÇÃO DAS PRÁTICAS DE APRENDIZAGEM RELACIONADAS AO PC

Outro fator que relevo é o fato de eu ter elaborado as práticas de aprendizagem com o intuito de os alunos desenvolvessem as habilidades do PC ao resolverem as atividades. Como o PC denota de diversas peculiaridades que auxiliam na resolução de problemas, eu articulei os enunciados e a organizei a sequência das atividades de forma a explorar essas características, tais como: a organização e sistematização de informações de forma lógica; a representação de dados por meio de abstrações (como modelagem e simulações); a automatização de processos mediante algoritmos, levando em conta uma série de etapas ordenadas; a identificação, análise e implementação de soluções possíveis para otimizar processos e a generalização e transferência de resolução para uma ampla variedade de problemas (padronização) (BILBAO *et al.*, 2016; ISTE; CSTA, 2011; VICARI *et al.*, 2018; VARELA *et al.*, 2019). Assim, para a oficina foram elaborados problemas de uma forma que os alunos pudessem usar o computador para ajudá-los a resolver os exercícios. A partir da dinâmica da elaboração de algoritmo, de exercícios realizados com o papel e caneta, até a produção de códigos simulados no computador, teve uma lógica sequencial com o objetivo de promover essas habilidades. Pela análise realizada dos códigos e dos textos, foram observados em diversos momentos a presença desses indicativos do PC nas atividades, inferindo que elas foram importantes no desenvolvimento do conhecimento do aluno. Então, oriento que o professor prepare práticas de aprendizagem relacionadas à programação de CLP tendo em vista as características do PC, possibilitando que o estudante desenvolva tais habilidades e competências. Essas características são relevantes porque o ajudarão não só nas atividades de programação, mas em outras atividades que envolvam a criação, o raciocínio lógico, a otimização de processos, a decomposição e organização de tarefas.

5.10 MEDIAÇÃO SOCIAL NAS DINÂMICAS DAS ATIVIDADES EM GRUPO E INDIVIDUAIS

Durante todos os encontros da oficina foram desenvolvidas dinâmicas que incentivassem os estudantes a falarem de suas vivências e experiências dentro da sala de aula, promovendo um ambiente de coletividade de informações e percepções. Nas atividades em grupo eu apresentava um problema para a turma e eu ia perguntando aos alunos como eles resolveriam. A partir daí íamos discutindo e eu ia realizando as ações que eles comentavam, verificando se estavam certas ou erradas. Em caso de erro, eu questionava como era possível

modificar a solução para acertar a resposta. Também, em aulas mais conceituais (menos práticas) eu realizava perguntas para os alunos sobre os conteúdos, como mostra a Figura 26, por exemplo, para começar um debate entre os participantes. Essas dinâmicas me surpreenderam pela participação ativa dos alunos, pois esperava que eles ficassem mais quietos, sem darem suas opiniões como normalmente fazem nas minhas aulas presenciais na engenharia.

Nos casos das atividades individuais, eu os deixava realizando a tarefa e, no final, eu solicitava que eles apresentassem para que os outros opinassem sobre a resolução. Nesse momento ocorriam sugestões relevantes para ajudar e auxiliar o aluno a modificar a resposta. Nessas atividades individuais também me chamou a atenção a descontração dos estudantes, uma vez que eles, em sua maioria, não ficaram receosos em mostrar para a turma as respostas. Assim, os colegas iam dando dicas para o estudante com dificuldades, e ele ia alterando o seu código e testando, até compreender o seu erro pelas conversas com a turma.

O propósito de mediar as atividades foi de tentar incentivar e perturbar os alunos, tirando-os da zona de conforto para que eles pudessem refletir sobre suas ações em relação aos problemas propostos. Essa dinâmica de troca de experiências e construção do conhecimento de forma conjunta dos sujeitos faz menção a teoria social-histórico-cultural de Vygotsky, a qual o indivíduo consegue estimular o desenvolvimento cognitivo pela internalização de elementos mediadores (signos e instrumentos) por meio de interações com os outros em atividades práticas (MOREIRA, 2011; VYGOTSKY, 1991, 2002).

Um fator relevante que o professor deve estar atento ao promover dinâmicas mediadas pelos participantes é a capacidade de elas terem o potencial de desenvolver habilidades de caráter técnico (*hard skill*), intrapessoal e interpessoal (*soft skill*). O aluno deve estar apto a conseguir utilizar as tecnologias apresentadas em aula, que tem relação direta com a indústria e o ramo de trabalho, assim deve desenvolver a criatividade, comunicação, liderança, pensamento crítico, entre outras, importantes para o futuro profissional, mas, principalmente, para a formação do cidadão capacitado e instruído capaz de tomar suas próprias decisões, formando opiniões e ideias que possam melhorar a sua vida na sociedade. Segundo Sesi (2020), o desenvolvimento dessas habilidades sociocomportamentais, que envolvem aspectos emocionais e comportamentais de cada pessoa, devem estar cada vez mais presentes nos currículos escolares.

Então, eu indico na aprendizagem de programação da linguagem Ladder o desenvolvimento de dinâmicas coletivas e individuais que promovam a interação social entre os participantes por meio da mediação do professor e dos colegas, e que tenham potencial de

desenvolver nos alunos habilidades e competências que promovam a formação do sujeito emancipador apto a conviver e a contribuir na sociedade.

5.11 REVERBERAÇÕES DAS DINÂMICAS DESENVOLVIDAS

Em relação as dinâmicas dos encontros ocorreram de forma que os alunos foram os protagonistas da construção do conhecimento e eu o mediador das tarefas. No projeto inicial da oficina, por exemplo, criei tutoriais mostrando passo a passo de como utilizar os softwares de programação, com o receio de que eles tivessem muitas dificuldades para manusear as funcionalidades dos programas. Contudo, ao iniciar a oficina, refleti sobre as dinâmicas pedagógicas e decidi não utilizar os tutoriais, planejando, então, mostrar como se mexe nos softwares junto com os alunos. Assim, nós íamos conversando sobre os recursos de cada software, trocando ideias. Nesse movimento íamos construindo e entendendo como trabalhar com as funções para programar e simular. Esta consciência de mudar a dinâmica da atividade foi um despertar para que eu modificasse a minha visão como professor na oficina, sendo então um mediador ao invés de um expositor de tutorias, deixando a turma sem interação. Ao mostrar as funcionalidades dos programas com a intervenção dos alunos, percebi que eles entenderam de forma rápida como programar com os softwares, não precisando utilizar os tutoriais que eu elaborei.

Na didática das práticas de aprendizagem (que exigiam a elaboração de códigos), a dinâmica executada teve como proposta fazer com que os alunos compreendessem as suas ações ao manejarem os recursos informáticos. Dessa maneira, os estudantes, ao resolverem os problemas propostos mediados pelo computador, tiveram uma experiência de reflexão sobre o objeto de estudo. Essa relação do aprendizado do aluno pela interação com o computador faz menção à ideia de Papert, que provoca ao dizer que o sujeito pode aprender e dar sentido ao que está fazendo ao manipular conceitos pelo computador. Como as atividades tinham um caráter colaborativo, então, como professor mediador, elaborava questionamentos e situações perturbadoras para que os alunos pudessem rever alguns conteúdos. Essa proposta de provocar a turma para que eles conversem e se ajudem, trocando vivências, tem relação a teoria de Vygotsky, que entende que a sociointeração promovida pelos sujeitos (no caso professor e colegas), possibilita aumentar as chances de o aluno acertar um exercício que ele tenha dificuldades. Este fato está diretamente ligado ao desenvolvimento e maturidade de cada um (CAVALCANTI, 2005). Então, durante as aulas ocorriam atividades tanto por meio da mediação do professor, como por meio da mediação pelo computador, tendo em alguns casos

a mediação dos alunos. Sendo esses movimentos de interação bem avaliados pelos estudantes através de seus relatos, assim como pelas minhas observações, aconselho que o professor, ao lecionar programação, desenvolva dinâmicas em sala de aula que incluam essa conjuntura de fatores mediadores. Essa proposta revelou que os alunos conseguiram desenvolver uma autonomia e possibilitou que eles se sentissem confiantes para criar, inovar e trocar informações com os colegas, pedindo ajuda para a turma e para o professor. Infere-se pelas análises que atmosfera colaborativa foi possível pela dinâmica mediadora dos agentes da oficina.

Também percebi, fruto das dinâmicas, a necessidade de exaltar a interação social como modo de formação do cidadão. Por meio da convivência nos encontros, notei que os alunos praticaram ações importantes para o sujeito que vivem em sociedade, como, por exemplo o respeito e a ajuda ao próximo, gerando uma atmosfera solidária, participativa e pacificadora. Estes requisitos são importantes na vida do aluno, e desenvolvê-los dentro da sala de aula é um dos princípios fundamentais para a educação. Além da formação técnica, o aluno precisa conviver com os colegas e aprender a respeitar a opinião dos demais (principalmente as opiniões contrárias), saber se comportar, ser solidário, aceitar receber a ajuda dos outros, compreender a união entre os participantes da turma quando há atividades em grupo (sabendo dividir tarefas, discutir pontos de vistas, sem impor as suas ideias), entre outras características que um ambiente escolar pode proporcionar para desenvolver um cidadão apto a construir uma vida de sucesso. Logo, vejo como pesquisador e professor, a importância de não só formar um engenheiro da graduação, mas um cidadão com senso crítico e autônomo, com capacidade de tomar suas próprias decisões, abrindo caminhos para o seu aprendizado e o seu sucesso pessoal e profissional. Assim, creio que pelas dinâmicas exercidas na oficina os alunos puderam desenvolver as habilidades e competências para a formação de cidadão capaz de compreender o mundo e tomar decisões sensatas. Elas devem possibilitar que as práticas pedagógicas sejam redimensionadas, permitindo que o processo de aprendizagem aconteça por meio da criação e recriação do conhecimento, no qual os alunos são sujeitos ativos desta construção (SILVA, 2013). Dessa forma, cabe o incentivo para que o professor, ao elaborar as dinâmicas pedagógicas, tenha o zelo de trazer para a sala de aula atividades que promovam e qualifiquem o sujeito, tanto na esfera profissional como social. Segundo Führ (2018), pelo contexto das grandes mudanças do mundo contemporâneo, as instituições de ensino devem propor um currículo flexível para que os estudantes se tornem autores de suas próprias vidas; como aprendizes que se autodirigem ao longo da vida; pesquisadores éticos com rigor científico; comunicadores eficazes; cidadãos solidários e comprometidos com a construção de uma

sociedade humana justa e igualitária; criadores singulares em suas áreas de especialização e interesse; colaboradores afetivos nos grupos e na comunidade.

As dinâmicas desenvolvidas na oficina, que emergiram a partir das práticas de aprendizagem propostas, surpreenderam-me positivamente, principalmente aquelas que relacionaram a simulação em 3D, pois eu nunca tinha utilizado o software em sala de aula. O *feedback* dos estudantes em seus relatos foi interessante e me fizeram perceber que é possível inserir no ensino em Engenharia de Controle e Automação ferramentas digitais que aproximam os alunos às suas atividades profissionais. A simulação em 3D é um dos pilares da quarta revolução indústria, segundo Rübmann *et al.* (2015), e proporcionar aos alunos a experiência de eles terem contato com ela é um importante passo para incluir as tecnologias da indústria 4.0 nos currículos das Engenharias. Pelas mudanças tecnológicas que ocorrem no âmbito pessoal e profissional, é fundamental que o país adote um modelo acadêmico com currículos compatíveis com o cenário global, prevalecendo a formação de estudantes colaborativos, com capacidade de executar projetos que simulem situações que ocorrem nas empresas e com habilidade analítica para decidir ações (BRASIL, 2017). A dinâmica de incentivar os alunos a utilizarem o papel e caneta para resolverem por si o exercício, e após conferissem com a resposta obtida pela simulação no computador, pela minha análise, foi uma estratégia assertiva. Ao analisar os códigos executados no papel e os programas realizados no computador, pude perceber que os estudantes tiveram que fazer uma reflexão sobre as funcionalidades de programação e modificar os códigos para corrigir eventuais problemas. Esse movimento me fez crer que os alunos desenvolveram, por meio da mediação pelo computador, competências que ajudaram a melhorar a resposta, corroborando a ideia do construcionismo em que a pessoa pode desenvolver processos mentais e novos saberes ao manipular conceitos mediados pelo computador (PAPERT, 1985, 2008; SCHELLER; VIALI; LAHN, 2014).

Em vários momentos eu provoquei os alunos para que exibissem os seus exercícios para serem avaliados pelos outros colegas, ocorrendo uma troca de conhecimentos saudável para o aprendizado. Então, durante a oficina notei que as práticas de aprendizagem propostas constituíram-se numa experimentação que reuniu mais do que a resolução de problemas, mas uma vivência e um aprendizado por meio dos recursos informáticos e pela interação social entre os participantes da oficina. Essa situação dá créditos às ideias de Papert e de Vygotsky, em que Papert mencionava que o aluno poderia aprender por meio da mediação com o computador, e Vygotsky acreditava que a interação social era um fator importante no aprendizado dos sujeitos. Logo, acredito que estas propostas de dinâmicas por meio de mediações e pela utilização de

software em 3D foram interessantes na aprendizagem de programação de CLP, sendo uma das recomendações dessa tese ao professor que queira abordar novas tecnologias em sala de aula.

5.12 DIFICULDADES E OUTROS ASPECTOS PERCEBIDOS DURANTE A OFICINA

No processo de análise surgiram aspectos indesejados/inesperados que ressaltam nesse subitem. Em relação às tarefas escritas no papel percebi a “falta de capricho” no desenvolvimento, dificultando a leitura e interpretação dos algoritmos e códigos. Também, as fotos postadas dos exercícios nem sempre estavam nítidas. Sobre a dinâmica desse tipo de atividade, sugiro que o professor atente os alunos a terem mais calma no momento de resolverem os exercícios e de postarem no ambiente.

Outra situação inesperada ocorreu em relação aos tipos de arquivos postados pelos alunos no Moodle. Esses correspondiam às respostas dos exercícios (códigos elaborados no software de programação de CLP), e alguns arquivos eu não pude abrir e visualizar o conteúdo porque estavam com a extensão do arquivo errada. Desse modo, tive que pedir para os alunos que me reenviassem os exercícios novamente (com a extensão correta) e, portanto, eu só pude verificar se a resposta estava correta em outro momento. Em outros casos, os estudantes utilizaram uma versão do software de programação diferente da que utilizei, assim, mesmo que eles tivessem postado o arquivo com a extensão correta, eu não consegui visualizar o conteúdo por causa da incompatibilidade da versão do software. Nessa última ocorrência, tive que fazer o download da versão que alguns alunos utilizaram. Para evitar esses contratemplos, vale o professor reforçar para a turma qual o tipo de arquivo que deve ser postado e qual a versão do software ele deve utilizar. É importante que todos os participantes utilizem a mesma versão dos softwares para que não ocorra incompatibilidade de versões.

No momento de eu executar os programas dos aprendizes com a tela de IHM no software de programação, ocorreram algumas dificuldades. Nem todos os componentes da tela de IHM tinham nomes, dificultando a execução. Cito, como exemplo, o caso do aluno D, conforme Figura 45. Nessa situação tive que parar a execução do programa para acessar as propriedades do componente para verificar em qual variável ela estava associada. Essa situação ocorreu em vários exercícios de alunos diferentes. Em outros casos os alunos colocavam nomes não sugestivos nas variáveis. Ou seja, o problema tratava de um sistema que tinha uma furadeira, e o aluno, ao invés de colocar o nome da variável de “furadeira”, colocava o nome de “motor”, por exemplo. Esse tipo de nomenclatura pode confundir o operador da máquina. Então, recomendo que o professor evidencie a importância de os estudantes colocarem os nomes nas

variáveis de forma sugestiva, para que outra pessoa consiga entender o processo. Uma proposta de dinâmica que pode ser realizada para sanar esse tipo de intempere é pedir para que um aluno execute o programa de outro colega. Assim, eles vão perceber que a falta da nomenclatura ou a nomenclatura equivocada pode atrapalhar o operador no momento da execução do código. Outra possibilidade que pode ajudar nesse caso é desenvolver a representação por pseudocódigos ao tratar do tema algoritmos, visto que para desenvolver essa estrutura, existe a necessidade de declarar as variáveis (nomear as variáveis que serão utilizadas no código).

Um problema parecido que envolveu os nomes das variáveis aconteceu na hora de realizar a simulação em 3D. Para conseguir simular em 3D era preciso utilizar os dois softwares: o software de programação de CLP (que continha o código em Ladder), e o software de simulação em 3D (que mostrava o cenário em 3D). Tendo os dois programas em execução no computador, se fazia uma comunicação entre os dois softwares e, para conseguir visualizar o processo funcionando no ambiente em 3D, era necessário associar as variáveis do programa em Ladder (do software de programação) ao outro (do software de simulação em 3D). Isto posto, se em um programa tinha uma variável com o nome de “motor”, o ideal era que no programa do outro software essa variável também se chamasse “motor”. Dessa forma era fácil conseguir fazer a associação. Todavia, nessa tarefa da associação pelos programas dos alunos, nem sempre estava claro quais variáveis eram para associar, pois não tinham a mesma nomenclatura. Em um software uma variável tinha um nome, e no outro software a variável tinha outro nome. Então, em alguns casos fiquei bastante tempo tentando realizar a associação por tentativa e erro devido às nomenclaturas das variáveis. Mais uma vez fica a ressalva de o professor alertar a turma referente a essa questão. Ainda sobre a simulação em 3D, como eram necessários dois softwares para realizar a simulação, nem todos os alunos postavam os dois arquivos no ambiente do Moodle. Alguns estudantes só enviavam o arquivo de um dos softwares e não o do outro. Sendo assim, eu tinha que lembrar os alunos a postarem o arquivo faltante.

Essas questões supracitadas sobre postagens dos arquivos podem prejudicar o andamento da oficina, uma vez que o professor necessita solicitar ao aluno que envie o arquivo correto. Dessa forma, há um tempo para que o aluno receba a mensagem solicitando a postagem do arquivo e o efetivo envio. Se esse período for muito longo (de dias) pode afetar o planejamento do professor, visto que para ele realizar as adaptações das dinâmicas conforme o desenvolvimento da turma, ele precisa analisar os exercícios resolvidos pelos alunos. Sem esse monitoramento o docente pode ficar sem referência para saber o que precisa ser modificado nas dinâmicas pedagógicas para melhor o aprendizado dos alunos. Essa percepção do professor faz menção ao conceito da ZDP de Vygotsky, que pode ser entendido como aquelas funções

mentais que estão em processo de maturação. A concepção de Vygotsky também questiona o papel do professor, salientando que o docente deve observar o aluno e lhe proporcionar condições para que ele seja capaz de atingir um nível de conhecimento mais elevado (CAVALCANTI, 2005; SOUSA; FINO, 2008; VYGOTSKY, 1991). No caso da oficina, essa questão das postagens houveram casos isolados, e as respostas dos alunos foram rápidas, não afetando o andamento dos encontros. Entretanto, fica o alerta para que esse tipo de situação não ocorra, precisando o professor explicar a necessidade de os alunos enviarem os arquivos corretos e em um prazo específico.

Em relação aos softwares utilizados, uma limitação encontrada foi que um deles (o software de simulação em 3D) tinha uma licença de utilização que expirava em trinta dias. Sendo assim, eu não pude continuar com algumas atividades após um determinado período. Essa questão me fez elaborar uma estratégia para que eu conseguisse desenvolver as atividades mediado por meio do software dentro desses dias, não deixando margem para que eu pudesse retomar alguns exercícios em outro momento.

Por fim, teve um aluno que participou ativamente dos encontros, mas postou poucos arquivos, e quase não escreveu em seus diários. Nesse caso, após a oficina, solicitei que ele me enviasse os arquivos e desse algum parecer sobre a oficina. Creio que não seja o ideal para o processo de aprendizagem, pois, como já relatei, é importante o professor monitorar e acompanhar o aprendizado do aluno ao longo das aulas, e não apenas no final. Encontrar subsídios que estimulem os participantes a escreverem em seus diários e a postarem os arquivos foi um desafio. Os encontros embasados em conversas e discussões foram, ao meu ver, o principal fator para que eles participassem das atividades e escrevessem nos diários.

5.12.1 Transposição informática

Para o processo de elaboração e execução da oficina, a transposição informática se mostrou um conceito importante, pois pelo seu estudo, foi possível construir uma sequência de etapas que nortearam as minhas ações como professor e pesquisador. Durante o desenvolvimento da tese, criei procedimentos da transposição informática, vide Quadro 2, com base nas pesquisas estudadas.

A transposição informática pode favorecer a criação de práticas de aprendizagem que simulam o mundo real, ajudando a promover ambientes de aprendizagem desafiadores, contextualizados e integradores. A simulação, a experimentação, os ensaios e a possibilidade de diversidade na proposta educativa podem valorizar a processualidade do pensamento,

conferindo um enfoque experimental e reflexivo ao processo de aprendizagem. Ou seja, ao aliar a prática pedagógica ao conhecimento da transposição informática, o professor pode propor dinâmicas onde os recursos computacionais podem ser experimentados de forma interativa e dinâmica, despertando nos alunos o desejo de se envolverem nas tarefas, culminando em novas concepções/compreensões acerca dos objetos em estudo. O desenvolvimento dos procedimentos da transposição informática, expressos no Quadro 2, é um processo cíclico e recursivo, em que o professor faz um movimento de ir e vir sobre os temas, conceitos, estratégias, entre outros elementos que ele almeja desenvolver nas aulas. O docente revisita e readapta os materiais e métodos que ele pretende desenvolver constantemente, a fim de promover a construção do conhecimento com os alunos.

No caso da oficina, a transposição do saber a ser ensinado, que foi a programação de CLP pela linguagem Ladder, ocorreu pelas escolhas das plataformas digitais, pelas atividades estabelecidas e pelas dinâmicas desenvolvidas nos encontros, proporcionando um ambiente interativo associada com a mediação pelos recursos informáticos. Para Balacheff os ambientes de aprendizagem com a utilização de tecnologias digitais podem resultar na construção do conhecimento onde acontecem novas transformações do objeto de estudo (ABAR, 2020). Sendo assim, as escolhas das plataformas para transposição do saber sobre programação de CLP pela linguagem Ladder ocorreu porque eles tiveram potenciais para desenvolver as habilidades do PC, que são, segundo Vicari *et al.* (2018) e Wing (2006), importantes para resolver problemas, gerenciar o cotidiano, interagir com outras pessoas, etc. Também foram consideradas nesse processo as competências da formação de um engenheiro de controle e automação, vinculando o contexto da indústria 4.0 no cenário industrial e educacional.

Uma vez que os procedimentos da transposição informática (vide Quadro 2) não foram encontrados nos estudos realizados, entendo que a estrutura desenvolvida sobre a transposição informática constitui uma das contribuições da tese para o cenário acadêmico. Visualizo a possibilidade de abranger o tema e a estrutura criada da transposição informática nesta tese em outras esferas da ciência, não apenas na área da engenharia. Logo, cabe a sugestão para os docentes a aplicação da transposição informática em outras áreas de conhecimento que envolvam algum tipo de recurso computacional e que, principalmente, tenha vínculo a implementação de alguma tecnologia da indústria 4.0 (ou alguma tecnologia mais recente). Como os estágios construídos da transposição informática foram aplicados passo a passo e com êxito, vejo que os procedimentos criados no Quadro 2 podem ser considerados válidos do ponto de vista científico.

5.13 MINHA AUTOAVALIAÇÃO COMO PESQUISADOR E PROFESSOR

Para finalizar esse capítulo, descrevo um relato sobre a minha autoavaliação durante todo o processo de construção e desenvolvimento da tese. Chegando ao término dessa jornada, pude perceber o quão satisfatório foi explorar novos horizontes no campo da docência e da pesquisa, investigando vários desafios para serem aplicados na engenharia. Fiquei positivamente surpreso com as declarações dos alunos referente a didática e a dinâmica desenvolvida na oficina. Não sabia que a aceitação deles seria tão expressiva. Durante a oficina, o meu comportamento mediador me fez refletir sobre as minhas atuações como professor até o momento, pois, normalmente, lecionava tendo uma postura mais ativa, sendo um interlocutor durante as aulas. Nessa oficina pude auxiliar e incentivar os alunos a eles próprios se tornarem os agentes da construção do conhecimento. Esse processo ocorreu por meio de estratégias pré-definidas e que foram sendo ajustadas de acordo com a interação social e os avanços da aprendizagem dos estudantes. Pelas análises do *corpus*, que mostraram o contentamento dos estudantes sobre a oficina, senti que valeu o empenho para modificar a postura em sala de aula, estabelecendo um sentimento de satisfação pelo trabalho realizado. A autorreflexão e o autocontrole foram importantes para que eu pudesse me transformar em um professor mediador na oficina, sem trazer vestígios do professor mais centralizador da ação, que costumo ser. Também saliento a importância das investigações dos diversos temas da tese, como o contexto que engloba a educação com a indústria 4.0, os desafios do engenheiro no ambiente tecnológico da quarta revolução industrial, o pensamento computacional, as teorias de Vygotsky e Papert e a transposição informática. Esses conceitos e teorias me fizeram questionar que tais conhecimentos podem ser utilizados em diversas áreas da engenharia, não só para a programação de CLP pela linguagem Ladder. Esse movimento de reflexão é importante para o docente, pois aguça a vontade de conhecer novos assuntos e novos métodos de aprendizagem, contribuindo para a qualificação do professor e para o redimensionando de práticas pedagógicas. A formação continuada e a qualificação de professores, promovendo o desenvolvimento de competência e habilidades, são fundamentais para o sistema educacional (ALCOFORADO, 2019; BRASIL, 2017). Assim, com a tecnologia cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, afetando o desenvolvimento humano, uma a reflexão acerca do ambiente educacional e das relações sociais e culturais é necessária para projetar o papel do professor como mediador nessa atmosfera. Logo, continuarei desenvolvendo o conhecimento adquirido para melhorar cada vez mais a minha atuação como pesquisador e professor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade vivenciou quatro revoluções industriais, impactando em mudanças que afetaram diversos setores, incluindo do trabalho e da educação. A indústria 4.0, que está em curso, requer que as instituições de ensino considerem esse contexto a fim de promover uma formação de qualidade que atenda às necessidades científicas e sociais contemporâneas. Dispositivos utilizados pelas pessoas no seu dia a dia como smartphones, tablets, notebooks, entre outros já possuem tecnologias relacionadas à indústria 4.0. Em geral, as máquinas e equipamentos das indústrias brasileiras representam a indústria 2.0 e 3.0. Sendo assim, surge a demanda por contínuos avanços tecnológicos para que o Brasil alcance os países desenvolvidos na área tecnológica. No contexto acadêmico dos cursos de engenharia, muitas vezes os ambientes de aprendizagem não estão de acordo com a demanda referida. Desse modo, há uma carência de equipamentos e de infraestrutura adequados que atendam às características da indústria 4.0, articulados às práticas de ensino que possam proporcionar a formação de cidadãos capazes de utilizar tecnologias da quarta revolução industrial para o seu desempenho pessoal e profissional.

Para contribuir com as demandas relacionadas ao ensino em engenharia, nesta pesquisa foi construído um corpo teórico apresentando o cenário industrial e o contexto educacional relativo às revoluções industriais, principalmente a quarta revolução, conhecida como indústria 4.0. Pelos estudos, foi observado que o Brasil possui seu parque industrial equipado com recursos oriundos da segunda e da terceira revolução industrial, e que a educação, considerando a realidade atual tecnológica, pode ser um dos fatores a serem explorados para que o país avance nesse quesito, possibilitando o redimensionamento das práticas pedagógicas. Com esse movimento pode ser possível formar sujeitos aptos a interagir com recursos tecnológicos que fazem parte da modernização das indústrias e que envolvem a sociedade.

Com o objetivo de embasar o estudo, também foram investigados conceitos e teorias que pudessem ser considerados no ensino de programação de CLP relacionando à evolução tecnológica, sendo estas: a indústria 4.0, o pensamento computacional (PC), a transposição informática, as demandas da indústria 4.0 e as especificidades do engenheiro no cenário da quarta revolução industrial, além das teorias de Vygotsky e Papert.

Sendo assim, após a construção do quadro teórico, com o intuito de fomentar dados para a pesquisa, foi realizada uma oficina na modalidade a distância via plataformas digitais com alunos em Engenharia de Controle e Automação do IFRS, ministrada pela minha pessoa (pesquisador deste trabalho). O objeto de estudo desenvolvido na oficina foi a programação em

CLP pela linguagem Ladder com a utilização da simulação em 3D em ambientes colaborativos. Assim, foi possível reunir a tecnologia da indústria 3.0, representada pelo CLP, com a tecnologia 4.0, oriunda da simulação em 3D. Essa articulação aproximou os alunos à realidade da indústria 4.0 a partir dos recursos que representam a indústria 3.0, que são utilizados hoje no cenário industrial brasileiro. Esse movimento pode provocar agentes da educação para que outros recursos da quarta revolução industrial sejam desenvolvidos nas instituições de ensino.

A partir das atividades da oficina, originaram-se conteúdos textuais e produções codificadas. Os textos provenientes da oficina, relativos aos depoimentos dos alunos em seus diários e das minhas observações como professor da oficina, foram analisados com base na análise textual discursiva (ATD), indicando que as dinâmicas construídas e apresentadas nesta tese ofereceram a interação entre os participantes, promoveram a postura mediadora do professor, como também revelaram o envolvimento dos ambientes e da tecnologia como elementos mediadores de aprendizagem. Os códigos, frutos das práticas de aprendizagem por meio de exercícios, mostraram que os alunos desenvolveram, em sua maioria, habilidades e competências relacionadas ao PC e as especificidades do engenheiro no cenário da indústria 4.0. Logo, as dinâmicas desenvolvidas na oficina, além de fazer com que os alunos conseguissem desenvolver aspectos relativos ao PC e as atribuições do engenheiro no processo de aprendizagem em programação de CLP, também promoveram a interação social, referente às ideias de Vygotsky, e fomentaram o ensino por meio da mediação pelos recursos informáticos, embasada na teoria de Papert. Após a análise do *corpus* gerado, foi construída uma resposta à pergunta de pesquisa, que resultou em sugestões e recomendações de norteadores para o desenvolvimento de dinâmicas pedagógicas com vistas a utilização da tecnologia de simulação em 3D para o aprendizado de programação de CLP em linguagem Ladder.

Portanto, como resultado do processo de investigação, emergiram norteadores para desenvolver dinâmicas com base em diversos aspectos oriundos da análise e interpretação dos dados. Foi possível reverberar dinâmicas pedagógicas que visam a interação social como forma de propagar a um ambiente colaborativo, além de promover práticas por meio da mediação do professor e pelos recursos informáticos na aprendizagem de programação desenvolvidas na oficina. Ademais, foi possível constatar dinâmicas visando o desenvolvimento de habilidades caráter técnico, intrapessoal e interpessoal que são fundamentais tanto para a formação do profissional como para formação pessoal do estudante. Também foi verificado a importância da seleção e do desenvolvimento de recursos com base na realidade da instituição de ensino e dos estudantes. A transposição do saber a ser ensinado foi possível pela utilização da

transposição informática no processo de elaboração de práticas e dinâmicas de aprendizagem que envolveram elementos tecnológicos e informáticos. Sendo assim, as análises realizadas contribuíram para a criação de norteadores referentes ao desenvolvimento de dinâmicas pedagógicas em ambientes de aprendizagem na Engenharia de Controle e Automação, no contexto da evolução tecnológica nas indústrias, considerando as demandas da indústria 4.0 e o conceito de transposição informática. Conceito que pode ser considerado pelos professores ao elaborar tais dinâmicas de forma a envolver os recursos tecnológicos em experiências de aprendizagem, onde os alunos podem desenvolver operações cognitivas relacionadas a construção dos conteúdos estudados.

Os procedimentos da transposição informática desenvolvidos e utilizados na oficina, em um movimento cíclico e recursivo, foram considerados válidos por terem me auxiliado, como agente docente, a promover todas as etapas elencadas no Quadro 2, sendo estas: a pesquisa do contexto industrial e educacional, os estudos dos conceitos e teorias, a seleção dos recursos, a produção dos materiais, o planejamento e o desenvolvimento das dinâmicas pedagógicas. Vislumbra-se que tais procedimentos da transposição informática desenvolvidos neste trabalho poderão ser úteis no cenário acadêmico, tanto na área da Engenharia como em outras áreas científicas, sendo sua aplicação recomendada aos professores que almejam realizar práticas pedagógicas com o uso de recursos informáticos. A abordagem sobre os conceitos do PC, das especificidades do engenheiro no cenário da quarta revolução industrial e das teorias de Vygotsky e Papert também foram consideradas válidas, uma vez que ofereceram elementos conceituais para analisar o *corpus* de pesquisa.

O estudo realizado trouxe alternativas para sanar implicações causadas pelas tecnologias emergentes da indústria 4.0 que repercutem na formação de engenheiros, considerando ambientes de interação entre os participantes em atividades mediadas pelo professor e pelos recursos informáticos. Por meio das dinâmicas de interação e de mediação desenvolvidas na oficina os alunos puderam desenvolver a si mesmas como sujeitos, com espírito colaborativo e com autoconhecimento. As dinâmicas também revelaram o protagonismo dos alunos na construção do conhecimento, como cidadãos ativos e com percepções reflexivas, desenvolvendo pensamentos independentes, criativos e outras características importantes para a formação do sujeito emancipador.

Esta pesquisa contribui, com certo grau de ineditismo, para a criação de dinâmicas pedagógicas que articulam a transposição informática, o pensamento computacional, recursos tecnológicos, incluindo da indústria 4.0, e teorias relacionadas a Papert e Vygotsky no ensino em Engenharia. Dinâmicas essas alinhadas às recomendações emergentes sobre a constituição

de ambientes de aprendizagem, recomendações relacionadas ao protagonismo do aluno, onde a prática pedagógica incentiva a reflexão, a exploração e a autoria como caminho para construção da aprendizagem. O trabalho provocou reflexões que, dadas as condições observadas, produziu uma aproximação entre o ensino em engenharia e as tecnologias da indústria 4.0, promovendo caminhos para pesquisas na formação do engenheiro na Era da quarta revolução industrial.

Outro fator a ser considerado foi a minha transformação pessoal como professor e pesquisador. Ao desenvolver este trabalho, tive muitos momentos de reflexão e autoanálise sobre a minha postura docente e sobre as minhas dinâmicas pedagógicas ao longo dos últimos anos. Finalizando este estudo, a partir das articulações dos conceitos abordados nesta tese, juntamente com as experiências vivenciadas durante a oficina, pude desencadear pensamentos acerca do ser professor, me permitindo ser em um sujeito mais mediador do que interlocutor nas aulas, além de um professor mais interessado em pesquisa e sobre conceitos e teorias que abrangem o ensino em engenharia. O fato de os alunos terem dialogado e foram suscetíveis a trocar experiências, tanto conjuntas como individuais, transformando-os em protagonistas do aprendizado, me fizeram perceber que o processo de mediação é um caminho a ser seguido em minhas futuras dinâmicas pedagógicas. As análises das dinâmicas construídas também foram importantes para que eu pudesse perceber que os estudantes conseguiram ter autonomia ao desenvolverem as atividades da oficina, além de terem uma atitude colaborativa de companheirismo e cumplicidade, ajudando os colegas que precisavam de ajuda. Assim, não precisei ficar explicando todo o conteúdo, como já fiz em momentos passados. Essas reflexões da oficina e a autoavaliação do ser docente, também foi importante no processo de construção desta tese.

Destaca-se, também, o caráter social e científico deste estudo, pois seus resultados oferecem para a comunidade acadêmica de engenharia possibilidades para redimensionar currículos e qualificar a formação de professores, no contexto evolutivo de interação das tecnologias para os cursos de engenharia.

Por fim, almeja-se que este trabalho seja motivo de inspiração e orientação para outros, e que no futuro os procedimentos da transposição informática e o conhecimento de teorias que envolvam a aprendizagem, base desta tese, sejam considerados pelos professores dos cursos de engenharia para melhorar a formação acadêmica nessa área. Assim, visualiza-se um caminho para uma aproximação entre o ensino e o contexto social e industrial relativo às tecnologias da indústria 4.0, cenário esse que o profissional formado irá desenvolver suas atividades.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL. **Brasil ultrapassa 93% de vacinados com uma dose**, 21 fev. 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2022-02/brasil-ultrapassa-93-de-vacinados-com-uma-dose>. Acesso em: 02 nov. 2022.
- A VOZ DA INDÚSTRIA. **Realidade Aumentada na indústria: por que e como implantar?**, 02 jul. 2018a. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/industria-40-totvs/realidade-aumentada-na-industria-por-que-e-como-implantar>. Acesso em: 22 ago. 2019.
- A VOZ DA INDÚSTRIA. **Realidade Virtual reduz custos da indústria**, 17 mar. 2018b. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/industria-40-totvs/realidade-virtual-reduz-custos-da-industria>. Acesso em: 22 ago. 2019.
- A VOZ DA INDÚSTRIA. **Caminho até a Indústria 4.0: os destaques das revoluções industriais**, 18 set. 2020. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/industria-40-totvs/caminho-ate-industria-40-os-destaques-das-revolucoes-industriais>. Acesso em: 08 jul. 2022.
- A VOZ DA INDÚSTRIA. **A simulação computacional realiza previsões de situações em uma determinada operação industrial, trazendo benefícios para a Indústria 4.0**, 28 jun. 2022. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/inovacao/o-que-e-e-como-aplicar-simulacao-computacional-na-industria>. Acesso em: 23 set. 2022.
- ABAR, C. A. A. P. Teorias da transposição didática e informática na criação de estratégias para a prática do professor com a utilização de tecnologias digitais. **Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática**, Aracaju, v. 5, n. 1, p. 29-45, maio 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340937326_Teorias_da_Transposicao_Didatica_e_Informatica_na_criacao_de_estrategias_para_a_pratica_do_professor_com_a_utilizacao_de_tecnologias_digitais. Acesso em: 28 out. 2020.
- ABB. Asea Brown Boveri (ABB). **YuMi® - IRB 14000 | Collaborative Robot**, 2015. Disponível em: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-14000-yumi>. Acesso em: 01 out. 2019.
- AFFELDT, B. B. et al. Avaliação do Software Mit App Inventor: Critérios da Transposição Informática e do Desenvolvimento do Pensamento Computacional. **Revista Educacional Interdisciplinar (Redin)**, Taquara, v. 7, n. 1, nov. 2018. Disponível em: <https://seer.faccat.br/index.php/redin/article/view/1092>. Acesso em: 05 ago. 2020.
- ALBINO, R. **As Principais Metodologias e Ferramentas na Educação 4.0**. Araçatuba, SP: s.n., 2019. Disponível em: <http://www.rodrigoalbino.com.br/assets/images/projetos/livro2.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- ALCOFORADO, F. O Futuro do Trabalho e da Educação no Mundo. **Revista Científica de Pesquisa Educacional RUNAE**, n. 2, p. 44-65, ago. 2019. Disponível em: <http://revistas.unae.edu.ec/index.php/runae/article/view/178>. Acesso em: 23 nov. 2019.

ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 44-58, 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9006>. Acesso em: 05 ago. 2020.

ARAÚJO, A. L. S. O. D.; ANDRADE, W. L.; GUERRERO, D. D. S. Um Mapeamento Sistemático sobre a Avaliação do Pensamento Computacional no Brasil. *In: WORKSHOPS DO V CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE 2016)*, 2016, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2016, p. 1147-1158. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/7040/4914>. Acesso em: 14 ago. 2020.

ARAÚJO, R. G. B. D.; SILVA, S. R. X. D.; COSTA FILHO, M. V. A. D. Reflexões sobre Práticas Pedagógicas para a Engenharia de Controle e Automação. *In: XLV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: UDESC, 2017. Disponível em: http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php. Acesso em: 26 out. 2020.

ARBIX, G. *et al.* O Brasil e a Nova Onda de Manufatura Avançada: O que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos estudos CEBRAP**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 29-49, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-33002017000300029&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 23 nov. 2019.

BALACHEFF, N. Contribution de la didactique et de l'épistémologie aux recherches en EIAO. *In: ACTES DES 13ÈME JOURNÉES FRANCOPHONES SUR L'INFORMATIQUE, FORMATION INTELLIGEMMENT ASSITÉE PAR ORDINATEUR*, Genève, 1991, p. 9-38.

BALACHEFF, N. La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique. *In: VINGT ANS DE DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES EN FRANCE*, Grenoble: La Pensée Sauvage, p. 364-370, jun. 1993. Disponível em: <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190646>. Acesso em: 03 ago. 2020.

BAYGIN, M. *et al.* An Effect Analysis of Industry 4.0 to Higher Education. *In: 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY BASED HIGHER EDUCATION AND TRAINING (ITHET)*, 2016, Istanbul. **Anais...** Istanbul: IEEE, 2016, p. 1-4. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7760744>. Acesso em: 24 set. 2019.

BELLEMAIN, F. A transposição informática na engenharia de softwares educativos. *In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (I SIPEM)*, 2000, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: SIPEM, 2000, p. 198-204. Disponível em: https://www.academia.edu/3217975/A_transposi%C3%A7%C3%A3o_inform%C3%A1tica_na_engenharia_de_softwares_educativos. Acesso em: 04 ago. 2020.

B&R. Will the cloud replace the PLC? **B&R**, ago. 2021. Disponível em: <https://www.br-automation.com/en/about-us/press-room/technology-highlights/will-the-cloud-replace-the-plc/>. Acesso em: 07 jul. 2022.

BILBAO J. *et al.* Skills, attitudes and concepts of the Computational Thinking. **Economics and Education**, v. 23, p. 82-87, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/d4ca/8f3305bf7a311c22f82c88fcee1c4d940732.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2020.

BOAVENTURA, H. O desafio de qualificar milhões de trabalhadores até 2023. **Agência CNI de Notícias**, 01 out. 2019. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/especiais/conheca-o-mapa-do-trabalho-industrial-nos-estados/?fbclid=IwAR0WbhgzbtvF3bNFrD3T1RMhBRhqeH13SnJupZw0jtx60YxQTmiVwAaj9jo>. Acesso em: 22 nov. 2019.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Trad. de Porto Editora. Portugal: Porto, 1994. Disponível em: https://www.academia.edu/6674293/Bogdan_Biklen_investigacao_qualitativa_em_educacao. Acesso em: 22 nov. 2019.

BORGES, L. Mudanças no mundo trabalho, mudanças na educação. **Revista Contemporânea de Educação (RCE)**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9. p. 156-176, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/issue/view/172>. Acesso em: 22 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil (ProFuturo - Produção do Futuro)**, Brasília: MCTIC, 2017. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf. Acesso em: 25 ago. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES nº2/2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 abril 2019. Edição 80, Seção 1, p. 43 e 44. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>. Acesso em: 22 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para tecnologias convergentes e habilitadoras**, Brasília: MCTIC, 2020a. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Plano-de-Acao-em-CTI_Nanotecnologia_FINAL.pdf. Acesso em: 27 abril 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior. **Coronavírus: saiba quais medidas o MEC já realizou ou estão em andamento**, Brasília: MEC, 2020b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/12-noticias/acoes-programas-e-projetos-637152388/86791-coronavirus-saiba-quais-medidas-o-mec-ja-realizou-ou-estao-em-andamento>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior. **Referenciais curriculares nacionais dos cursos de bacharelado e licenciatura**, Brasília: MEC, 2010. Disponível em: <https://proen.ifpa.edu.br/documentos-1/departamento-de-ensino-superior/2-legislacao-educacional/diretrizes-curriculares>. Acesso em: 14 jul. 2022.

BROOKSHEAR, J. G. **Ciência da Computação: Uma Visão Abrangente**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Vfw4AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=abstra%C3%A7%C3%A3o+ci%C3%A2ncia+da+computa%C3%A7%C3%A3o&ots=izk6mn7o-j&sig=lo_796nzA0QpyDO4JrOiLBQnAk4#v=onepage&q=abstra%C3%A7%C3%A3o&f=false. Acesso em: 14 ago. 2020.

CARRION, P.; QUARESMA, M. Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. **Human Factors in Design (HFD)**, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 49-66, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/issue/view/Volume%208,%20n%C2%BA%2015,%202018>. Acesso em: 09 nov. 2020.

CASTRO, R. M. de; LANZI, L. A. C. O futuro da escola e as tecnologias: alguns aspectos à luz do diálogo entre Paulo Freire e Seymour Papert. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. esp. 2, p. 1496–1510, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319381636_O_futuro_da_escola_e_as_tecnologias_alguns_aspectos_a_luz_do_dialogo_entre_Paulo_Freire_e_Seymour_Papert. Acesso em: 1 mar. 2021.

CAVALCANTE, M.; MOLISANI, E. Educação 4.0. In: BURD, O. **Educação 4.0: reflexões, práticas e potenciais caminhos**. [S.I.]: Positivo, 2020, p. 267-288.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. D. A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia. In: VII ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR (EPCC), 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: CESUMAR, 2011. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf. Acesso em: 25 ago. 2019.

CAVALCANTI, L. S. Cotidiano, mediação pedagógica e cotidiano, mediação pedagógica e Vygotsky ao ensino de geografia. **Cad. Cedes**, Campinas, v. 25 n. 66, p. 185-207, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=0101-326220050002&script=sci_issue toc. Acesso em: 25 out. 2020.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. 4. ed. Buenos Aires: Aique, 2013. Disponível em: https://www.terras.edu.ar/biblioteca/11/11DID_Chevallard_Unidad_3.pdf. Acesso em: 03 ago. 2020.

COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>. Acesso em: 29 jul. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Indústria 4.0. **Sondagem Especial**, n. 2, 2016. Disponível em: http://www.fiemt.com.br/arquivos/2282_30_05_-_sondagem_especial_industria_4.0.pdf. Acesso em: 01 nov. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Tendências mundiais e nacionais com impacto na indústria brasileira: insumos para a elaboração do mapa estratégico da indústria 2018-2022**. Brasília: CNI, 2017. 81 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/3/tendencias-mundiais-e-nacionais-com-impacto-na-industria-brasileira/>. Acesso em: 04 maio 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Riscos e Oportunidades para as micro e pequenas empresas brasileiras diante de inovações disruptivas:** uma visão a partir do Estudo Indústria 2027. Brasília: CNI, 2019. 60 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/11/riscos-e-oportunidades-para-micro-e-pequenas-empresas-brasileiras-diante-de-inovacoes-disruptivas-uma-visao-partir-do-estudo-industria-2027>. Acesso em: 04 maio 2020.

COPADATA. **O que é HMI?** 3 dez. 2019. Disponível em: <https://www.copadata.com/pt/produtos/zenon-software-platform/visualizacao-controle/o-que-e-hmi-a-interface-homem-maquina-copa-data/>. Acesso em: 22 dez. 2021.

COSTA, A. P.; SILVA, S. A., LIRA, V. V. Desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem para o ensino de controle de processos. **Revista Principia**, João Pessoa, n.25, p. 22-27, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/161>. Acesso em: 22 dez. 2022.

CRISTALDO, H; BRANDÃO, M. Vacinação contra a covid-19 começa em todo o país. **Agência Brasil**, 19 jan. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-01/vacinacao-contra-covid-19-come%C3%A7a-em-todo-o-pais>. Acesso em: 01 dez. 2022.

CSTA. **K-12 Computer Science Framework**, 2016. Disponível em: <https://k12cs.org/a-vision-for-k-12-computer-science/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

DAMACENO, S. S.; VASCONCELOS, R. O. Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. **Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas – UNIT – SERGIPE**, v. 5, n.1, p. 11-16, outubro, 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/5729>. Acesso em: 29 jul. 2021.

DJP AUTOMAÇÃO. CLP e Indústria 4.0. **DJP AUTOMAÇÃO**, 12 jan. 2021. Disponível em: <https://djpaotomacao.com/clp-e-industria-4-0/>. Acesso em: 07 jul. 2022.

DUARTE, N. A escola de Vigotski e a educação escolar: algumas hipóteses para uma leitura pedagógica da psicologia histórico-cultural. **Revista Psicologia USP**, São Paulo, v. 7, n. 1/2, 1996. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/psicousp/issue/view/2810>. Acesso em: 22 out. 2020.

DUARTE A. E. P. *et al.* Vygotsky: suas contribuições no campo educacional. *In:* VICONEDU, 2019, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/63002>. Acesso em: 22 out. 2020.

DAVIS, C.; NUNES, M. M. R.; NUNES, C. A. A., Metacognição e sucesso escolar: Articulando teoria e prática. **Cadernos de Pesquisa**, v. 35, n. 125, p. 205-230, maio/ago. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/7wMdHKjvbtng6wMcBcqMbdC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 set. 2022.

ELOY, A. Integrando a programação de computadores na Educação Básica como vetor para a Educação 4.0. *In:* BURD, O. **Educação 4.0:** reflexões, práticas e potenciais caminhos. [S.I.]: Positivo, 2020, p. 227-266.

ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. D.; ALCOFORADO, C. L. G. C. Integrative Review versus Systematic Review. **Revista Mineira de Enfermagem (REME)**, Minas Gerais, v. 18, n. 1, p. 9-11, 2014. Disponível em: <http://www.reme.org.br/artigo/detalhes/904>. Acesso em: 23 nov. 2019.

FIERGS. Rio Grande do Sul terá de qualificar mais de 800 mil trabalhadores em profissões industriais até 2023. **FIERGS**, 30 set. 2019. Disponível em: <https://www.fiergs.org.br/noticia/rio-grande-do-sul-tera-de-qualificar-mais-de-800-mil-trabalhadores-em-profissoes-industriais>. Acesso em: 22 nov. 2019.

FIESP. Fiesp identifica desafios da Indústria 4.0 no Brasil e apresenta propostas. **Agência Indusnet Fiesp**, 7 maio 2018. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/sicab/noticias/fiesp-identifica-desafios-da-industria-4-0-no-brasil-e-apresenta-propostas/>. Acesso em: 27 nov. 2019.

FONSECA, R. H. H. da, PINTO, F. R. The Importance of the Programmable Logic Controller “PLC” in the Industry in the Automation Process. *In: International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. v. 06 n. 11, p. 280-284, nov. 2019. Disponível em: <https://www.irjet.net/volume6-issue11>. Acesso em: 11 jul. 2022.

FORSCHUNGSUNION; ACATECH. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group**, 2013. Disponível em: <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/>. Acesso em: 25 out. 2019.

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. D. **Controladores Lógicos Programáveis: sistemas discretos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

FRANCO, M. A. D. R. S. Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos [online]**, v. 97, n. 247, p. 534-551, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2176-66812016000300534&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 out. 2020.

FÜHR, R. C. Educação 4.0 e seus impactos no século XXI. *In: V Congresso Nacional de Educação (V CONEDU)*, 2018. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/47017>. Acesso em: 21 out. 2020.

GARÓFALO, D. Educação 4.0: o que devemos esperar. **Nova Escola**, 07 de mar. 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/9717/educacao-4-0-o-que-devemos-esperar>. Acesso em: 09 mar. 2021.

GAVASSA, R. C. F. B. Desafios Educacionais emergentes na Revolução 4.0. *In: BURD, O. Educação 4.0: reflexões, práticas e potenciais caminhos*. [S.I.]: Positivo, 2020, p. 201-224.

GAVIRA, M. O. Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento. 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-20052003-004345/pt-br.php>. Acesso em: 23 set. 2022.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**: Coleção Pesquisa Qualitativa. Porto Alegre: Artmed, 2009. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=t1TWL4__w4cC&oi=fnd&pg=PA7&dq=an%C3%A1lise+de+dados+conceito&ots=G54Tq396px&sig=Val-2q6fx8qBIUiYEpbm_csyPM#v=onepage&q=an%C3%A1lise%20de%20dados%20conceito&f=false. Acesso em: 13 mar. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.

GIZ. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. **Profile**, 2020. Disponível em: <https://www.giz.de/en/aboutgiz/profile.html>. Acesso em: 02 nov. 2020.

GRAÇA A. R. T. *et al.* Steam: a engenharia integrada ao ensino de ciências. *In*: VII Congresso Nacional de Educação (VII CONEDU - Edição Online), 2020. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/69563>. Acesso em: 23 ago. 2021.

HEINDL, A. *et al.* **Indústria 4.0**: Possibilidades de colaboração com a cooperação para o desenvolvimento e a economia alemã na área de tecnologia/transferência de know-how para o Brasil. Bonn: GIZ, 2016. Disponível em: http://www.ahkbrasil.com/downloads/Arquivos/GIZ_Abschlussbericht_07_10_2016_FINAL%20portugues_FR_clean.pdf. Acesso em: 27 ago. 2019.

HHE. **3 previsões para o futuro do mercado de Engenharia**, 06 jun. 2021. Disponível em: <https://hhe.com.br/artigo/3-previsoes-para-o-futuro-do-mercado-de-engenharia>. Acesso em: 15 jan. 2023.

HILDEBRAND, H. R. O pensamento computacional e o desenvolvimento de artefatos digitais em contextos criativos e comunicacionais rumo à Educação 4.0. *In*: BURD, O. **Educação 4.0**: reflexões, práticas e potenciais caminhos. [S.I.]: Positivo, 2020, p. 289-314.

IEEE RAS UFCG. Sistemas Cyber-Físicos: A tecnologia que une o mundo real ao virtual. **Capítulo Estudantil IEEE RAS UFCG**, 01 mar. 2021. Disponível em: <https://edu.ieee.org/br-ufcgras/sistemas-cyber-fisicos-a-tecnologia-que-une-o-mundo-real-ao-virtual/>. Acesso em: 08 jul. 2022.

IEL/SENAI. **Inova Engenharia**: propostas para inovação da educação em engenharia no Brasil. Brasília, 2006. Disponível em: http://www.eletrica.ufpr.br/graduacao/noturno/ref/INOVA_ENGENHARIA.pdf. Acesso em: 27 ago. 2019.

IMD. Institute for Management Development (IMD). **IMD World Competitiveness Center**, 2022. Disponível em: <https://www.imd.org/centers/world-competitiveness-center/>. Acesso em: 25 out. 2022.

IMMERMAN, G. What's the Difference Between Sensor and PLC Data? **MachineDesign**. 19 mar. 2019. Disponível em: <https://www.machinedesign.com/automation-iiot/article/21837632/whats-the-difference-between-sensor-and-plc-data>. Acesso em: 11 jul. 2022.

INSTITUTO EUVALDO LODI. **Mapa de clusters tecnológicos e tecnologias relevantes para competitividade de sistemas produtivos**. Brasília: IEL/NC, 2017. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/10/nota-tecnica-etapa-i-do-projeto-industria-2027/> . Acesso em: 27 abril 2020.

ISI SVP. Instituto Senai de Inovação em Sistemas Virtuais de Produção (ISI SVP). A visão das instituições. Indústria 4.0: Cenário, Desafios e Rede de Inovação. *In*: FIRJAN SENAI; FINEP (Org.). **Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2019, p. 63. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-no-brasil-oportunidades-perspectivas-e-desafios.htm#pubAlign>. Acesso em: 30 out. 2019.

ISTE; CSTA. Operational Definition of Computational Thinking. **International Society for Technology in Education (ISTE) and Computer Science Teachers Association**, 2011. Disponível em: <https://cdn.iste.org/www-root/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf?sfvrsn=2>. Acesso em: 11 ago. 2020.

JARDIM, L. M.; CAMARGO, S.; ZIMER, T. T. B. Transposição Didática no Ensino de Ciências: Diferentes Olhares. *In*: XII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2015, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EDUCERE, 2015, p. 13626-13645. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/394367352/Transposicao-Didatica-No-Ensino-de-Ciencias>. Acesso em: 05 ago. 2020.

KAUFMAN, D. Dossiê: Deep learning: a Inteligência Artificial que domina a vida do século XXI. **Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, TIDD/PUC-SP, São Paulo, n. 17, p. 17-30, jan-jun. 2018. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/teccogs/article/view/48585/32067>. Acesso em: 28 jul. 2021.

KOSCIANSKI, A.; GLIZT, F. R. O. Pensamento computacional nos anos iniciais do ensino fundamental. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/79226>. Acesso em: 23 de ago. 2021.

LIMA, I. G. D.; SAUER, L. Z. Razão e emoção em Ambientes de Aprendizagem: em busca da unidade. *In*: VALENTINI, C. B.; SOARES, E. M. (Org.). **Aprendizagem em Ambientes Virtuais: compartilhando ideias e construindo cenários**. Caxias do Sul: Educus, 2010, p. 65-78. Disponível em: <http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/aprendizagem-ambientes-virtuais/article/view/393>. Acesso em: 06 nov. 2020.

LOPES, L. M. D. *et al.* Inovações Educacionais com o Uso da Realidade Aumentada: Uma Revisão Sistemática. **Educação em Revista (EDUR)**, Belo Horizonte, v. 35, 2019. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0102-469820190001&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 27 out. 2019.

MACHADO, E. S; GIROTTO JÚNIOR, G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. **Revista Scientia Naturalis: Edição XIX ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química (I)**, Rio Branco, v. 1, n. 2, p. 43-57, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/issue/view/128>. Acesso em: 23 ago. 2021.

MANZANO, J. A. N. G. *et al.* **Algoritmos: Técnicas de Programação**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

MANZANO, J. A. N. G.; OLIVEIRA, J. F. de. **Algoritmos: Lógica para Desenvolvimento de Programação de Computadores**. 28. ed. São Paulo: Érica, 2016.

MARTINS, N. F. S.; ALMEIDA, E. V. A revolução industrial e a indústria 4.0. *In: 18º Congresso Nacional de Iniciação Científica*, 2018. **Anais do Conic-Semesp / v. 6** Universidade Paulista – UNIP – Campus Cidade Universitária: Conic-Semesp, 2018. Disponível em: <https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2018/trabalho-1000000129.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

MARANDINO, M. *et al.* Os usos da Teoria da Transposição Didática e da Teoria Antropológica do Didático para o estudo da educação em museus de ciências. **Revista Labore em Ensino de Ciências**, Campo Grande, v. 1, n. 1, p. 69-97, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/labore/article/view/2105>. Acesso em: 05 ago. 2020.

MASSA, N. P.; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, J. A. O construcionismo de Seymour Papert e os computadores na educação. *In: Cadernos da Fucamp*, v. 21 n. 52, p. 110-122, 2022. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2820>. Acesso em: 15 fev. 2023.

MATHIAS, I. M. **Algoritmos e programação I**. Ponta Grossa: UEPG/ NUTEAD, 2017. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/176223/2/Algoritmos%20e%20Programa%C3%A7%C3%A3o%20I%20EBOOK.pdf>. Acesso em: 21 set. 2022.

MDIC; ABDI. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC); Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). **Agenda brasileira para a Indústria 4.0: O Brasil Preparado para os Desafios do Futuro**, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/suframa/pt-br/assuntos/industria4-0_cits_ahk.pdf. Acesso em: 2 ago. 2019.

MDIC; MCTIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC); Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações (MCTIC). **Perspectivas de especialistas brasileiros sobre a manufatura avançada no Brasil: Um relato de workshops realizados em sete capitais brasileiras em contraste com as experiências internacionais**, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITARIO/si/dfin/Perspectivas_de_especialistas_brasileiros_sobre_a_manufatura_avanada_no_Brasil.pdf. Acesso em: 31 out. 2019.

MELO, M. S. S.; FARIA, J. S. Educação a distância: desafios da modalidade para uma educação 4.0. *In: TEDESCO, A. L.; LACERDA, T. E. (Org.). Educação digital e práticas pedagógicas: volume I*. Curitiba: Bagai, 2020, p. 170-185. Disponível em: <https://editorabagai.com.br/product/educacao-digital-e-praticas-pedagogicas-volume-i/>. Acesso em: 27 jan. 2021.

MIKAIL, E. **Simulação Realista 3D na Engenharia: o exemplo das smart cities | Entrevista 360 com a Dassault Systèmes**, 27 abril. 2020. Disponível em: <https://engenharia360.com/toi-700-d/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MITCHELL, T. M. **Machine Learning**. New York: McGraw-Hill Science, 1997. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~cavmj/Machine%20-%20Learning%20-%20Tom%20Mitchell.pdf>. Acesso em: 07 maio 2020.

MOHAGHEGH, M.; MCCAULEY, M. Computational Thinking: The Skill Set of the 21st Century. **International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)**, v. 7, n. 3, p. 1524-1530, 2016. Disponível em: <http://ijcsit.com/ijcsit-v7issue3.php>. Acesso em: 07 ago. 2020.

MOHTADI, C.; KIM, M. SCHLOSSER, J. Why integrate computational thinking into a 21 st century engineering curriculum? *In: 41st SEFI CONFERENCE, 2013, Leuven. Anais eletrônicos.*, Leuven: SEFI, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Joachim_Schlosser/publication/283343677_Why_integrate_computational_thinking_into_a_21st_century_engineering_curriculum/links/5693b58e08ae3ad8e33b2623.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva. Ijuí: Unijuí, 2007.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 3, n. 1, p. 25-46, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/?go=artigos&idEdicao=3>. Acesso em: 02 mar. 2021.

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo**. 2. ed. rev. Porto Alegre, 2016. 64 p. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios5.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

MOREIRA, J. A.; SCHLEMMER, E. Por um novo conceito e paradigma de educação digital *onlife*. **Revista UFG**, Goiânia, v. 20, n. 26, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/63438>. Acesso em: 15 fev. 2023.

MORÉS, A. Investigação qualitativa em educação: tessituras com a metodologia estudo de caso. *In: STECANELA, N. (Org.). Diálogos com a educação: a escolha do método e a identidade do pesquisador*. 2. ed. Caxias do Sul: Educs, 2012, p. 85-97. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-dialogos-identidade-pesq.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.

MUROFUSHI, J. E.; BARRETO, M. A. M. Educação 4.0 na engenharia: percepção dos docentes de 3 universidades Brasileiras. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 15255-15266 sep. 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/3245/3122>. Acesso em: 15 nov. 2020.

NASCIMENTO, V. A. M. A. do. O uso do controlador lógico programável (CLP). *In: MARTINS, E. R. (Org.). Tecnologias, métodos e teorias na engenharia de computação [recurso eletrônico]*. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020, Cap. 7. p. 59-71. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/41930>. Acesso em: 11 jul. 2022.

NASCIMENTO, F. A. A. A. C.; ROCHA, B. P. A. DA, Estratégias cognitivas e metacognitivas no Ensino Superior. **Ensino em Perspectivas**, v. 2, n. 4, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/ensinoem perspectivas/article/view/6747>. Acesso em: 22 set. 2022.

NEVES K. C. R.; BARROS, R. M. O. Diferentes Olhares Acerca da Transposição Didática. **Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, v. 16, n. 1, p. 103-115, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/249>. Acesso em: 05 ago. 2020.

OLIVEIRA, M. F. de. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração, Catalão: UFG, 2011. 72 p. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 15 nov. 2020.

OUR WORLD IN DATA. **Coronavirus (COVID-19) Deaths**, 30 nov. 2022. Disponível em: <https://ourworldindata.org/covid-deaths>. Acesso em: 01 dez. 2022.

PAPERT, S. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Tradução de Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008.

PAPERT, S. **LOGO: computadores e educação**. Tradução de José Armando Valente, Beatriz Bitelman e Afira Vianna Ripper. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.

PAPERT, S. *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books, 1980.

PASQUAL JÚNIOR, P. A. **Pensamento computacional e tecnologias**: reflexões sobre a educação no século XXI. Caxias do Sul: Educs, 2020. Disponível em: <https://www.ucs.br/educs/livro/pensamento-computacional-e-tecnologias/>. Acesso em: 28 out. 2020.

PEREIRA, L. D. T. K.; GODOY, D. M. A.; TERÇARIOL, D. Estudo de Caso como Procedimento de Pesquisa Científica: Reflexão a partir da Clínica Fonoaudiológica. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 422-429, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-79722009000300013. Acesso em: 23 out. 2020.

PERRENOUD, P. **Avaliação**: Da Excelência à Regulação das Aprendizagens. Porto Alegre: Artmed Editora, 1999.

PETRUZELLA, F. D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4. Ed. Porto Alegre: AMGH. 2014.

PIAGET, J. **A epistemologia genética e a pesquisa psicológica**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974.

PIMENTA, P. Educação busca superar estragos da pandemia. **Agência Senado**, 08 abril 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/03/educacao-busca-superar-estragos-da-pandemia#:~:text=O%20retorno%20%C3%A0s%20aulas%20presenciais,e%2C%20n%C3%A3o%20raras%20vezes%2C%20os>. Acesso em: 01 dez. 2022.

PLMX. Indústria 4.0: Guia completo. **PLMX Soluções**. 16 jun. 2020. Disponível em: <https://plmx.com.br/industria-4-0-entenda-o-conceito-e-sua-real-importancia/>. Acesso em: 11 jul. 2022.

POLIDORO, L. F.; STIGAR, R. A Transposição Didática: a passagem do saber científico para o saber escolar. **Ciberteologia - Revista de Teologia & Cultura**, v. Ano VI, n. 27, p. 153-159, 2010. Disponível em: https://ciberteologia.com.br/images/edicoes/pdf/edicao_20200709200438.pdf. Acesso em: 06 ago. 2020.

POLONI, L. **Aprendizagem de programação mediada por uma linguagem visual: possibilidade de desenvolvimento do pensamento computacional**. 2018. 180 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/pos-graduacao/formacao-stricto-sensu/educacao/dissertacoes/>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PORTO, K. S. *et al.* Aprendizagem da Matemática em Aulas de Streaming: Uma Análise à Luz das Teorias da Transposição Didática e da Transposição Informática. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v. 11, n. 1, p. 27-47, 2020. Disponível em: <http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1339>. Acesso em: 03 ago. 2020.

PRUDENTE, F. **Automação industrial PLC: teoria e aplicações: Curso básico**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

PSZYBYLSKI, R. F.; MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A. O Construcionismo e o software de programação App Inventor 2 na formação inicial de professores de Ciências. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 18, n. 1, jul. 2020. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/106034>. Acesso em: 22 out. 2020.

RAJNAI, Z.; KOCSIS, I. Labor market risks of industry 4.0, digitization, robots and AI. *In: 15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT SYSTEMS AND INFORMATICS (SISY)*, 2017, Subotica. **Anais...** Subotica: IEEE, 2017, p. 343-346. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8080580>. Acesso em: 23 nov. 2019.

REDAÇÃO 360. **Modelagem 3D na Web: o futuro dos projetos de Engenharia**, 18 jan. 2023. Disponível em: <https://engenharia360.com/modelagem-em-cad-3dexperience-solidworks-for-makers/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

RÊGO BARROS F. R. A. A Transposição Didática e Informática Presentes em Atividades do Google Classroom: Um Recurso Educacional Aberto para o Ensino e Aprendizagem. *In: VII SIMPÓSIO MUNDIAL DE ESTUDOS DA LÍNGUA PORTUGUESA (SIMELP)*, 2019, Porto de Galinhas. **Anais...** Porto de Galinhas: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019, p. 138-145. Disponível em: <http://sites-mitte.com.br/anais/simelp/resumos/PDF-trab-1925-1.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2020.

RIBEIRO, F. R. S. **Ambiente de desenvolvimento integrado para programação IEC 61131-3**. 2016. 90 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2016. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/82856>. Acesso em: 05 ago. 2020.

RIBEIRO JÚNIOR, J. G. *et al.* Educação 4.0: tendências e desafios da aplicação de IoT no ensino de Engenharia. In: TONINI, A. M. **DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Formação acadêmica e atuação profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos**, 2017, Brasília. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2017, p. 189. Disponível em: http://metrologia.org.br/wpsite/wp-content/uploads/2018/07/Cobenge-2017_Livro-SD_COMPLETO.pdf. Acesso em: 24 jul. 2020.

RIES, L. K.; REGIS, J. P.; VALENTIM, C. Sistema Supervisório de um Conversor Elétrico de Baixo Custo. **Revista Ilha Digital**, v. 6, p. 3-9, 2017. Disponível em: <http://ilhadigital.florianopolis.ifsc.edu.br/index.php/ilhadigital/article/view/73>. Acesso em: 24 jul. 2020.

ROZA, R. H. TICs na aprendizagem sob a perspectiva sociointeracionista. **Revista on Line de Política e Gestão Educacional**, v. 22, n. 2 p. 498–506, maio/ago. 2018.

RÜßMANN, M. *et al.* Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. **Boston Consulting Group (BCG)**, 09 abril 2015. Disponível em: https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries. Acesso em: 22 ago. 2019.

SÁ, D. M. Especial Covid-19: Os historiadores e a pandemia. **Casa de Oswaldo Cruz**, 18 set. 2020. Disponível em: <https://www.coc.fiocruz.br/index.php/pt/todas-as-noticias/1853-especial-covid-19-os-historiadores-e-a-pandemia.html>. Acesso em: 22 out. 2022.

SACOMANO, J. B. *et al.* **Indústria 4.0**. Editora Blucher, 2018. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PNCuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=fundamentos+da+ind%C3%BAstria+4.0&ots=o0S2wtJDWf&sig=RMMAYTgsAKAPlwFSWD_Ng46cix0#v=onepage&q=fundamentos%20da%20ind%C3%BAstria%204.0&f=false. Acesso em: 08 jul. 2022.

SANT'ANA J. **SIMULAÇÕES EM 3D**, 08 set. 2021. Disponível em: <https://cranebrasil.com.br/simulacoes-em-3d/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SANTOS, B. P. *et al.* Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, jan. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325060590_INDUSTRIA_40_DESAFIOS_E_OPORTUNIDADES. Acesso em: 28 ago. 2019.

SANTOS, A. R.; GALIAZZI, M. C.; SOUSA, R. S. A análise textual discursiva na pesquisa em educação química: a categorização como possibilidade de ampliação de horizontes. **Iniciação & Formação Docente**, v. 4, n. 2, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322927415_A_ANALISE_TEXTUAL_DISCURSIVA_NA_PESQUISA_EM_EDUCACAO_QUIMICA_A_CATEGORIZACAO_COMO_POSIBILIDADE_DE_AMPLIACAO_DE_HORIZONTES_TEXTUAL_DISCURSIVE_ANALYSIS_IN_CHEMISTRY_EDUCATION_RESEARCH_CATEGORIZATION_AS. Acesso em: 15 nov. 2020.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil. *In: X SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE (SIMPROD)*, 2018, São Cristóvão. **Anais...**, São Cristóvão: UFS, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329362118_Industria_40_desafios_e_oportunidades_para_o_Brasil. Acesso em: 28 ago. 2019.

SBC. Referenciais de Formação em Computação: Educação Básica. **A Sociedade Brasileira de Computação (SBC)**, 2017. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/noticias/10-slideshow-noticias/1996-referenciais-de-formacao-em-computacao-educacao-basica>. Acesso em: 17 ago. 2020.

SCHELLER, M.; VIALI, L.; LAHN, R. A. A aprendizagem no contexto das tecnologias: uma reflexão para os dias atuais. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v.12 n. 2, dez. 2014. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/53513/33029>. Acesso em: 25 fev. 2021.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2019. 160 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=XZSWDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT161&dq=evolu%C3%A7%C3%A3o+das+revolu%C3%A7%C3%B5es+industriais&ots=Y9bg_xQEb5&sig=kOfGgb8iu9iG6mpMaIxaTVT-S-k#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 08 jul. 2022.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. Mídias na Educação-Módulo Introdutório Integração de Mídias na Educação-Etapa 2-Ambientes de aprendizagem. **Portal do Ministério da Educação (MEC)**, 2020. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/midias-na-educacao/apresentacao>. Acesso em: 14 nov. 2020.

SENAI. **Profissões ligadas à tecnologia terão alto crescimento até 2023, aponta SENAI**. Gabinete da Presidência, 2019. Disponível em: <https://www.rn.senai.br/profissoes-ligadas-tecnologia-terao-alto-crescimento-ate-2023-aponta-senai/>. Acesso em: 02 maio 2021.

SESI. Departamento Regional do Paraná. Skills 4.0: habilidades para a indústria. Curitiba: Sesi/PR, 2020. Disponível em: <http://longevidade.ind.br/publicacao/skills-4-0-habilidades-para-industria-livro-completo/>. Acesso em: 27 ago. 2021.

SEVERGNINI, L. F. **Serious games e o desenvolvimento do pensamento computacional: uma abordagem vigotskiana**. 2020. 175 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2020. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/pos-graduacao/formacao-stricto-sensu/educacao/dissertacoes/>. Acesso em: 15 mar. 2020.

SIGNIFICADO DE CYBER. **Significados**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.significados.com.br/>. Acesso em: 08 jul. 2022.

SIMÕES, E.; CARVALHO, A. S. Desenvolvimento e utilização de simuladores industriais como ferramenta de promoção da aprendizagem em um curso de Engenharia de Controle e Automação. *In: BATISTA et al. (Org.). Programa Tecnologia-Comunicação-Educação: congregando ações e saberes*. Campos dos Goytacazes (RJ): Essentia Editora, 2015. p. 123-136. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/livros/issue/view/166>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SILVA, C. Controlador Lógico Programável. **Clube da eletrônica** - Notas de aula do professor Clodoaldo Silva para o curso de automação e controle, 2011. Disponível em: <http://www.clubedaeletronica.com.br/p/automacao-e-controle.html>. Acesso em: 04 mar. 2021.

SILVA, H. F. P. da. Dinâmicas: um recurso a serviço da prática pedagógica. **Revista do Seminário de Educação de Cruz Alta** - RS, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 41-42, dec. 2013. Disponível em: <http://www.exatasnaweb.com.br/revista/index.php/anais/article/view/19>. Acesso em: 04 mar. 2021.

SILVA, C. C. R.; PORTO, M. D.; MEDEIROS, W. A. A teoria Vygotskyana e a utilização das novas tecnologias no ensino aprendizagem: uma reflexão sobre o uso do celular. **Revista online de Magistro de Filosofia**, Ano X, n. 21, p. 84-98, 1º Semestre de 2017. Disponível em: http://catolicadeanapolis.edu.br/revistamagistro/?page_id=738. Acesso em: 27 fev. 2021.

SILVA, E. A. D.; DELGADO, O. C. O processo de ensino-aprendizagem e a prática docente: reflexões. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 8, n. 2, p. 40-52, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2019/04/revista-espaco-academico-v08-n02-completa.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

SILVA, V. L. D.; KOVALESKI, J. L.; PAGANI, R. N. Competências bases para o trabalho humano na Indústria 4.0. **Revista FOCO**, v. 12, n. 2, p. 112-129, jun. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333658254_Competencias_bases_para_o_trabalho_humano_na_Industria_40. Acesso em: 23 nov. 2019.

SILVA, W. A.; KALHIL, J. B.; NICOT, Y. E. Uma análise comparativa das abordagens metodológicas que podem sustentar a utilização das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem de ciências. **Revista REAMEC**, Cuiabá, v. 3, n. 1, p. 5-24, dez. 2015. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/issue/view/387>. Acesso em: 14 nov. 2020.

SILVEIRA, J. A. Construcionismo e inovação pedagógica: uma visão crítica das concepções de Papert sobre o uso da tecnologia computacional na aprendizagem da criança. **THEMIS: Revista da Esmec**, v. 10, p. 119-138, 2014. Disponível em: <http://revistathemis.tjce.jus.br/index.php/THEMIS/article/view/87>. Acesso em: 16 out. 2020.

SOARES, E. M. D. S.; NARDINI, F.; GIRON, G. R. Algumas implicações da transposição informática nos processos de ensino e aprendizagem da matemática. **Revista Arbitrada del Centro de Investigación y Estudios Gerenciales**, v. 4, p. 282-295, 2016. Disponível em: [http://www.grupociieg.org/archivos_revista/Ed.%2026%20\(282-295\)%20Do%20Sacramento%20Nardini%20Giron%20-octubre%202016_articulo_id281.pdf](http://www.grupociieg.org/archivos_revista/Ed.%2026%20(282-295)%20Do%20Sacramento%20Nardini%20Giron%20-octubre%202016_articulo_id281.pdf). Acesso em: 04 ago. 2020.

SOUSA, J.; FINO, C. N. As TIC abrindo caminho a um novo paradigma. **Revista Educação & Cultura Contemporânea**, v. 5, n. 10, p. 11-26, 2008. Disponível em: <http://periodicos.estacio.br/index.php/reeduc/issue/view/351/showToc>. Acesso em: 16 out. 2020.

SOUZA, P. H. M. de; JUNIOR, S. J. C.; NETO, G. G. D. Indústria 4.0: Contribuições para setor produtivo moderno. *In: XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: ENEGEP, 2017, p. 1-15. Disponível em: <https://abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2017&c=34537>. Acesso em: 08 jul. 2020.

SOUTO MAIOR, C. D.; WANDERLEY, J. D. L. A teoria Vygotskyana das funções psíquicas superiores e sua influência no contexto escolar inclusivo. *In: II CINTEDI*, 2016, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/22649>. Acesso em: 22 out. 2020.

SOUZA, V. L. T.; ANDRADA, P. C. Contribuições de Vigotski para a compreensão do psiquismo. **Estudos de Psicologia** (Campinas), v.30, n.3, p. 355-365, jul./sep. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-166X2013000300005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2020.

TEIXEIRA, E. B. A Análise de Dados na pesquisa Científica: importância e desafios em estudos organizacionais. **Desenvolvimento em questão**, v. 1, n. 2, p. 177-201, jul./dez. 2003. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/artic le/view/84>. Acesso em: 13 mar. 2021.

TESSARINI JUNIOR, G.; SALTORATO, P. Impactos da Indústria 4.0 na Organização do Trabalho: Uma Revisão Sistemática da Literatura. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 743-769, jun. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325803168_Im pactos_da_industria_40_na_organizacao_do_trabalho_uma_revisao_sistematica_da_literatura . Acesso em: 22 nov. 2019.

THERBA. E. E. L. CLP: O QUE É E COMO FUNCIONA. **Therba Equipamentos Elétricos Ltda.** 25 out. 2021. Disponível em: <https://www.therba.com.br/noticias/clp-o-que-e-e-como-funciona>. Acesso em: 11 jul. 2022.

TOPOMASTER. **COMOS Walkinside Viewer**, 2015. Disponível em: <https://www.topomaster.com/PlantEngineeringSoftware/COMOSLifecycle/COMOSWalkinside/COMOSWalkinsideViewer.aspx>. Acesso em: 28 jul. 2021.

VALENTE, J. A. O currículo de sucesso na era digital: possibilidades criadas pelas metodologias ativas e as tecnologias. *In: BURD, O. Educação 4.0: reflexões, práticas e potenciais caminhos. [S.I.]: Positivo*, 2020, p. 33-56.

VARELA C. et al. Skills in computational thinking of engineering students of the first school year. **Heliyon**, v. 5, n. 11, 2019. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(19\)36480-1](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(19)36480-1). Acesso em: 07 ago. 2020.

VELLO, A. C. P.; VOLANTE, C. R. O conceito de indústria 4.0 e os principais desafios de sua implantação no Brasil. **Revista Interface Tecnológica, [S. I.]**, v. 16, n. 2, p. 325–336, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/686>. Acesso em: 11 jul. 2022.

VILLARIM, A. W. R. *et al.* Desenvolvimento de Sistema Supervisório para Dispositivos Computacionais Portáteis. *In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA (CBA)*, 2018, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CBA, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327967944_DESENVOLVIMENTO_DE_SISTEMA_SUPERVISORIO_PARA_DISPOSITIVOS_COMPUTACIONAIS_PORTATEIS. Acesso em: 24 jul. 2020.

VICARI, R. M. *et al.* Pensamento computacional: revisão bibliográfica, versão 2. 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/197566>. Acesso em: 24 jul. 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. (1896-1934). Pensamento e Linguagem. Trad. Néelson Jahr Garcia. Edição Eletrônica: Ed Ridendo Castigat Mores, 2002.

WAGO. O novo Compact Controller 100 com funcionalidades de IoT e I/Os integrados. **WAGO**, 28 jun. 2022. Disponível em: <https://www.wago.com/br/novo-controlador-iot-cc100>. Acesso em: 18 nov. 2020.

WEBBER, C. G. *et al.* Reflexões sobre o Software Scratch no Ensino de Ciências e Matemática. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 14, n. 2, p. 1-10, dec. 2016. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/70668>. Acesso em: 05 ago. 2020.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274309848_Computational_Thinking. Acesso em: 07 ago. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. Disponível em: https://saudeglobaldotorg1.files.wordpress.com/2014/02/yin-metodologia_da_pesquisa_estudo_de_caso_yin.pdf. Acesso em: 15 nov. 2020.

ZANATTA, B. A.; BRITO, M. A. C. Mediação pedagógica com uso das tecnologias digitais na educação. **Revista Educativa**, Goiânia, v. 18, n. 1, p. 8-23, jan./jun. 2015. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/educativa/issue/view/221/showToc>. Acesso em: 27 fev. 2021.

APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DE CONCEITOS

O Apêndice A descreve conceitos, de modo abrangente, que compactuam com as definições do autor e que podem elucidar as ideias desenvolvidas nesta tese.

Para Silva e Delgado (2018), o processo de ensino e aprendizagem é definido como uma ação que envolve o diálogo entre docentes e alunos, pautado na objetividade daquilo que há necessidade que o aluno aprenda. Esse processo promove um ensino que visa a aprendizagem e o desenvolvimento dos alunos através do pensamento dos mesmos. Desse modo, a prática docente deve ser regida de constantes reflexões sobre a forma de como o ensino é proporcionado em sala de aula e como se relaciona com a teoria aprendida.

A relação entre a prática docente e a prática pedagógica, segundo Franco (2016), se dá quando há intencionalidade na ação realizada pelo professor. Há práticas docentes construídas pedagogicamente e há práticas docentes construídas sem a perspectiva pedagógica, em um agir mecânico que não considera a construção do humano. A prática docente configura-se como prática pedagógica quando as atividades são planejadas com um devido propósito. Desta maneira, uma aula ou um encontro educativo tornar-se uma prática pedagógica quando é organizada em torno de uma finalidade por parte do docente. Com a intencionalidade, o professor tem a consciência do significado de sua ação, reconhece qual é o sentido de sua aula e o impacto na formação do aluno, entendendo que tem uma atuação pedagógica inserida. Assim, o docente pratica atividades que são importantes para o aluno como, por exemplo: desenvolver um diálogo sobre as necessidades e os interesses do aluno, assistir e acompanhar a sua aprendizagem e construir conhecimento de forma consciente. No entanto, o professor também tem que entender que as práticas pedagógicas devem atender a determinadas expectativas educacionais requeridas por uma dada comunidade social. Portanto, em sua construção, devem ser consideradas questões de representatividade e de valores, advindos de pactos sociais, de negociações e deliberações com um coletivo (FRANCO, 2016).

Conforme Franco (2016), as práticas pedagógicas e práticas educativas não são sinônimos, mas são conceitos mutuamente articulados com especificidades diferentes. As práticas educativas destinam-se as ações de gestores e docentes para consolidar processos educacionais visando o corpo discente. Nesse sentido, destaca a escolarização como ato do processo de ensino e aprendizagem, dos métodos de ensino, do sistema de avaliação e do sistema educacional como um todo. Já as práticas pedagógicas fazem referência a ações sociais que são exercidas com a finalidade de concretizar processos pedagógicos. Tais processos são intencionais e promovem relações significativas entre o aprendiz e o

conhecimento produzido num contexto social e histórico, objetivando fazer com que o próprio educando confie em suas potencialidades na perspectiva torná-lo um ator autônomo, crítico e criativo na sociedade.