

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS -
CÂMPUS JATAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

EDUARDA OYAMA FÉLIX
LETÍCIA VILELA TEIXEIRA

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIDÁTICA PARA ESTUDOS E
APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE INDÚSTRIA 4.0

JATAÍ-GO
2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Eduarda Oyama Félix

Matrícula: 20181020040190

Título do Trabalho: DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIDÁTICA PARA ESTUDOS E APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE INDÚSTRIA 4.0

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Local Jatá, 10/02/2023.
Data

Eduarda Oyama Félix

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Leticia Vilela Teixeira

Matrícula: 20181020040301

Título do Trabalho: DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIDÁTICA PARA ESTUDOS E APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE INDÚSTRIA 4.0

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

_____, Jataí, 10/ 02 / 2023.
Local Data

Leticia Vilela Teixeira

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

EDUARDA OYAMA FÉLIX
LETÍCIA VILELA TEIXEIRA

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIDÁTICA PARA ESTUDOS E
APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE INDÚSTRIA 4.0

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus
Jataí, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Orientadora: Profa. Ma. Kennya Resende Mendonça
Monografia defendida e aprovada, em 08 de dezembro de 2022, pela banca
examinadora constituída pelos seguintes membros:

JATAÍ-GO
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Félix, Eduarda Oyama.

Desenvolvimento de plataforma didática para estudos e aplicação de conceitos de indústria 4.0 [manuscrito] / Eduarda Oyama Félix; Letícia Vilela Teixeira. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2022.

73 f.; il.

Orientadora: Profa. Ma. Kennya Resende Mendonça.
Bibliografias.

1. Automação. 2. Indústria 4.0. 3. Plataforma didática. I. Teixeira, Letícia Vilela. II. Mendonça, Kennya Resende. III. IFG, Câmpus Jataí. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Rosy Cristina O. Barbosa – CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F0017/2023-1.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

Eduarda Oyama Félix e Letícia Vilela Teixeira

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIDÁTICA PARA ESTUDOS E APLICAÇÕES DE CONCEITOS DE INDÚSTRIA 4.0

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Monografia defendida e aprovada, em 08 de Dezembro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a M^a. Kennya Resende Mendonça
Presidente da banca / Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof.^a M^a. Patrícia Gomes de Souza Freitas
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Jataí – GO

2022

Documento assinado eletronicamente por:

- **Patrícia Gomes de Souza Freitas**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/02/2023 08:21:50.
- **Kennya Resende Mendonca**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/02/2023 18:02:50.
- **Andre Luiz Silva Pereira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/02/2023 18:01:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 352120

Código de Autenticação: 73d6d144ec



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Av. Presidente Juscelino Kubitschek, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0843 (ramal: 843)

Dedico este trabalho aos meus pais e amigos que sempre me incentivaram.

Letícia Vilela Teixeira

Dedico este trabalho à minha avó Gercina, que já se foi, mas é minha maior força e inspiração.

Eduarda Oyama Félix

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por ter me dado saúde e força para concluir este curso, só tenho a agradecer por mais essa conquista.

Agradeço aos meus pais Kênia e Carlos Humberto, por todo amor, paciência, apoio e esforços que fizeram para que eu conseguisse concluir o Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica.

Aos meus familiares, por terem me apoiado durante toda esta caminhada, em principal meus irmãos Carla e Emanuel Carlos, que estiveram ao meu lado.

Aos meus amigos e colegas, pelo o companheirismo, carinho, paciência, apoio e por deixarem o meu dia a dia mais leve.

À minha colega de graduação e amiga Eduarda, por todos esses anos de amizade, apoio, força e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

À minha orientadora, professora Kennya, que desde o princípio esteve nos auxiliando, dando força e mostrando entusiasmo com o projeto.

À professora Angelita, que tornou o sonho de uma garota possível quando me buscou em casa e levou para a chamada publica no Instituto Federal de Goiás-Câmpus Jataí.

A todos os professores e servidores do Instituto Federal de Goiás - Jataí, por terem contribuído em minha formação e acreditado no meu potencial.

Letícia Vilela Teixeira

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me capacitar para que eu realizasse e chegasse até o fim do curso.

Agradeço à minha mãe Kelly por todo apoio e por nunca me desamparar nessa caminhada, agradeço por todas as vezes que acordou às 3 da manhã pra realizar meu sonho junto comigo.

Agradeço à minha irmã Karol por todo carinho e paciência que sempre teve comigo e nunca me deixou desistir.

Agradeço aos meus avós Gercina (*in memoriam*) e Luiz que sempre acreditaram em mim e são minhas maiores inspirações.

Agradeço aos meus padrinhos Cleber e Vanessa que sempre vibraram com minhas conquistas e que sempre me apoiaram.

Agradeço ao meu pai Hermes por todo incentivo e apoio.

Agradeço ao meu namorado Arilson por todo companheirismo, amor e paciência que sempre teve comigo.

Agradeço à minha amiga Letícia que sempre esteve ao meu lado na graduação e que foi um símbolo de força e determinação.

Agradeço aos meus amigos Gabriel, Ingrid e Maylon que deixaram a graduação mais feliz e leve, são os presentes que a graduação me deu.

Por fim, agradeço à minha orientadora Kennya, por ser uma professora exemplar e fazer a diferença no curso.

Eduarda Oyama Felix

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos
dia após dia.” (Robert Collier)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma plataforma didática que possibilite a aplicação de conceitos relacionados à Indústria 4.0 em cursos do Eixo Tecnológico de Controle e Processos Industriais, podendo também ser utilizada em outras áreas. Com a implementação deste estudo espera-se apresentar aos alunos as possibilidades de atuação no mercado de trabalho que possa envolver os conceitos da Indústria 4.0, além de estimular o desenvolvimento de projetos interdisciplinares, contribuir para o desenvolvimento de outras pesquisas. Durante o levantamento bibliográfico, foram elaborados vídeos sobre os conceitos relacionados a Indústria 4.0, realizado discussões sobre o projeto e capacitação da equipe quanto a impressão 3D, por fim, a montagem da plataforma didática que contém sensores, braços robóticos, esteiras e outros componentes que simulam um processo industrial. Foram realizados testes e simulações na plataforma didática que indicaram a possível conexão com os conceitos de Indústria 4.0. Atualmente, a planta didática que se aplica conceitos relacionados à Indústria 3.0, mas foi utilizado a impressão 3D que é um elemento complementar da Indústria 4.0 e com as recomendações para trabalhos futuros o projeto tem potencial transformador no ensino de conteúdos relacionados à Indústria 4.0 e 3.0.

Palavras-chave: Automação; Indústria 4.0; Plataforma Didática.

ABSTRACT

The main objective of this work is the development of a didactic platform that allows the application of concepts related to Industry 4.0 in courses of the Technological Axis of Control and Industrial Processes, which can also be used in other areas. With the implementation of this study, it is expected to present to students the possibilities of acting in the labor market that may involve the concepts of Industry 4.0, in addition to stimulating the development of interdisciplinary projects, contributing to the development of other research. During the bibliographical survey, videos were prepared on the concepts related to Industry 4.0, discussions were held on the project and training of the team regarding 3D printing, finally, the assembly of the didactic platform that contains sensors, robotic arms, mats and other components that simulate an industrial process. Tests and simulations were carried out on the didactic platform that indicated the possible connection with the concepts of Industry 4.0. Currently, the didactic plan applies concepts related to Industry 3.0, but 3D printing was used, which is a complementary element of Industry 4.0 and with the recommendations for future work, the project has transformative potential in teaching content related to Industry 4.0 and 3.0 .

Keywords: Automation; Industry 4.0; Didactic Platform

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Linha do tempo das Revoluções Industriais	17
Figura 2 — Indústria Têxtil na Primeira Revolução Industrial.....	18
Figura 3 — Segunda Revolução Industrial	19
Figura 4 — Terceira Revolução Industrial	21
Figura 5 — Quarta Revolução Industrial	23
Figura 6 — Elementos formadores da Indústria 4.0	26
Figura 7 — Guardas (Gaiolas) de proteção para robôs	31
Figura 8 — Trabalho cooperador robô e humanos.....	31
Figura 9 — Etapas do Projeto	32
Figura 10 — Capa do Vídeo de Revoluções Industriais.....	33
Figura 11 — Capa do Vídeo de Indústria 4.0	33
Figura 12 — Capa do Vídeo de Robôs Colaborativos.....	34
Figura 13 — Ideia inicial para a planta didática.....	35
Figura 14 — Link da oficina de Impressão 3D: Modelagem e Impressão	37
Figura 15 — Aprendizagem sobre Impressão 3D	37
Figura 16 — Impressão 3D: Processo	38
Figura 17 — Definição de modelagem 3D	38
Figura 18 — Plataforma Thingiverse.....	39
Figura 19 — Plataforma Ultimaker Cura	40
Figura 20 — Esteira	40
Figura 21 — Braço Robótico	41
Figura 22 — Estrutura mecânica da esteira	42
Figura 23 — Cilindro Thingiverse	42
Figura 24 — Ajuste da qualidade de impressão do cilindro no Ultimaker Cura.....	43
Figura 25 — Circuito	44
Figura 26 — Sensor infravermelho IR	45
Figura 27 — Fonte de Alimentação Colmeia Chaveada	45
Figura 28 — Descrição Técnica	46
Figura 29 — Ponte H L298N	46
Figura 30 — Manipulador Robótico.....	47

Figura 31 — Arduino Mega 2560	48
Figura 32 — Plataforma TagIO	48
Figura 33 — Conexão com a plataforma TagIO.....	49
Figura 34 — Planta Didática.....	50
Figura 35 — Circuito do Servo Motor - TinkerCAD	51
Figura 36 — Programação Servo Motor.....	51
Figura 37 — Circuito Sensor Reflexivo Infravermelho.....	52
Figura 38 — Programação Sensor Infravermelho	53
Figura 39 — Posição dos sensores infravermelhos	53
Figura 40 — Circuito Ponte H L298N	54
Figura 41 — Programação Ponte H L298N e Motor de Corrente Contínua	54
Figura 42 — Cilindro impresso na Impressora 3D.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Continua
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
V	<i>Volts</i>
Ω	<i>Ohm</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
2	REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	17
2.1	PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	17
2.2	SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	18
2.3	TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	20
2.4	QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	21
3	INDÚSTRIA 4.0	25
3.1	ELEMENTOS BASE OU FUNDAMENTAIS	25
3.2	ELEMENTOS ESTRUTURAIS	27
3.3	ELEMENTOS COMPLEMENTARES	28
3.4	INFLUÊNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO	29
3.5	DIFERENÇAS ENTRE A INDÚSTRIA 3.0 E A INDÚSTRIA 4.0	30
4	MATERIAIS E METÓDOS	32
4.1	PESQUISA SOBRE REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS, INDÚSTRIA 4.0 E ROBÔS COLABORATIVOS PARA ELABORAÇÃO DE VÍDEO SOBRE OS CONCEITOS ANALISADOS	32
4.2	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	34
4.3	DISCUSSÕES PARA ESCOLHA DO SISTEMA E PROJETO DA PLATAFORMA DIDÁTICA	35
4.4	PARTICIPAÇÃO DA OFICINA DE IMPRESSÃO 3D: MODELAGEM E IMPRESSÃO	36
4.5	IMPRESSÃO DO CILINDRO NA IMPRESSORA 3D	40
4.6	MONTAGEM DA PLATAFORMA DIDÁTICA	43
4.7	ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO PLATAFORMA TAGOIO	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
5.1	SIMULAÇÕES E TESTES	51
5.2	RESULTADOS FINAIS	56
5.3	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
5.3.1	Plataforma TagoIO	57
5.3.2	Sensor de Cor	57
6	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICE A — Código da Planta	64
	ANEXO A — Desenho técnico do braço robótico	70

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 surgiu em meados de 2010 na Alemanha, promovendo a informatização da manufatura, enquanto no Brasil se iniciou em 2013, quando as indústrias sentiram a necessidade de digitalizar suas atividades. Atualmente, em 2022, o Brasil está em desenvolvimento, visto que poucas indústrias contam com recursos e mão-de-obra qualificada para os cenários atuais.

Segundo Loureiro (2018), todas as Revoluções Industriais não só afetaram os sistemas produtivos, mas também os mercados de trabalho e os sistemas de educação vigentes, assim desencadeou o desaparecimento de algumas profissões e surgimento de outras.

Atualmente, em 2022, a Indústria 4.0 tem sido bastante implementada em empresas multinacionais, devido à comunicação em sistemas de produção utilizando *IoT*. Observa-se que os dispositivos de campo, máquinas, fábricas, entre outros, estão conectados a uma rede capaz de armazenar dados em tempo real.

Assim como leciona Pereira (2018), as fábricas inteligentes são pontos-chave para a Indústria 4.0 na busca pela criação de produtos, processos e procedimentos inteligentes. Tratam-se de plantas capazes de tratar complexidades maiores, menos propensas a interrupções, onde humanos e máquinas comunicam-se de forma natural, como uma rede social.

Com os avanços tecnológicos verifica-se a falta de profissionais qualificados e preparados para o uso das novas tecnologias, devido à falta de conhecimento à Indústria 4.0 e seus conceitos. As revoluções afetam diversos setores diante disso à necessidade de implementar aplicações prática de conceitos relacionados à Indústria 4.0 nas instituições de ensino, para aprimorar sua formação técnico-científica e aumentar o interesse dos alunos para o novo cenário.

As Revoluções Industriais possibilitaram novas evoluções tecnológicas que impactam nas relações sociais e culturais da sociedade. Com as mudanças na relação homem e máquina, a mão-de-obra se torna mais especializada, fazendo que seja necessário que as instituições abordem conhecimentos relacionados à Indústria 4.0. Por isso, a necessidade de utilização de reprodução e desenvolvimento de recursos didáticos e ferramentas para aplicação dos conceitos relacionados à Indústria 4.0 em cursos do Eixo Tecnológico de Controle e Processos Industriais.

De acordo com Souza (2016), a inclusão de plataformas utilizadas no ensino, tende a despertar o interesse dos alunos pela disciplina que está sendo estudada, consequentemente, haverá uma interação maior entre os alunos, aumentando assim o espaço colaborativo entre eles, contribuindo no processo de ensino e aprendizagem. Diante disso, o desenvolvimento da plataforma didática que possibilita ser utilizada como ferramenta no ensino de conteúdos relacionados à indústria 4.0.

Dessa forma, Souza (2016) aponta que o maior problema encontrado na implantação dos conceitos de Indústria 4.0 nas instituições de ensino não são os recursos tecnológicos, mas sim a metodologia capaz de proporcionar maior interação, elucidação e aprendizado de todos em relação a essa revolução. Com o desaparecimento de algumas profissões e surgimento de outras, as instituições de ensino precisam desenvolver alunos aptos a solucionar problemas, otimizar e compartilhar o conhecimento da Indústria 4.0 de maneira integrada às inovações, para estarem aptos ao novo mercado de trabalho.

Seguindo o entendimento de Pereira (2018), a implantação da Indústria 4.0 no cenário brasileiro traz desafios como: (i) a construção de políticas estratégicas incentivos governamentais; (ii) a reunião de empresários e gestores com postura proativa; e (iii) o desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais próximos à indústria.

Sendo assim, a necessidade da implementação dos conceitos de Indústria 4.0 na formação de profissionais tem fomentado questões relacionadas ao conhecimento técnico e sua atuação em empresas industriais, porém muitas instituições de educação profissional não formando profissionais qualificados para atuar na Indústria 4.0.

De acordo com Loureiro (2018), nos cenários 4.0 os computadores e a automatização irão trabalhar em conjunto de uma forma completamente nova, com robôs e máquinas ligados remotamente, dotados da capacidade de aprender e se controlar mutuamente, sem praticamente intervenção humana.

Enquanto, Silva (2019) diz que a introdução às tecnologias prospectadas pelos conceitos da Indústria 4.0, tais como prototipagem rápida e fabricação digital é muito importante no ensino técnico profissionalizante da nova geração de profissionais técnicos.

Dessa forma, a plataforma didática desenvolvida nesse trabalho de conclusão de curso, possibilita a aplicação de conceitos relacionados à Indústria 4.0 e visa aumentar o interesse e a participação dos alunos pela aprendizagem, permitindo a troca de conhecimento e a compreensão da ligação remota entre robôs e máquinas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A Quarta Revolução Industrial, denominada Indústria 4.0, irá gerar muitos benefícios em diversos setores, principalmente na educação que proporciona qualificação de novos profissionais. Com a implementação dos novos conceitos relacionados à Indústria 4.0 a Educação deve ser reestruturada, tendo um foco especial no empreendedorismo e na inovação.

De acordo com Castioni (2019), a Indústria 4.0 aprofunda mudanças que já estavam presentes na Terceira Revolução Industrial e, particularmente tem um diferencial que as outras não tinham, pois é fortemente baseada no conhecimento e na integração de vários sistemas de informação.

Os princípios da Indústria 4.0 demandam que os estudantes desenvolvam competências características da educação integral e omnilateral, sendo requeridas habilidades e competências de criatividade, resolução de problemas complexos, inovação, trabalho em equipe, conhecimento técnico, conhecimento multidisciplinar, raciocínio lógico, boas capacidades de comunicação, habilidades para lidar com imprevistos/incertezas, inteligência emocional, gestão de recursos, tempo e pessoas, entre outros (GUIMARÃES; CASTAMAN, 2021; ALARCON et al., 2018; ZILLI et al., 2020).

Portanto, é necessário que as instituições acompanhem as mudanças estabelecidas e que incentivem os estudantes a desenvolver competências e habilidades inovadoras e práticas, que contribuam para a formação de novos profissionais. Com a realização deste projeto espera-se apresentar novos métodos de aprendizagem aos alunos e as possibilidades de atuação no mercado de trabalho envolvendo os conceitos da Indústria 4.0, além de estimular o desenvolvimento de projetos interdisciplinares, bem como contribuir para o desenvolvimento de outras pesquisas.

A estimulação de atividades acadêmicas relacionadas a trabalhos de iniciação científica, projetos interdisciplinares, trabalhos em equipe e desenvolvimento de protótipos, estão entre as principais ações que devem ser estabelecidas nos cursos de graduação em Engenharia, conforme as Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia (ABMES, 2019).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente projeto é o desenvolvimento de recursos didáticos que possam ser utilizados como ferramenta no ensino de conteúdos relacionados à indústria 4.0 em cursos do Eixo Tecnológico de Controle e Processos Industriais, podendo também serem utilizados em outras áreas.

1.2.2 Objetivos Específicos

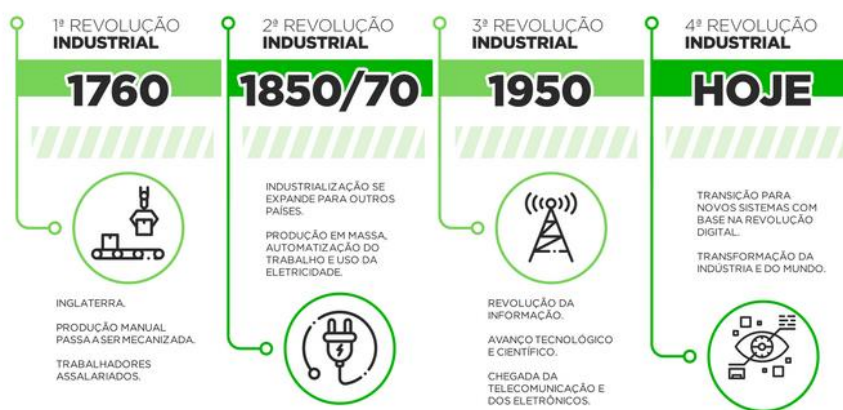
- Elaborar uma ferramenta didática que possibilite a aplicação prática de conceitos relacionados à Indústria 4.0.
- Criar um robô colaborativo para implementação e demonstração em plantas educacionais na indústria 4.0 utilizando *IoT (Internet of Things)*.
- Auxiliar no desenvolvimento de pesquisas e recursos didáticos nas áreas de Automação, Indústria 4.0, Robótica Colaborativa, Internet das Coisas (*IoT*), entre outras.
- Incentivar a elaboração de projetos interdisciplinares.
- Possibilitar ao aluno pesquisador a capacidade de elaboração, caracterização, dimensionamento e execução de sistemas automáticos aplicados à Indústria 4.0.
- Proporcionar ao aluno pesquisador um aprimoramento de sua formação técnico-científica, pessoal e social, visando metodologias que permitam trocas de conhecimentos e experiências, interdisciplinaridade e integração.

- Ampliar o interesse dos alunos pela aprendizagem multidisciplinar, contribuindo para diminuição da evasão escolar.

2 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

Desde o princípio sempre foi notória a necessidade dos humanos em evoluir, a partir dos anos 1760 essa necessidade surge na maneira de se produzir, os investimentos aumentam nas indústrias e passa a crescer essa área, conforme é possível verificar na Figura 1 podemos ver que até os dias atuais ocorreram 4 Revoluções Industriais causando impactos tecnológicos, culturais, econômicos, ambientais e sociais.

Figura 1 — Linha do tempo das Revoluções Industriais



Fonte: Lucio (2019).

Ressalva-se que os anos destacados na imagem são identificados como pontos chaves de virada de marco a outro, podendo não ser exatos, uma vez que as Revoluções Industriais foram evidenciadas e se concretizaram à medida que as transformações e inovações na indústria iam se afirmando.

2.1 PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A primeira Revolução Industrial foi um grande marco, pois os serviços que eram somente realizados de forma manual passaram a ser substituídos por máquinas a vapor. Com isso, segundo Sakurai e Zuchi os produtos foram concentrados nas fábricas, logo as pequenas produções perderam força, já que as fábricas conseguiam produzir uma maior quantidade em um menor tempo, o que favoreceu o capitalismo que ganhava cada vez mais força com o rápido crescimento populacional.

Conforme Sacomano (2018), com adaptações a descoberta da máquina a vapor ocorreu devido a descoberta do carvão e suas utilidades, sendo uma delas a fonte de energia, pela qual foi possível desenvolver não só a máquina a vapor como também a locomotiva.

A indústria têxtil (Figura 2) foi a pioneira no uso das máquinas a vapor, logo após outras indústrias se apropriam da nova ferramenta e trouxeram novos aperfeiçoamentos para suas linhas de produção, com mais incrementos e automações no processo.

Figura 2 — Indústria Têxtil na Primeira Revolução Industrial



Fonte: Encyclopædia Britannica.

Dessa forma, a Primeira Revolução Industrial teve como referência grandes e relevantes invenções que foram responsáveis pela evolução da sociedade, dos meios de transporte e do setor de produção. (VENTURELLI, 2017 *apud* SAKURAI e ZUCHI, 2018).

2.2 SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Com os donos das indústrias empenhados em aumentar cada vez mais seus lucros surge a Segunda Revolução Industrial, cujas características de acordo com Silva e Gasparin (2013) foram a conversão de ferro em aço, com a descoberta da energia elétrica e com a evolução dos meios de transporte após o surgimento da

locomotiva na Primeira Revolução Industrial e o desenvolvimento dos meios de comunicação foram os principais marcos da 2ª Revolução Industrial.

O trabalho artesanal diminuía na proporção que a produção em massa aumentava. Com a produção de carros não foi diferente, o trabalho mecanizado era cada dia mais presente (Figura 3). A título de exemplo, relembramos o caso de Henry Ford que, segundo Sacomano (2018), Ford com a manufatura em massa procurava reduzir os custos com sua produção e ao mesmo tempo pagar seus colaboradores um salário onde eles pudessem comprar o carro que produziam.

Figura 3 — Segunda Revolução Industrial



Fonte: Jessop.

Ford nomeou sua metodologia de trabalho como Fordismo, no qual a característica principal era a produção em massa e, conseqüentemente, o consumo em massa. Nessa época, o capitalismo ganhava ainda mais força com grande produção de materiais, mas ainda não havia preocupação com a qualidade.

Nesse contexto, Frederick Taylor desenvolve com o Taylorismo no qual também é movido pelo capital, porém não somente em tarefas centralizadas em um único trabalhador, como no Fordismo, mas na divisão de tarefas. Silva e Gasparin (2013) explanam que para Taylor o fundamental era o controle do trabalhador em tempo e movimento conseguindo elevar a produtividade.

De acordo com Silva e Gasparin (2013, p.5) “Surgiram as linhas de montagem, esteiras rolantes por onde circulavam as partes do produto a ser montado, de modo a

agilizar a produção.” Logo, na segunda revolução inicia as linhas de produção automatizadas.

2.3 TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Diante desse contexto constata-se que a segunda revolução que teve como marco o uso de combustíveis fósseis para produção e geração de energia. Acontece que essa forma de produção trouxe impactos negativos, seja pela escassez da fonte de energia ou pelo impacto ambiental, o que tornou necessário pensar em formas alternativas de se manter a produção e a utilização de novos recursos.

A terceira Revolução Industrial surge após a segunda guerra mundial, segundo Sacomano (2018), o Japão estava arrasado, a ponto de introduzir um programa que fizesse com que as pessoas economizassem recursos. Os impactos na indústria eram grandes e, com isso, a Toyota não era capaz de implementar a produção em massa de Ford, então a Toyota criou seu processo de produção enxuta, o *Lean Manufacturing*. Assim, a principal inovação da Toyota em relação a Ford era a preocupação com a qualidade do produto, além de

“redução de desperdícios ao mínimo, eliminação de perdas, não produção do que não agregue valor ao produto, (...) bom desempenho do processo de manufatura, produção conforme a demanda dos clientes (produção puxada), padronização, redução de estoques, parceria entre fornecedor e produtor, redução do ciclo de desenvolvimento de produtos e automação” (Sacomano et al., 2018, p. 21).

Com a mudança protagonizada pela Toyota tivemos um indicio de mudança que levaria a Terceira Revolução Industrial. Mas não parou por aí, pois com a Guerra Fria, o conflito entre a União Soviética e o Estados Unidos, impulsionou a evolução em várias áreas tanto na indústria bélica como na área tecnológica, nesse mesmo período criou-se o computador e a *internet*; mas o que mais teve impacto foi a corrida espacial, no qual foi essencial para séries de tecnologias que utilizamos hoje, como os satélites. Segundo Reynol (2002), o primeiro satélite de comunicações foi criado pela NASA, que foi criada pelo EUA, o Echo 1 nos anos 60 deu a volta no país e transmitia sinais para a Terra, o Echo conseguia transmitir um canal de TV ou uma dúzia de ligações telefônicas. A partir de então, os satélites foram evoluindo cada vez mais.

Diante do exposto, a implantação e automação de maquinários e equipamentos se tornaram presentes em indústrias. Equipamentos que levaram em consideração principalmente a automação e controle por meio de CLP. De acordo com Sacomano (2018), o Controlador Lógico Programável, CLP, surgiu no fim da década de 60, assim como outros componentes eletrônicos que possibilitaram a evolução da automação industrial, da informática, telecomunicações, robótica e até mesmo a nanotecnologia. Para exemplificar como foi o processo, a Figura 4 representa a inserção da automação no que marcou o período do Fordismo e Taylorismo.

Figura 4 — Terceira Revolução Industrial



Fonte: Sousa.

A Revolução Digital, como é conhecida a Terceira Revolução Industrial, deixou importantes marcos para a sociedade e indústria que não param de evoluir e dão sequência para a Quarta Revolução Industrial.

2.4 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A quarta Revolução Industrial foi iniciada em 2011 pelo governo alemão por meio de um projeto denominado Plataforma Indústria 4.0 na feira Hannover., Segundo Sacomano (2018) o objetivo do governo Alemão era de realizar uma troca de dados entre seres humanos e máquinas com sistemas automatizados desenvolvidos por alta tecnologia, assim aprimorando todo o processo de produção. A partir de então foi criado um grupo para realização de estudos e trabalho e em 2013, a Plataforma

passou a ser difundida e então em 2015, o governo alemão a relançou como um programa.

De acordo com Schwab (2016) “a Quarta Revolução Industrial cria um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam de forma global e flexível”. Schwab (2016) explica que a união entre as tecnologias e a relação entre os mundos físicos, biológicos e digitais é o que torna a Quarta Revolução Industrial diferente de todas as outras. Além disso o autor afirma que as diversas tecnologias terão papéis impulsionadores na Quarta Revolução Industrial, esses impulsionadores são divididos em categoria física, digital e biologia.

A categoria física baseia-se em quatro megatendências: veículos autônomos, novos materiais, impressão 3D e robótica avançada. A título de exemplo, lembra-se que atualmente hoje vários estudos de carros sem motoristas, inclusive já há carros que conseguem estacionar sozinhos, frear quando há risco de colisão e diversas outras autonomias que são possíveis devido a inteligência artificial e sensores, para Schwab em breve os drones serão autônomos e realizaram atividades como “a verificação de linhas de energia elétrica ou a entrega de suprimentos médicos em zonas de guerra” (Schwab, 2016).

Os novos materiais já estão chegando ao mercado, de acordo com Schwab (2016) são adaptáveis, leves, fortes e recicláveis, e ainda existem aplicações como autolimpeza e autorreparação, um exemplo de novo material é o grafeno, porém seu valor ainda é inacessível, embora possua características incríveis como maior resistência comparado ao aço, além de excelente condução de eletricidade e calor e uma fina espessura.

Além disso, segundo Schwab (2016) a impressão 3D tem ganhado força nos últimos anos, isso porque sua produção camada a camada, com a possibilidade de copiar um modelo ou de se construir um modelo 3D através de um software traz versatilidade. Como prova disso, observa-se o uso dessa ferramenta em indústrias aeroespaciais, automobilísticas e médicas, que se aproveitam dos benefícios da impressão 3D para aprimorarem seus resultados.

Em meio a todas essas mudanças e inovações, há a robótica avançada consiste em robôs ajustáveis e flexíveis que estão dominando diversas áreas como a enfermagem, agronomia e demais setores devido a sua capacidade de exercer diversas tarefas. Os robôs da quarta Revolução Industrial são desenvolvidos

baseados em estruturas biológicas. Os sensores possibilitaram os robôs serem “mais sensíveis ao ambiente” e com isso realizar diversas atividades. Schwab (2016) explica “os robôs podem agora acessar informações remotas através da nuvem e assim se conectar a uma rede de outros robôs”. A Figura 5 esboça a representação da implementação da Quarta Revolução Industrial na indústria.

Figura 5 — Quarta Revolução Industrial



Fonte: Portal da Industria.

Superada a primeira categoria especificada por Schwab, passamos agora a analisar a categoria digital, que consiste na *internet* das coisas, *IoT*, onde dados são compartilhados entre pessoas, lugares, serviços e produtos, no qual as pessoas podem ter acesso a informações através de plataformas conectadas a internet. Hoje, sensores são instalados em “tudo” para se obter controle e monitoramento de qualquer lugar do mundo, mas ter um *tablet*, smartphone ou um computador. Schwab (2016) comenta “a revolução digital está criando abordagens radicalmente novas que revolucionarão o envolvimento e a colaboração de indivíduos e instituições”.

A categoria biológica teve uma crescente devido a novas tecnologias, estudos sobre genomas, DNA e RNA estão crescendo a cada dia, com isso há impactos significativos para estudos da medicina, como também na agricultura e biocombustíveis. Segundo Schwab (2016) há uma enorme gama de atuação entre a biologia e a tecnologia, desde armazenamento de dados para estudos de uma medicina de precisão, até a modificação genética de seres, como plantas e animais.

A Quarta Revolução Industrial possui grandes benefícios conforme mencionado, porém existe algumas desvantagens que por consequência impacta no processo, como por exemplo a falta de mão de obra qualificada para acompanhar e

desenvolver tudo que está ao alcance da tecnologia, também tem como ponto negativo o desemprego devido a inclusão de vários equipamentos e robôs no processo. Com a evolução dos equipamentos e dispositivos eletrônicos, a cada dia um equipamento fica obsoleto, assim aumentando as taxas de desperdícios. Outro ponto são os ciberataques pois como as empresas armazenam e controlam seus dados na nuvem, isso faz com que hajam ataques da rede para roubar informações das empresas. A velocidade da mudança também faz com que muitas empresas não consigam acompanhar e acabam ficando desatualizadas. (APD, 2022; Oliveira, 2022)

Diante de todo o exposto, conclui-se que a Revolução Industrial lida com muitas incertezas, sua agilidade e profundidade nos faz refletir na possibilidade de mudança do mundo com a amplitude de recursos tecnológicos e seus impactos na sociedade, no entanto, nos trazem benefícios como o desenvolvimento da Indústria 4.0.

3 INDÚSTRIA 4.0

Sacomano (2018) define a indústria 4.0 como a “integração de tecnologias da informação que permitem alcançar novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando a geração de novas estratégias e modelos de negócio para a indústria”. Dessa forma, o ponto chave da Indústria 4.0 é a interação entre todas as áreas, a conectividade entre máquinas e seres humanos e máquinas entre máquinas.

Sakurai e Zuchi (2018) comentam que há seis princípios da Indústria 4.0: interoperabilidade (comunicação através do IoT), modularidade (a demanda define o que será produzido e partir de então se altera as tarefas do equipamento), descentralização (para atender as demandas em tempo real as decisões são tomadas por sistemas cyber-físico), orientação de serviços (*software* orientado através da definição de IoT), virtualização (monitoramento remoto através de cópias virtuais de indústrias) e, por fim, a capacidade de operação em tempo real (tomadas de decisões em tempo real que é possível devido ao processamento de dados em tempo real).

Sacomano (2018) divide os pilares da Indústria 4.0 em elementos base ou fundamentais, elementos estruturantes e elementos complementares, que juntos formam os elementos formadores, conforme podemos verificar na Figura 6. Os elementos base ou fundamentais são representados pela base tecnológica, os elementos estruturais são as tecnologias que permitem que os conceitos de Indústria 4.0 sejam aplicados e, por fim, os elementos complementares são as tecnologias que complementam a Indústria 4.0.

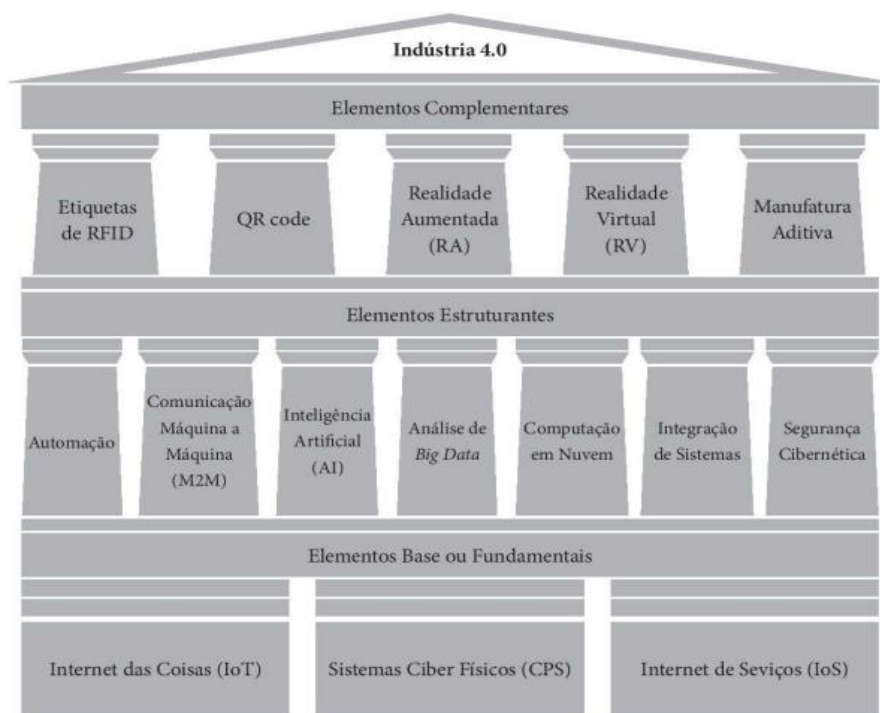
3.1 ELEMENTOS BASE OU FUNDAMENTAIS

São divididos em sistema *ciber* físicos (CPS), internet dos serviços (IoS) e internet das coisas (IoT).

Os sistemas *ciber* físicos, segundo Sacomano (2018), são sistemas mecatrônicos compostos por sensores e atuadores, controlados por *software* que monitoram uma série de dados, supervisionam e controlam processos industriais mecânicos, químicos, térmicos ou elétricos no campo físico. Tais sistemas possuem a funcionalidade de transmitir em tempo real dados que compõem um ambiente

cibernético para um sistema estrutural real, onde poderá haver alterações em sua programação e controle de acordo com as necessidades do determinado sistema produtivo.

Figura 6 — Elementos formadores da Indústria 4.0



Fonte: Sacomano *et al.* (2018, p. 39).

Quando se trata de internet dos serviços, Santos, Matos e Gonçalves (2019) aponta que IoS é a capacidade de serviços serem disponibilizados por meio da *internet*. Em outras palavras, o presente sistema oferece um contato direto, eficaz e intuitivo, sem a necessidade de deslocamento.

Para Silva *et al.* (2018), com adaptações a *internet* das coisas, caracteriza-se por qualquer objeto físico se conectar com a internet, havendo uma interação no envio e recebimento de dados. A facilidade do IoT aplicado em processos industriais abre portas aos cenários econômicos e logísticos, assim como para troca de informações. Para Magrani (2018) é a progressiva automatização de setores inteiros da economia e da vida social com base na comunicação máquina-máquina: logística, agricultura, transporte de pessoas, saúde, produção industrial e muitos outros.

3.2 ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Os elementos estruturantes são elementos estruturantes: pela automação, comunicação máquina a máquina, inteligência artificial, *big data analytics*, computação em nuvem, integração de sistemas e segurança cibernética.

A automação teve seus primeiros indícios na segunda Revolução Industrial, quando surgiram as esteiras; hoje, a automação está presente nas indústrias, nas residências, hospitais, na agricultura e demais áreas. Sacomano (2018) define a automação "como a realização de tarefas sem a intervenção humana, com equipamentos que funcionam sozinhos e possuem a capacidade de controlar a si próprios, a partir de condições e/ou instruções preestabelecidas".

Comunicação máquina a máquina, em inglês M2M (*machine to machine*), de acordo com Sacomano (2018) é o compartilhamento de informações/dados entre equipamentos por meio de uma programação por sistemas *ciber* físicos. O compartilhamento de dados por ser feito por rede física ou por meio remoto, como *internet* e/ou *bluetooth*.

A inteligência artificial pode ser entendida como entendida como a responsabilidade de criar equipamentos inteligentes capazes de tomar decisões, através de geração/transmissão/análise de dados. Sacomano (2018) complementa que o objetivo da inteligência artificial "é utilizar dispositivos ou métodos computacionais de forma similar à capacidade de raciocínio do ser humano, resolvendo problemas da maneira mais eficiente possível". De acordo com Silva (2018) a inteligência artificial é dividida entre aprendizado de máquina, algoritmo genético, processamento de linguagem natural, redes neurais, robótica, visão computacional e sistemas especialistas.

Big data analytics é definida por Sakurai e Zuchi (2018) como " estruturas de dados extensas e complexas que utilizam novas abordagens para captura, análise e gerenciamento de informações".

Conforme Sacomano (2018) computação em nuvem são os dados que estão no ciberespaço, ou seja, não se sabe ao certo a localização, mas é o que torna possível o acesso a dados/informações de qualquer lugar do mundo.

Para que exista o pleno funcionamento dos conceitos de Indústria 4.0 é preciso que todos os sistemas estejam integrados, por isso a integração de sistemas é um pilar da Indústria 4.0.

A segurança cibernética consiste na segurança das informações e dados que circulam na internet, para que não haja invasão, roubo e vazamento de dados da Indústria é necessário um investimento na segurança da intranet e internet conforme afirma Sacomano *et al.* (2018).

3.3 ELEMENTOS COMPLEMENTARES

Os elementos complementares são formados por etiquetas de RFID, QR Code, Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Manufatura aditiva.

"As etiquetas de *RFID* são pequenos dispositivos eletrônicos de identificação que transmitem a comunicação por meio de radiofrequência." Sacomano *et al.* (2018).

O *QR code* pode ser escaneado assim como código de barras por uma câmera de celular no qual o envia para um link onde contém dados e informações determinadas por um usuário.

A realidade aumentada consiste na visualização do mundo real por meio do mundo virtual desde que esteja conectado à internet. As indústrias utilizam os *smartglass* para visualização de atividades, visitas em plantas e aprovação de atividades.

A realidade virtual compõe de um *software* onde é possível visualizar estruturas virtuais através de vários *hardwares* como fones de ouvido, óculos, computadores e luvas que podem fornecer a impressão de estar no local. Sacomano (2018) comenta sobre a possibilidade de verificar equipamentos totalmente montados para verificar como uma planta ficará, por exemplo.

A impressão 3D é a impressão de objetos em várias camadas através de filamentos, a impressão 3D traz a versatilidade de imprimir qualquer objeto que já exista ou que se desenvolva através de *softwares*, assim, é possível produzir qualquer peça agilizando o processo.

3.4 INFLUÊNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO

A Quarta Revolução Industrial trouxe de mudanças em relação a como se adquire conhecimento e como se trabalha, forçando a abordagem de novas habilidades, novos treinamentos da mão de obra, com isso surge a necessidade da implementação dos conceitos de Indústria 4.0 nas Instituições de Ensino, que promove compreensão dos novos cenários.

De acordo com Silva (2018), Quarta Revolução Industrial pede profissionais com maior destreza social, gente mais criativa e com capacidade de tomada de decisão em ambientes de incerteza. O novo trabalhador deve ser propositivo e não reativo, será mister saber lidar com novas ideias.

Portanto, as práticas e métodos aplicados na sala de aula despertam e valorizam a capacidade do aluno em relação a diversos conteúdos, devido a isso, os profissionais precisam de conhecimento, competências e habilidades para preparar novos alunos.

Nas palavras de Silva (2018), não será possível esperar a nova geração chegar na fase adulta para mudar a realidade da Educação 4.0. Para isso será fundamental o papel das universidades e das empresas para reestruturar, estimular e ensinar habilidades e aptidões não contempladas no ensino atual.

É necessário que as escolas criem estratégias de ensino para que o aluno seja ouvido, tenha pensamento crítico e desenvolva capacidade de resolução de problemas, juntamente com a aprendizagem dos estudantes está a formação e capacitação de professores capaz de criar atividades integradas a programação, conhecimento técnico, criatividade e negociação.

Seguindo o entendimento de Silva (2018), a boa aplicação de técnicas pedagógicas cumpre até certo ponto o objetivo de formar. Porém, a base do saber na maioria das escolas atuais é muito mais a retenção de informações do que a assimilação do saber.

Sendo assim, a necessidade da utilização de novos métodos e recursos didáticos a fixação torna-se o aprendizado mais ativo e engajado, gerando o compartilhamento de experiências, relatos e observações, além disso, fomenta o encorajamento para novas discussões, elaboração de soluções e aplicação prática.

Nesse sentido, o perfil do novo profissional, corresponde a pessoas com elevada capacitação técnica e profissionais que trabalham em diversas áreas, além disso, estar aberto a novas mudanças, adaptar-se a uma aprendizagem multidisciplinar e ter uma visão ampla do negócio.

Assim como leciona Sacomano (2018), a valorização do trabalho em equipe é imprescindível, ou seja, o pensar em conjunto é exigido para desenvolver e aplicar conhecimentos sobre informática, qualidade e segurança no trabalho.

Portanto, o processo de ensino-aprendizagem na Indústria 4.0 atribui ao aluno o papel de sujeito do processo, ou seja, se torna responsável pela a construção de seu currículo e para que atenda esse novo compromisso a matriz curricular precisa ser flexível e interdisciplinar.

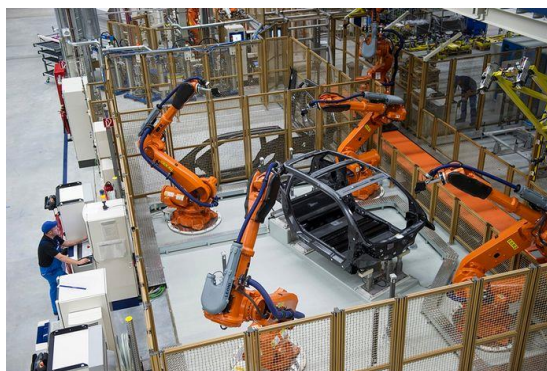
3.5 DIFERENÇAS ENTRE A INDÚSTRIA 3.0 E A INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 3.0 foi caracterizada, de acordo com Sacomano et. al (2018), pelo surgimento de controladores, avanço da eletrônica, surgimento da internet e de robôs. Na Indústria 3.0 os robôs eram utilizados para realização de atividades que antes eram desenvolvidas por serem humanos.

A Indústria 4.0, segundo Schwab (2016), tem como principal característica a comunicação entre máquinas e seres humanos e máquinas com máquinas, que vem aumentando a eficiência dos processos.

Uma das diferenças entre as duas está na autonomia das máquinas. Na indústria 3.0 as máquinas eram controladas por humanos e ficavam isoladas por serem robustas e serem automatizadas, ou seja, não havia sensores e inteligência artificial que faziam com que as máquinas pudessem estar entre os humanos sem oferecer riscos. Diante do exposto, uma solução momentânea era a confecção de guardas de proteção que isolavam tais maquinários, o que de certa forma engessavam o processo produtivo (Figura 7).

Figura 7 — Guardas (Gaiolas) de proteção para robôs



Fonte: Rocha (2015).

Na indústria 4.0 as máquinas são autônomas e trabalham entre os seres humanos sem oferecer riscos, isso devido à inteligência artificial e sensores que possibilitam a melhor percepção e resposta ao ambiente. Na Figura 8 podemos verificar os robôs colaborativos, "robôs colaborativos elevam as operações para um próximo nível. Eles trabalham lado a lado com os humanos, balanceando a necessidade de segurança com os conceitos de flexibilidade e produtividade" (ABB, 2022).

Figura 8 — Trabalho cooperador robô e humanos.



Fonte: Carlos Ferrari (2021).

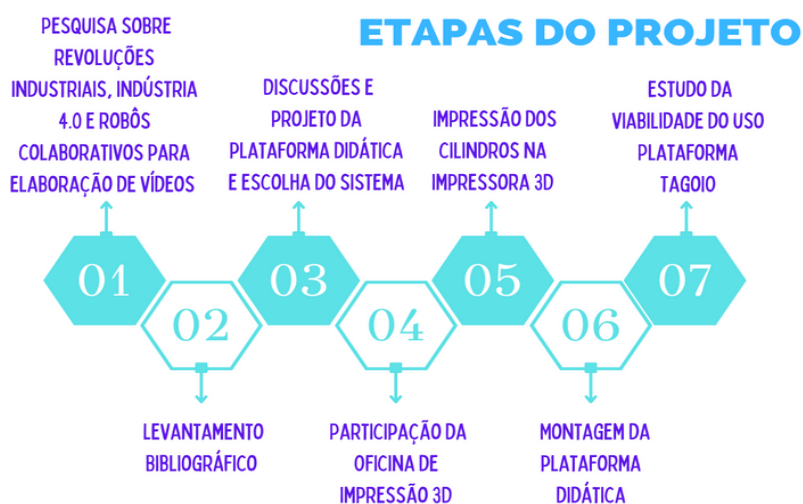
A NR-12 (Segurança No Trabalho Em Máquinas E Equipamentos) que é responsável por regulamentar a segurança de máquinas e equipamentos teve que ser reformulada pois no item 12.5 que é específico sobre os sistemas de segurança afirma a necessidade de colocar proteção fixas nas máquinas (robôs) e com o advento da indústria 4.0 e com os robôs colaborativos que podem trabalhar lado a lado com o ser humano as proteções não condizem mais com o cenário proposto da indústria 4.0.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consiste no desenvolvimento de uma planta didática com conceitos de Indústria 4.0 para ser aplicado no aprendizado de cursos técnicos e superiores relacionados a área elétrica.

Os recursos para o desenvolvimento desse trabalho foram divididos em 7(sete) etapas: (I) Pesquisa sobre Revoluções Industriais, indústria 4.0 e robôs colaborativos para elaboração de vídeo sobre os conceitos analisados; (II) Levantamento Bibliográfico; (III) Discussões e projeto da plataforma didática e escolha do sistema; (IV) Participação da Oficina de impressão 3D: modelagem e impressão via meet; (V) Impressão dos cilindros na impressora 3D; (VI) Montagem da plataforma didática; e (VII) Estudo da viabilidade do uso Plataforma TagoIO.

Figura 9 — Etapas do Projeto



Fonte: As autoras (2022).

4.1 PESQUISA SOBRE REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS, INDÚSTRIA 4.0 E ROBÔS COLABORATIVOS PARA ELABORAÇÃO DE VÍDEO SOBRE OS CONCEITOS ANALISADOS.

Na primeira etapa do projeto foi realizado um levantamento para imersão no tema com o intuito de elaborar vídeos para complementar o aprendizado do usuário sobre a planta, então a metodologia de ensino consiste na apresentação do vídeo

para que o aluno passe a entender sobre o assunto de uma maneira descontraída e animada, mas rica em conceitos.

Para a elaboração do vídeo, foi utilizado o site *Animaker* que é uma plataforma gratuita para elaboração de vídeos animados, com recursos de voz, imagens, personagens, vídeos e *gifs*. A criação do vídeo contou com a participação do Eliseu Gonçalves Souza, aluno da engenharia elétrica e bolsista do PIBIC cujo projeto tem a mesma finalidade que esse trabalho de conclusão de curso.

Na Figura 10 tem-se a capa do o vídeo sobre Revoluções Industriais, que aborda sobre as quatro Revoluções Industriais, os principais marcos e suas características.

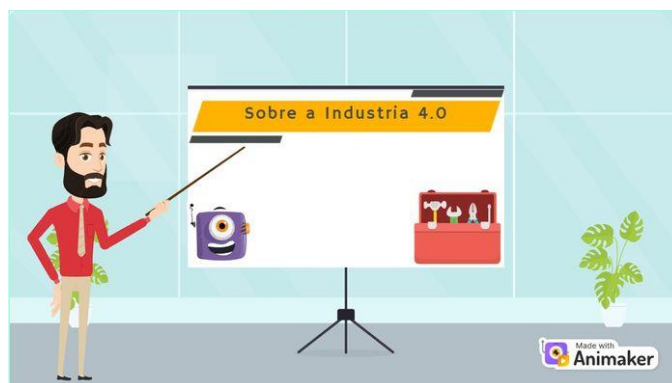
Figura 10 — Capa do Vídeo de Revoluções Industriais



Fonte: As autoras (2022).

A Figura 11 mostra a capa do vídeo sobre Indústria 4.0 no qual foi relatado sobre as principais tecnologias, pilares e as possíveis conexões.

Figura 11 — Capa do Vídeo de Indústria 4.0



Fonte: As autoras (2022).

Na Figura 12 ilustra a capa do vídeo sobre robôs colaborativos, no qual foi comentado seus conceitos, vantagens e aplicações.

Figura 12 — Capa do Vídeo de Robôs Colaborativos



Fonte: As autoras (2022).

Os vídeos são curtos para que não haja dispersão entre os estudantes e focado para os principais acontecimentos, características para o embasamento futuro das aulas teóricas e práticas. No decorrer do processo, perdemos o acesso a conta do Animaker e por isso não foi disponibilizados o link dos vídeos.

4.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para o levantamento bibliográfico foram definidos 3 (três) principais conceitos fundamentais para trabalhar na planta didática: (I) Revoluções Industriais; (II) Indústria 4.0; e (III) Recursos Didáticos para Indústria 4.0. Com as Revoluções Industriais foi possível determinar quais atividades e execuções correspondiam a cada Revolução Industrial, sempre buscando trazer os conceitos da quarta Revolução Industrial para a planta, no intuito de fazer a experiência do estudante mais próxima a realidade de uma fábrica com tecnologias 4.0.

O ponto principal é a implementação dos conceitos de Indústria 4.0 na planta didática, portanto nesse levantamento bibliográfico foi frisado sobre os elementos estruturantes, elementos fundamentais e elementos complementares da Indústria 4.0, quais são as tecnologias e suas características para compor um sistema de acordo com os conceitos da Indústria 4.0. Por fim, os recursos didáticos aplicados a Indústria 4.0 foram explanados para demonstrar a relevância no aprendizado dos conceitos no

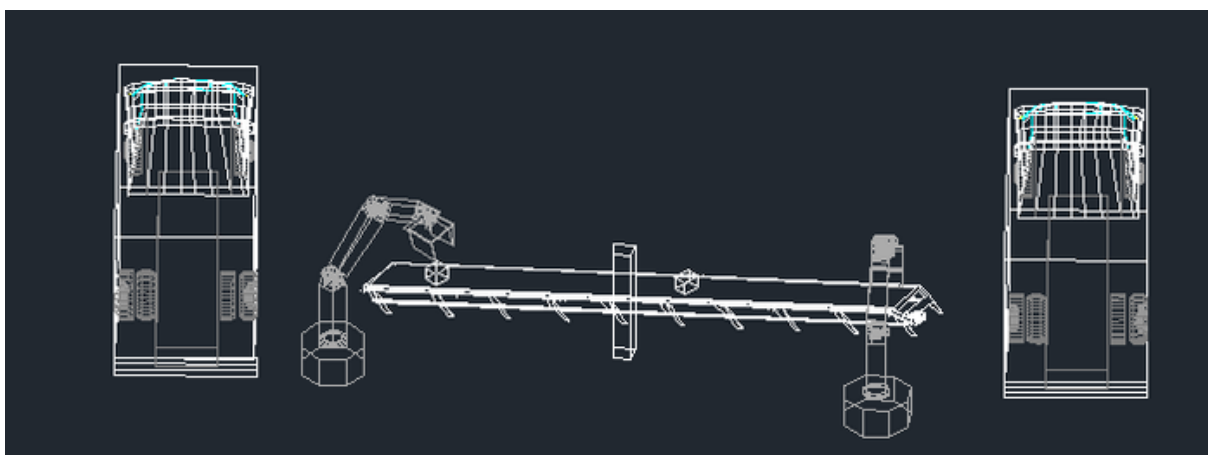
desenvolvimento do estudante tanto na escola como protagonista na sua carreira de trabalho.

4.3 DISCUSSÕES PARA ESCOLHA DO SISTEMA E PROJETO DA PLATAFORMA DIDÁTICA

Para a elaboração da planta foi realizado um levantamento de sistemas industriais reais com propósito de tornar a experiência do aluno mais próxima possível do chão de fábrica. Então para o estudo foram contemplados processos de indústrias alimentícias, farmacêuticas e automobilísticas.

As pesquisadoras entraram em contato com uma indústria alimentícia que realiza também abate de aves, no qual foi verificado que grande parte do processo era feito manualmente, então inicialmente foi feito um esboço (Figura 13) para verificar como ficaria esse processo automatizado. O processo dessa indústria consiste no descarregamento de todas as cargas de maneira manual e as cargas também são colocadas na esteira de maneira manual e também no final do processo são retiradas de maneira manual, então foi pensado em colocar dois manipuladores um no início e outro no final do processo para realizar as atividades manuais.

Figura 13 — Ideia inicial para a planta didática



Fonte: As autoras (2022).

Para a pesquisa foi observado com detalhe como era feito a parte de automação, qual era o cometimento dos sistemas robóticos utilizados, a lógica de funcionamento, quais atividades manuais poderiam ser automatizadas, atividades em

comum nas indústrias, mesmo sendo em áreas diferentes, todos esses dados foram fundamentais para escolha do processo adotado na planta didática.

Por conseguinte, foi determinado que a maioria dos processos consistia em esteiras, braços manipuladores, produtos e sensores que interagem entre si, portanto esses componentes são a base do projeto tendo dois braços manipuladores, uma esteira, uma ponte h para controle do motor da esteira, dois sensores reflexivo infravermelho e um sensor de obstáculo infravermelho, 8 cilindros para representação dos produtos.

4.4 PARTICIPAÇÃO DA OFICINA DE IMPRESSÃO 3D: MODELAGEM E IMPRESSÃO

Com o intuito de realizar a impressão de algumas peças utilizando a impressora 3D que é um dos pilares relacionados a indústria 4.0, foi realizada uma oficina de capacitação para que os membros da equipe de trabalho pudessem aprender a utilizar a impressora 3D adquirida por meio de um projeto cadastrado no edital (IFES).

No dia 01 de setembro de 2019, foi realizada uma oficina pelo grupo Meninas Cientistas do Instituto Federal de Goiás - Câmpus Uruaçu, por meio da qual foi abordado o tema Impressão 3D: Modelagem e Impressão. O curso ocorreu via *meet* e antes de iniciar a oficina preenchemos um formulário para verificar o quanto sabíamos sobre modelagem e impressão 3D, o formulário foi disponibilizado através do *link*: <https://forms.gle/cho45ViAMEwcCDjCA>, nesse mesmo link foi orientado que fazer download do aplicativo *Ultimaker Cura*, como mostra a Figura 14.

Figura 14 — Link da oficina de Impressão 3D: Modelagem e Impressão



Fonte: As autoras (2022).

Inicialmente, o professor Alessandro Siqueira se apresentou e comentou sobre o grupo Meninas Cientistas, posteriormente houve um diálogo em relação ao conhecimento sobre modelagem e impressão 3D, em seguida começou a explicar sobre o processo de impressão, como mostra a Figura 15.

Figura 15 — Aprendizagem sobre Impressão 3D



Fonte: As autoras (2022).

Na Figura 16, mostra o passo a passo que precisa ser seguido para realizar a impressão 3D. Primeiramente, escolhe o *software* de modelagem que será responsável pelo modelo criado, depois o *software* fatiador, que converte o modelo 3D para a linguagem da máquina, nesse caso utilizou o *Ultimake CURA* por ser *open source*. Em seguida, explicou sobre o processo de impressão na *Creality Ender-3* e por fim, da qualidade do objeto físico impresso.

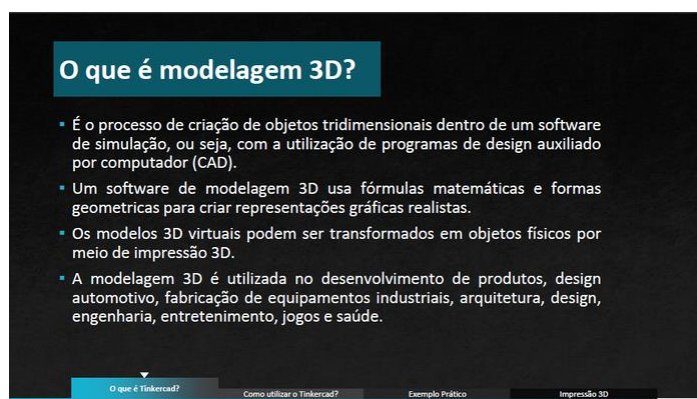
Figura 16 — Impressão 3D: Processo



Fonte: As autoras (2022).

O professor Alessandro Siqueira mencionou no curso sobre o conceito de modelagem 3D é um processo que consiste em desenvolver objetos tridimensionais com dimensões e formas reais, por meio de *Softwares*, sendo eles representados virtualmente a partir de modelos matemáticos. Por meio da modelagem, as pessoas podem modificar as formas e dimensões dos objetos sem a necessidade de um desenho físico. Com isso, facilitou a realização de desenhos, permitiu conhecer as propriedades do objeto que será feito antes da realização da prototipagem, a visualização do projeto final fica mais clara e agregou em diversos setores da engenharia. Na Figura 17, mostra os conceitos explicados pelo professor Alessandro Siqueira na oficina de impressão 3D.

Figura 17 — Definição de modelagem 3D

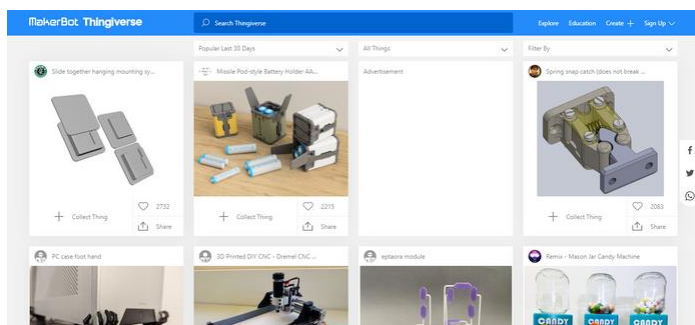


Fonte: As autoras (2022).

A plataforma *thingiverse* foi apresentada pelo o professor Alessandro Siqueira durante a oficina de impressão 3D, o *thingiverse* contém arquivos de impressão 3D

gratuitos, seu site é organizado em subcategorias específicas que facilita a procura dos objetos, além disso todos os arquivos é STL, ou seja, próprio para a impressão. A Figura 18, mostra a página inicial que pode ser acessada pelo o *link*: <https://www.thingiverse.com/>. acesso em 01.09.2022 as 14h.

Figura 18 — Plataforma Thingiverse



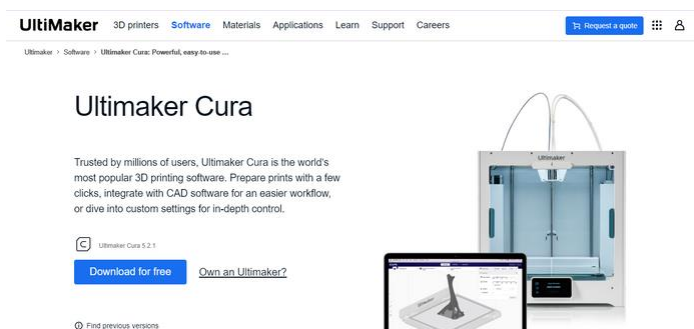
Fonte: As autoras (2022).

O *Ultimaker CURA* foi apresentado pelo professor Alessandro Siqueira durante a oficina de impressão 3D, o *Ultimaker CURA* é um software fatiador para impressora 3D. Ele transforma um modelo 3D em camadas que, quando sobrepostas, formam o objeto que será impresso.

De acordo com 3DLAB, o fatiador é responsável por transformar um arquivo do modelo criado em 3D para um formato de leitura de impressora, com as configurações de impressão, ou seja, gera a preparação da peça para a impressora 3D.

Na oficina de impressão 3D, o professor Alessandro Siqueira ensinou como colocar o modelo da impressora no software, explicou que a temperatura do *Ultimaker CURA* funciona bem e que não precisa alterar já que está utilizando o filamento PLA. Após o envio do arquivo STL, não é possível manipular o modelo 3D, mas podemos alterar escala, alterar altura, espelhar e rotacionar a orientação. A Figura 19, mostra a página inicial do *Ultimaker CURA* que pode ser acessada pelo o *link*: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>.

Figura 19 — Plataforma Ultimaker Cura



Fonte: As autoras (2022).

O *Ultimaker CURA* é um dos principais *softwares* utilizados na impressão 3D, devido ser uma interface simples e com uma gama de ajustes e configurações, além de ser totalmente gratuito.

4.5 IMPRESSÃO DO CILINDRO NA IMPRESSORA 3D

Após a realização do curso sobre modelagem e impressão 3D foi definido que seriam impressos cilindros para representar o objeto do sistema de produção da planta, o cilindro foi escolhido de acordo com a estrutura da garra do braço robótico que possui formato curvo.

Figura 20 — Esteira



Fonte: Mercado Livre (2022).

Também seria impresso a parte estrutural da esteira e do braço robótico, porém devido ao prazo para entrega do trabalho e devido o tempo de impressão, foi definido

por viabilidade a aquisição da esteira (Figura 20) e dos dois braços robóticos (Figura 21).

Figura 21 — Braço Robótico



Fonte: RoboCore (2022).

Após a aquisição da esteira, a mesma foi montada de acordo com o manual do fabricante, a estrutura mecânica da esteira pode ser verificada na Figura 22. O desenho técnico da estrutura do braço pode ser verificado no Anexo A e o manual de montagem está no site do fabricante.

Figura 22 — Estrutura mecânica da esteira

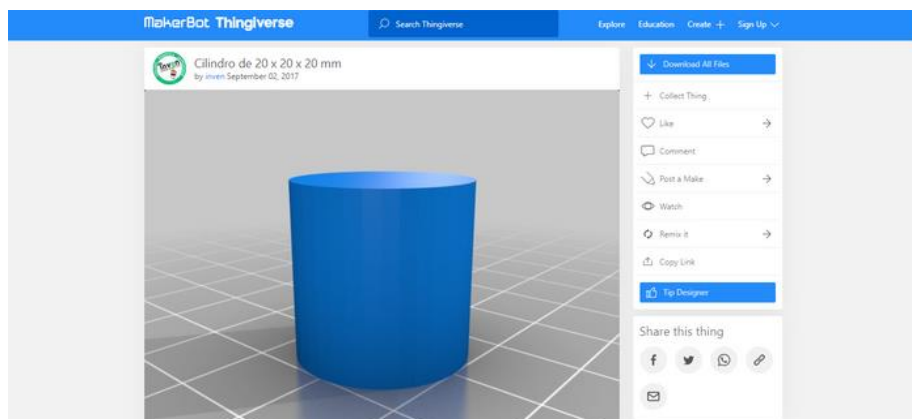


Peças	Função
1	Lateral Lisa
2	Lateral Motor
3	Mesa para elemento transportado
4	Aparador de queda
5	Travas
6	Roletes rolamentados
7	Suportes para sensores
8	Adaptador para motores

Fonte: BacoChina (2022).

Seguindo o que foi ministrado na oficina, foi escolhido o cilindro na plataforma *Thingiverse*, conforme é apresentado na Figura 23, após realizar o *download* do arquivo do cilindro, o arquivo foi inserido no aplicativo do *Ultimaker Cura* para ajuste de escala, como o cilindro modelo tinha dimensão 20x20x20mm foi preciso alterar para 30x30x30mm, 1 cm maior para maior aderência a garra e melhor visualização do sistema.

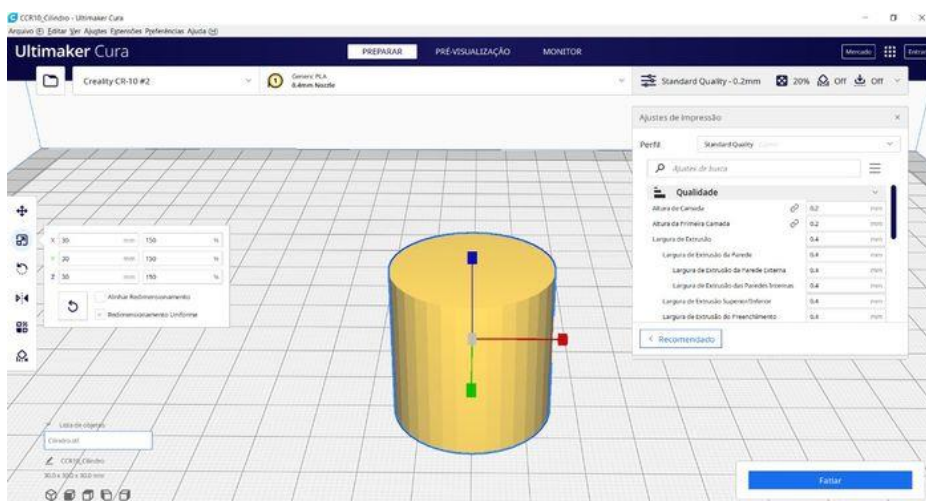
Figura 23 — Cilindro Thingiverse



Fonte: As autoras (2022).

Posteriormente, foi configurado a qualidade da impressão do cilindro (Figura 24) para *Standard* com impressão de 0.2mm, pois como o cilindro não possui muitos detalhes é um objeto simples que não tem necessidade de uma impressão com a qualidade maior.

Figura 24 — Ajuste da qualidade de impressão do cilindro no Ultimaker Cura



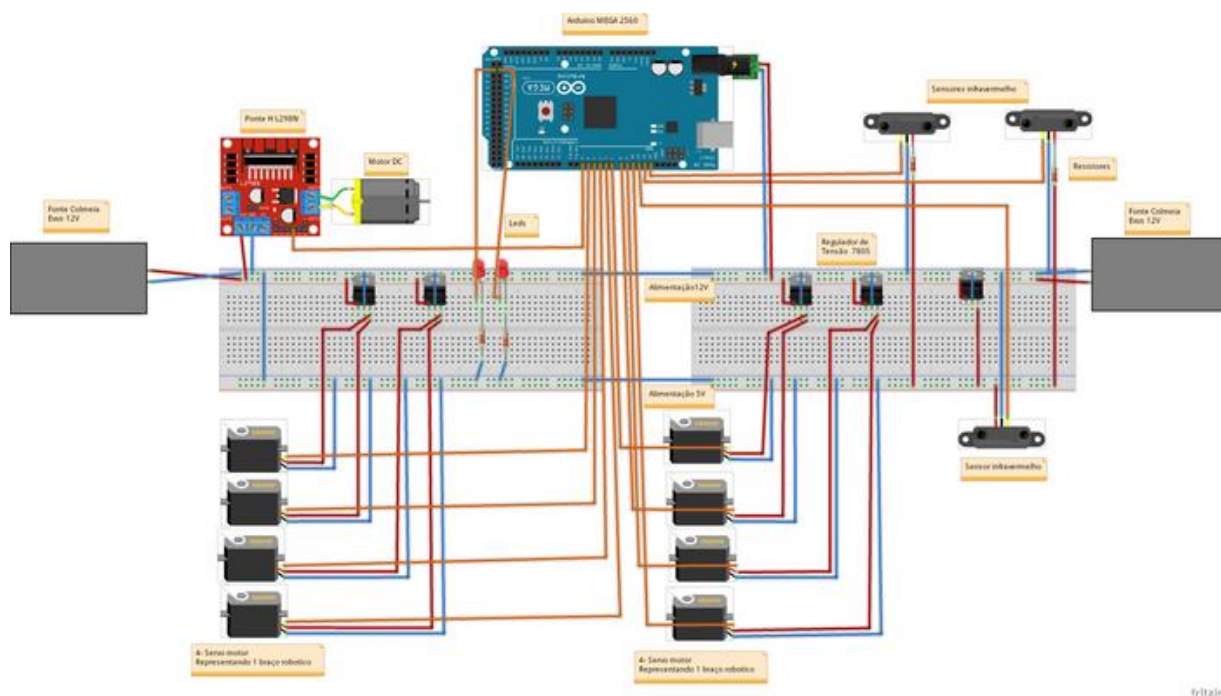
Fonte: As autoras (2022).

Por fim, foi enviado para impressão utilizando a impressora modelo CR-10 V2 da fabricante CREALITY, no total foram impressos 8 cilindros brancos e 8 cilindros azuis. O filamento utilizado na impressão foi o PLA 1,75mm.

4.6 MONTAGEM DA PLATAFORMA DIDÁTICA.

Para o desenvolvimento da plataforma didática foram utilizados sensores (3 sensores infravermelho, 2 braços robóticos cada um contendo 4 servos motor, 1 esteira, 1 *Arduino* MEGA 2560 R3, 1 motor CC, 2 *protoboard*, 2 fontes colmeia de 12 V, 1 ponte H L298N, 5 reguladores de tensão 7805, 4 resistores, 2 LEDs e 8 cilindros. Dessa forma, todos os atuadores e sensores são controlados pela a placa microcontrolada *Arduino*MEGA 2560 R3. Como mostra a Figura 25.

Figura 25 — Circuito



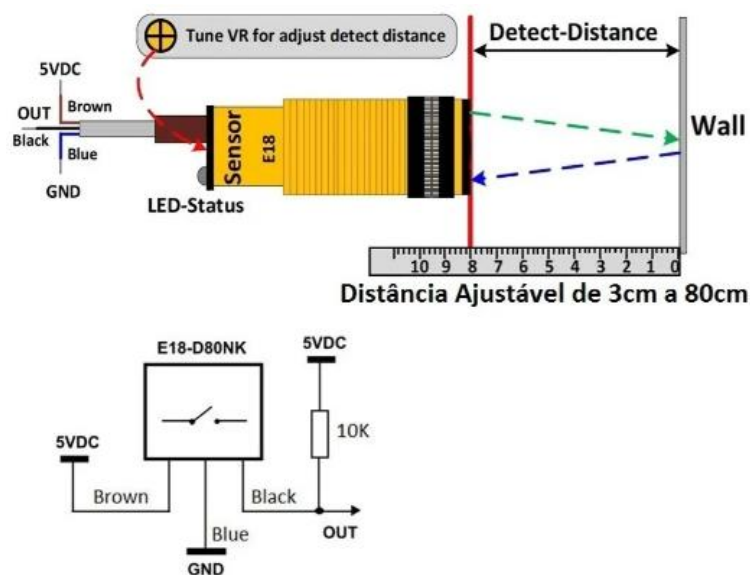
Fonte: As autoras (2022).

O sensor infravermelho (IR) possui um circuito transmissor e um receptor, posicionados um ao lado do outro, como mostra a Figura 26. Quando um objeto passa em frente ao sensor, o sinal IR é refletido e detectado pelo receptor, que coloca o pino de saída em nível baixo (*LOW*) e aciona um *led* localizado na parte traseira do sensor.

Os sensores foram utilizados para detectar o cilindro na esteira e enviar sinal para a placa microcontroladora. O primeiro sensor foi utilizado para detectar a presença do cilindro e enviar um sinal ao braço robótico. O segundo sensor envia um sinal de que o cilindro foi posicionado na esteira e o motor CC da esteira é acionado. O terceiro e último sensor envia um sinal ao *arduino* para o motor CC da esteira para de funcionar e que o braço pode retirar a peça.

A fonte de alimentação é um componente de aparelhos eletrônicos que serve para transformar a energia CA em energia CC, ou seja, ela recebe 220V e transforma em 12V. Isso é possível devido a um circuito interno e integrado.

Figura 26 — Sensor infravermelho IR



Fonte: Mercado Livre (2022).

Nesse projeto foi preciso de duas fontes chaveada colmeia, que funciona abrindo e fechando um circuito comutador milhares de vezes por segundo, além disso garante uma Tensão Contínua e estabilizada. Na Figura 27, mostra o modelo utilizado.

Figura 27 — Fonte de Alimentação Colmeia Chaveada



Fonte: Mercado Livre (2022).

Na Figura 28, tem-se as características técnicas da fonte chaveada colmeia utilizada na planta didática para a alimentação do circuito.

Figura 28 — Descrição Técnica

Descrição

Geral:

Modelo: FC1205A

Especificações: Fonte CA-CC 12V contra curtos, estabilizada com proteção contra curto e sobrecarga. Ideal para CFTV, Alarmes, lâmpada de LED e outros...

Modelo: Fonte 12V 5A

Tensão de Entrada: 90 260 Vca, 50/60 Hz

Tensão Saída: 12 Vcc +/- 10% tolerância

Corrente de Saída: 5A (60 Watts)

Proteção: Limitação de potência e proteção contra sobre corrente nas saídas de tensão

Função Nobreak: Não

Trimpot para Regulagem: Sim (para distâncias maiores que 100 metros)

Garantia: 1 ano de garantia contra defeitos de fábrica

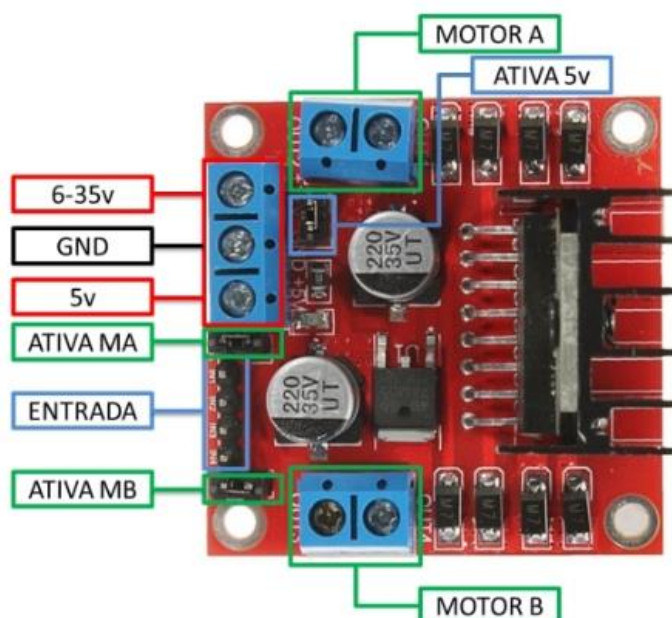
SKU: 826

Fonte: Mercado Livre.

A ponte H L298N é um módulo projetado para controlar cargas indutivas, permitindo o controle do sentido de rotação do motor e a velocidade. Na Figura 29, mostra seus pinos de ligação (GND, 5V e 6-35V), as entradas que são conectadas no *Arduino* e as conexões do motor.

Nesse projeto foi utilizada a ponte H L298N para controlar o sentido de rotação do motor CC, como também da sua velocidade, utilizando os pinos PWM do *Arduino*.

Figura 29 — Ponte H L298N



Fonte: Thomsen (2013).

A articulação de um braço robótico baseia-se no movimento do corpo humano, sua estrutura física é formada por elos, estruturas sem flexibilidade, que estão

conectadas com juntas, que fazem a movimentação entre os elos próximos. De acordo com Simplício (2016), um dos fatores mais importantes para determinar a características de um manipulador é definir o número de graus de liberdade, pois este fator determina a quantidade e os tipos de movimentos que o manipulador será capaz de executar.

O manipulador escolhido possui uma junta rotacional na base, duas juntas rotacionais em seu "corpo", uma na base e uma em cima, em seu "ombro" e o efetuador na ponta, sendo assim esse manipulador tem 4 graus de liberdade. Como mostra a Figura 30.

Figura 30 — Manipulador Robótico



Fonte: Souza e Rezende (2022).

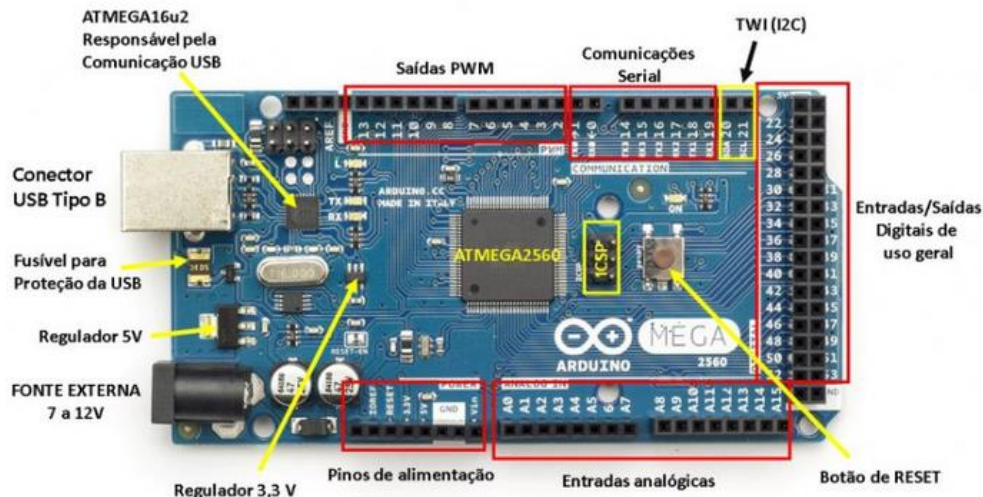
A movimentação do manipulador é feita exclusivamente pelo acionamento dos servos motores, os quais foram conectados ao *Arduino* para a realização dos movimentos.

O *Arduino* é uma plataforma *open source* (Código Aberto na tradução literal), que possui sua plataforma de programação baseada na linguagem C. É uma placa de circuito microcontrolador, onde todos os atuadores e sensores são conectados, a fim de realizar a atividade.

Para este projeto, a placa microcontroladora escolhida foi o *Arduino*MEGA 2560 R3, devido ao seu número de entradas e saídas, pois este possui 70 pinos de entrada e saída digital, dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM e 16 como entradas analógicas, 4 UARTs portas seriais de hardware, um cristal oscilador de 16 MHz, uma

conexão USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de reset. Como mostra a Figura 31.

Figura 31 — Arduino Mega 2560



Fonte: Souza (2013).

Foi utilizado as saídas PWM, pinos de alimentação, fonte externa 7 a 12V, conector USB e as entradas/saídas digitais para a montagem do sistema da planta didática.

4.7 ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO PLATAFORMA TAGOIO

Foi realizado um estudo da plataforma TagoIO para implementar os conceitos de Indústria 4.0 utilizando o IoT, ou seja, para facilitar a comunicação entre os dispositivos. A conexão e a troca de informações do processo aconteceria em tempo real, por meio de gráficos e informações recebidas pelo o processo. A Figura 32, mostra a logo da plataforma TagoIO.

Figura 32 — Plataforma TagoIO

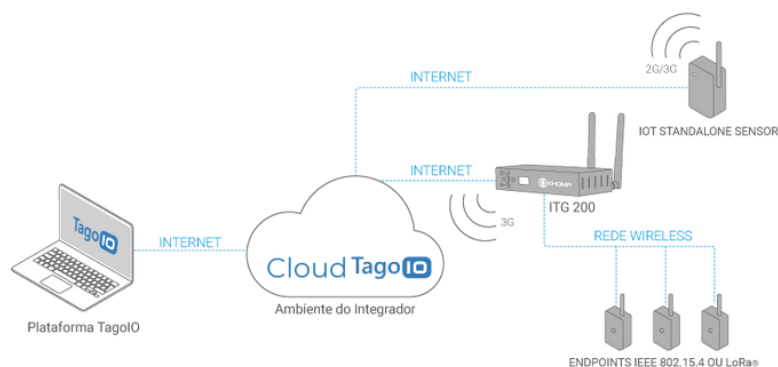


Fonte: Cruz (2019).

TagoIO é uma plataforma web, 100% *cloud* e de alto nível para monitoramento de ambientes via dispositivos IoT conectados à sua rede, está disponível em <https://tago.io/dashboard/>.

De acordo com Cruz (2019), O processo de criação da solução IoT acontece em quatro etapas: A primeira envolve conexão de um dispositivo por *Wi-Fi*, que realize a leitura dos ambientes e envio dos dados para a plataforma. Depois, será necessário escolher um *template* para iniciar a construção da aplicação e integrar as soluções, combinando os dados com sistemas externos. Para finalizar o processo, é preciso criar e gerenciar os usuários e dispositivos, escalando a aplicação de forma rápida. Após tal configuração, o *dashboard* no sistema já estará pronto para o monitoramento, ou seja, um painel visual com informações, métricas e indicadores do processo, enviando dados relevantes em tempo real.

Figura 33 — Conexão com a plataforma TagoIO



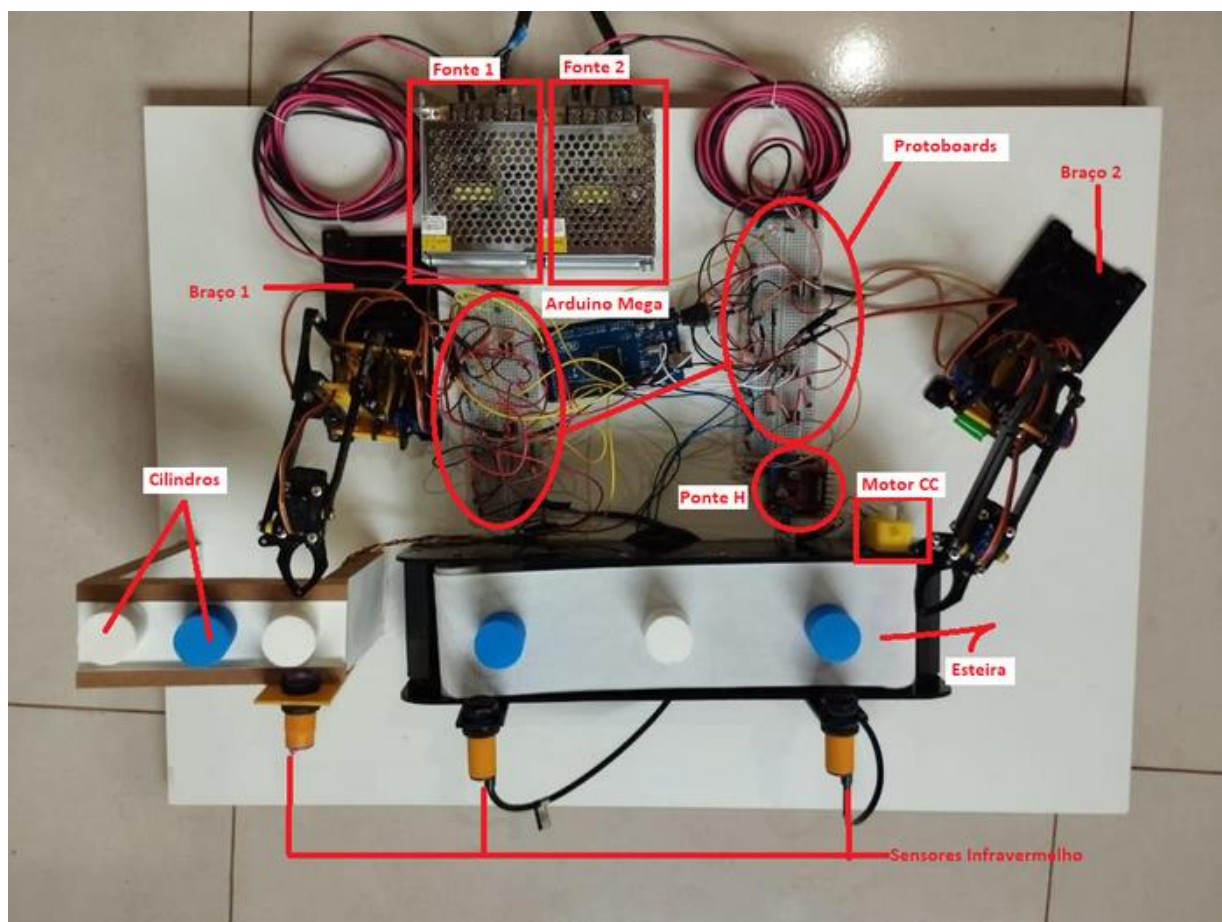
Fonte: Cruz (2019).

Com o *dashboard* configurado e equipamentos instalados, o usuário terá acesso a diversas funções do TagoIO para planejar e personalizar sua solução de IoT. Na Figura 33, mostra como é feito a conexão com a plataforma TagoIO.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema da planta didática apresentado na Figura 34 é composto por duas fontes, um *Arduino Mega*, dois braços robóticos, uma esteira, uma ponte H, um motor CC, duas *protoboards*, sensor infravermelhos e cilindros.

Figura 34 — Planta Didática



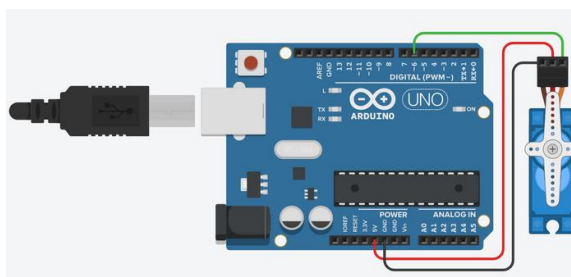
Fonte: As autoras (2022).

O funcionamento se dá da seguinte forma, os cilindros que estão na rampa, são detectados pelo sensor infravermelho que envia o sinal para o braço 1 que pega o cilindro e coloca na esteira, assim que o segundo sensor infravermelho detecta o cilindro liga a esteira. O cilindro percorre a esteira até o terceiro e último sensor infravermelho que assim que detecta o cilindro para a esteira e o braço 2 pega o cilindro e retira da esteira. E assim, repete o ciclo até o primeiro sensor infravermelho não detectar mais os cilindros.

5.1 SIMULAÇÕES E TESTES

Logo após definição dos componentes principais foram iniciados os testes dos dispositivos, para essa primeira etapa foi utilizado um *Arduino Uno*, uma placa microcontrolada. Os primeiros testes foram nos servos motores que compõe o braço robótico, inicialmente o foco maior era entender o funcionamento do servo com a estrutura do braço robótico, então foi testado um servo por vez. Utilizando o circuito conforme a Figura 35 que é composto apenas por *jumpers*, *Arduino Uno* e o servo motor.

Figura 35 — Circuito do Servo Motor - TinkerCAD



Fonte: As autoras (2022).

Na programação conforme a Figura 36, é declarado o pino do servo que deve ser PWM para o teste foi utilizado o pino 6, depois é declarado a variável do servo e a variável da posição do servo, no *void setup* é inicializado o servo na posição zero e no *void loop* através dos *for* o motor irá girar 90 graus e depois retornará da posição 90 graus para a posição 0 grau.

Figura 36 — Programação Servo Motor

```

1  #include <Servo.h>
2
3  #define SERVO 6 // Porta Digital 6 PWM
4
5  Servo s; // Variável Servo
6  int pos; // Posição Servo
7
8  void setup ()
9  {
10   s.attach(SERVO);
11   Serial.begin(9600);
12   s.write(0); // Inicia motor posição zero
13 }
14
15 void loop()
16 {
17   for(pos = 0; pos < 90; pos++)
18   {
19     s.write(pos);
20     delay(15);
21   }
22   delay(1000);
23   for(pos = 90; pos >= 0; pos--)
24   {
25     s.write(pos);
26     delay(15);
27   }
28 }

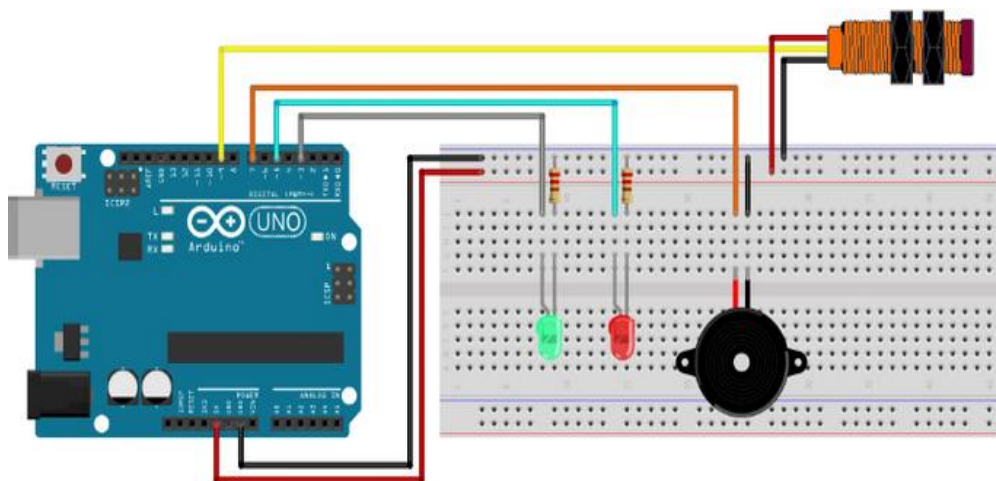
```

Fonte: Thomsen (2013).

Depois dos testes individuais dos servos, foi iniciado os testes em pares, ou seja, dois servos por vez e novamente foi observado o comportamento dos servos no braço robótico. Nessa segunda etapa verificamos que não seria possível alimentar os servos com o pino de 5 V do *Arduino*, logo foi necessário adquirir as duas fontes de 12V-5A. Pois cada servo necessita de uma corrente de 650mA.

Em seguida, foi testado os sensores reflexivos infravermelho, cujo funcionamento baseia-se com envio do sinal 0 ou 1, com isso é possível detectar a presença de objetos, para o teste desse sensor foi utilizado o circuito da Figura 37 no qual é composto pelo *Arduino Uno*, o sensor infravermelho, resistores de 220 Ω e *leds* azul e branco, para o teste foi desconsiderado o *buzzer*.

Figura 37 — Circuito Sensor Reflexivo Infravermelho



Fonte: Thomsen (2015).

Para a programação da Figura 38, inicialmente foi declarado as variáveis, no *void setup* foram definidas as entradas e saídas e no *void loop* com os *if* determina os comandos para quando detectado o movimento no caso a presença desliga o *led* azul e liga o branco e caso não haja presença é feito a condição contrária.

Na Figura 39 é possível verificar a posição dos três sensores infravermelhos, um fica na rampa para indicar se há ou não produtos, o segundo é para indicar se o produto que estava na rampa já está em posição no início da esteira e o terceiro indica que o produto chegou ao fim da esteira.

Figura 38 — Programação Sensor Infravermelho

```

infra_teste.ino
1 // Programa: Sensor infravermelho Arduino
2
3 int pino_led_AZUL = 3;
4 int pino_led_BRANCO = 5;
5 int pino_sensor = 9;
6
7 int estado_sensor = 0;
8
9 void setup()
10 {
11     Serial.begin(9600);
12     // Define o pino do sensor como entrada
13     pinMode(pino_sensor, INPUT);
14     // Define os pinos dos leds e buzzer como saída
15     pinMode(pino_led_AZUL, OUTPUT);
16     pinMode(pino_led_BRANCO, OUTPUT);
17     Serial.println("Teste sensor infravermelho Arduino");
18 }
19
20 void loop()
21 {
22     estado_sensor = digitalRead(pino_sensor);
23     if (estado_sensor == 0)
24     {
25         // Desliga o led verde e acende o vermelho
26         digitalWrite(pino_led_AZUL, LOW);
27         digitalWrite(pino_led_BRANCO, HIGH);
28         // Envia mensagem para o Serial Monitor
29         Serial.println("Movimento detectado!");
30         delay(100);
31     }
32     else
33     {
34         // Sem movimento, mantém led verde ligado
35         digitalWrite(pino_led_AZUL, HIGH);
36         digitalWrite(pino_led_BRANCO, LOW);
37     }
38 }
39

```

Fonte: As autoras (2022).

Posteriormente foi testado a ponte H L298N junto ao motor de corrente contínua, para controle da esteira, a ponte H L298N possibilita o controle do motor quando deve ligar e desligar, bem como o lado de giro seja horário como anti-horário nesse caso adotamos o sentido anti-horário.

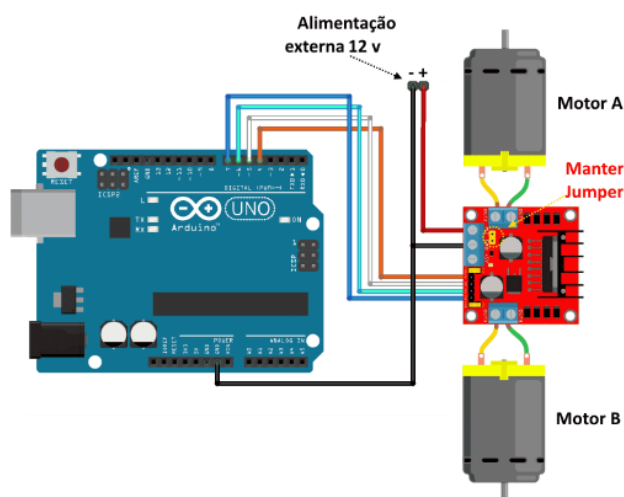
Figura 39 — Posição dos sensores infravermelhos



Fonte: As autoras (2022).

O diagrama de ligação é possível verificar na Figura 40 (nos testes foi utilizado apenas um motor de corrente contínua) no qual contém o *Arduino Uno*, a ponte H, *jumpers*, a fonte de alimentação e o motor de corrente contínua.

Figura 40 — Circuito Ponte H L298N



Fonte: Thomsen (2013).

A programação apresentada na Figura 41 é dada da seguinte maneira, primeiramente é definido os pinos de entrada da ponte H, depois no *void setup* é definidos os pinos como saída e no *void loop* irá girar tanto no sentido horário quanto no anti-horário e também irá parar.

Figura 41 — Programação Ponte H L298N e Motor de Corrente Contínua

```

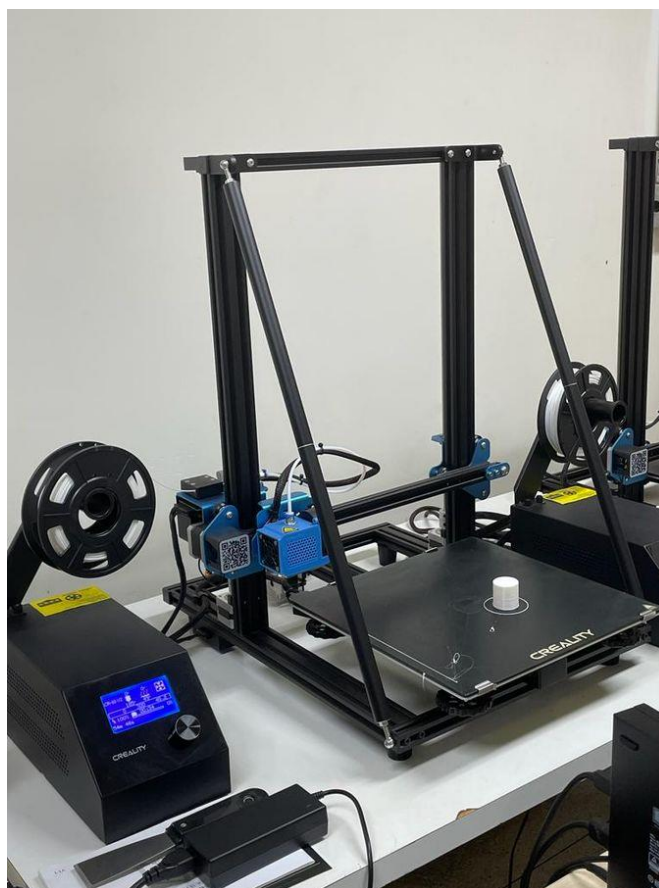
1 //Programa : Controle 1 motores DC usando Ponte H L298N
2 //Autor : Com base no programa do FILIPEFLOP
3
4 //Definicoes pinos Arduino ligados a entrada da Ponte H
5 int IN1 = 4;
6 int IN2 = 5;
7
8 void setup()
9 {
10 //Define os pinos como saída
11 pinMode(IN1, OUTPUT);
12 pinMode(IN2, OUTPUT);
13 }
14
15 void loop()
16 {
17 //Gira o Motor A no sentido horario
18 digitalWrite(IN1, HIGH);
19 digitalWrite(IN2, LOW);
20 delay(2000);
21 //Para o motor A
22 digitalWrite(IN1, HIGH);
23 digitalWrite(IN2, HIGH);
24 delay(500);
25 //Gira o Motor A no sentido anti-horario
26 digitalWrite(IN1, LOW);
27 digitalWrite(IN2, HIGH);
28 delay(2000);
29 }

```

Fonte: As autoras (2022).

Após o teste de todos os dispositivos individualmente, foi iniciada montagem de todo o sistema no *Arduino Mega*. Como a tensão da maioria dispositivos são 5V foi preciso utilizar o regulador de tensão LM7805 que possui um pino de entrada de 12V e um pino de saída de 5V, no total foram utilizados no total 5 LM7805, 4 foram somente para os motores servos do braço robótico ficando dividido a casa 2 servos 1 regulador de tensão e o último regulador ficou para alimentação dos sensores infravermelhos. O *Arduino Mega* e a ponte H L298N ficou ligada diretamente na fonte de 12V. Depois de finalizar as alimentações, foi feito a pinagem dos pinos de controle dos dispositivos no *Arduino Mega*.

Figura 42 — Cilindro impresso na Impressora 3D



Fonte: As autoras (2022).

Em paralelo aos testes foi realizada a impressão dos cilindros com a impressora 3D, cada cilindro demorou certa de 20 minutos para ser impresso, na Figura 42 é possível verificar o cilindro impresso na cor Branca. Inclusive, após a verificação do tempo de impressão um dos fatores decisivos para aquisição da estrutura mecânica

da esteira e do braço robótico, pois devido ao longo prazo de impressão seria inviável a impressão da estrutura mecânica.

5.2 RESULTADOS FINAIS

Em seguida, foi programado no *Arduino* IDE todo o sistema de funcionamento da planta, nessa etapa foi encontrado diversos erros, principalmente no funcionamento do braço robótico. Como o braço robótico funciona como pré-programado, foi difícil encontrar a posição ideal de ponto de início, pois a posição inicial é diferente em cada servo. Depois de várias tentativas foi possível achar o ponto inicial que atendesse o objetivo. Definidos os pontos iniciais foi programado os movimentos, nessa parte outro desafio encontrado foi a execução dos movimentos, porque eles realizavam simultaneamente e não era realizado da maneira ideal, então nesse momento foi colocado um *delay* para que cada servo executasse um de cada vez. Assim, foi possível que o braço 1 funcionasse de maneira adequada.

A plataforma foi testada sem os braços robóticos e a lógica está funcionando perfeitamente, mas quando é colocado todo sistema junto não funciona corretamente, toda vez que é rodado o código o braço robótico muda sua posição inicial, acreditamos que isso se dá por o sistema não estar conseguindo segurar a tensão de todos os servos motores. Caso, esse problema seja solucionado, a planta funcionaria conforme proposto.

Também esse sistema não está conforme a proposta da Indústria 4.0, isso porque os braços robóticos não são autônomos e sim, pré-programados característica da Indústria 3.0, outro ponto que não o torna uma base da Indústria 4.0 é a comunicação em nuvem. Então, esse projeto está com o funcionamento da Indústria 3.0, porém possui elementos formadores da Indústria 4.0 conforme apresentado no Capítulo 2.4, sobre a Quarta Revolução Industrial, e no Capítulo 3, sobre a Indústria 4.0, como a automação através do *Arduino*, a impressão 3D dos produtos do processo e uma breve visualização da parte robótica.

Com esse trabalho é possível que o aluno desenvolva competências conforme mencionado no Capítulo 1.1, como programação, pode desenvolver o trabalho em equipe como também a capacidade de comunicação, aplica o raciocínio lógico além de praticar a criatividade, assim desenvolvendo o profissional da Indústria 4.0.

Na estrutura atual é possível adicionar outros componentes a planta, como sensores no braço para que o torne autônomo, assim como o aluno pode trabalhar com outros alunos na planta promovendo o aprendizado em grupo. Apesar da planta não estar completamente com os conceitos de Indústria 4.0 ela possibilita que o usuário desenvolva habilidades para o mercado de trabalho.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.3.1 Plataforma TagoIO

A planta didática apresentada nesse trabalho está com funcionamento todo em Indústria 3.0, para a comunicação do *Arduino* com a nuvem, característica do sistema 4.0 seria necessário o módulo ESP-32S é responsável por essa comunicação em nuvem. A sua função é levar informações em tempo real para plataforma *TagoIO* na qual qualquer pessoa com acesso ao sistema poderia verificar, por exemplo, quantos cilindro já passou pela esteira, como outras informações em tempo real. Em decorrência das paralisações nas rodovias oriundas das Eleições 2022, não foi possível que o módulo chegasse a tempo de implementar no sistema, por isso fica como recomendações para próximos trabalhos. A plataforma *TagoIO* que torna possível a computação em nuvem, por possuir o supervisório em tempo real sendo possível acessar de qualquer lugar que possua *internet*. Com a plataforma *TagoIO* além de receber informações também seria possível enviar informações para o sistema, como interromper todo o processo que são características da Indústria 4.0 possibilitando o desenvolvimento do aluno nessa competência.

5.3.2 Sensor de Cor

Outra recomendação para trabalhos futuros é a inserção de um sensor de cor para separação dos cilindros, já que foi impresso em duas cores, branco e azul. Então o segundo manipulador ficaria responsável em realizar essas separações por cor dos cilindros, assim ficaria ainda mais completa a planta didática.

6 CONCLUSÃO

Esse projeto se iniciou em um projeto de PIBITI (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica), desenvolvido pelo o discente Eliseu Gonçalves Souza, no qual tinha como objetivo o desenvolvimento de recursos didáticos que possam ser utilizados como ferramenta no ensino. Portanto, continuamos esse estudo com a montagem da plataforma e os conceitos de Indústria 4.0.

Foi realizado uma oficina de capacitação para que os membros da equipe de trabalho pudessem aprender a utilizar a impressora 3D, em seguida realizou a impressão dos cilindros que seriam empregados na planta didática.

Em decorrência do atraso para a aquisição da lista de materiais necessários e a montagem da plataforma didática, o período de testes foi curto e insuficiente para conseguir identificar a posição de cada servo e finalizar a programação de todos os componentes. Sendo assim, todos os componentes foram testados e estão funcionando perfeitamente de forma separada.

Diante das dificuldades enfrentadas a plataforma didática não realiza o processo corretamente, ou seja, o braço robótico utilizado opera de forma irregular, devido a não identificação da posição do servo motor. Sendo assim, o cilindro não é colocado na esteira para a realização do processo e retirado no final da esteira.

Atualmente, o projeto atende os conceitos de Indústria 3.0, mas foi utilizado a impressão 3D que é um elemento complementar da Indústria 4.0 e com as recomendações para trabalhos futuros o projeto tem potencial transformador no ensino de conteúdos relacionados à Indústria 4.0 e 3.0, além de incentivar a elaboração de projetos interdisciplinares e ampliar interesse dos alunos pela aprendizagem multidisciplinar. Por fim, acredita-se que a troca de conhecimento e a compreensão dos novos cenários 4.0, contribui para a formação de profissionais qualificados para o mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

3DLAB. **CURA 3D: aprenda os primeiros passos desse fatiador 3D!**. Soluções em Impressão 3D. 2020. Disponível em: <https://3dlab.com.br/cura-3d-ultimaker/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

ABB. **Robôs Colaborativos**. ABB. Disponível em: <https://new.abb.com/products/robotics/pt/robos-colaborativos>. Acesso em: 20 nov. 2022.

ABMES, Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior. **RESOLUÇÃO Nº 2**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, 2019. Disponível em: <https://abmes.org.br/arquivos/legislacoes/Resolucao-CNE-CES-002-2019-04-24.pdf>. Acesso em: 5 set. 2022.

ABREU, Cleyde; GONZAGA, Danielle; SANTOS, Felipe. Indústria 4.0: Como as Empresas Estão Utilizando a Simulação para se Preparar para o Futuro. **Revista Cien. Exatas Technol.**, v. 12, 2017.

ALARCON, Dafne et al. **OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0**. VIII Congreso Internacional de Conocimiento e Innovación. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336029929_OS_DESAFIOS_DA_EDUCACAO_EM_REDE_NO_CONTEXTO_DA_INDUSTRIA_40. Acesso em: 5 set. 2022.

APD, Redação. **Prós e contras da 4.ª Revolução Industrial**. [S. l.], 22 fev. 2022. Disponível em: <https://www.apd.pt/pros-e-contras-da-4-a-revolucao-industrial/>. Acesso em: 22 dez. 2022

BACOCINA, Renan. **Esteira Transportadora**. Disponível em: <https://www.dropbox.com/sh/yyn2loe01c5ghmo/AAAKSVkSWUkQ8W5T03QgRFyCa?dl=0>. Acesso em: 17 set. 2022.

CARLOS FERRARI, Jean. **Por que usar robôs colaborativos em vez de robôs industriais convencionais?**. 2021. Disponível em: <https://fersiltec.com.br/blog/robotica/por-que-usar-robos-colaborativos-em-vez-de-robos-industriais-convencionais/>. Acesso em: 9 nov. 2022.

CASTIONI, Remi. A Indústria 4.0 e os seus impactos sobre a Educação. **Revista Com Censo**, v. 6, 9 11 2019.

CRUZ, Raquel. **Conheça a TagoIO, a primeira ferramenta cloud para desenvolvimento de solução IoT homologada Khomp**. Khomp. 2019. Disponível em: <https://www.khomp.com/pt/tagoio-solucao-iot/>. Acesso em: 6 nov. 2022.

ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA. **The first Industrial Revolution**. Encyclopædia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution/The-first-Industrial-Revolution>. Acesso em: 9 nov. 2022.

GUIMARÃES, Nilo César Oliveira; CASTAMAN, Ana Sara. **Indústria 4.0: Sequência Didática Sobre Indústria 4.0 para Curso Integrado ao Ensino Médio na Área de Controle e Processos Industriais**. Programa de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT). Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/581403>. Acesso em: 5 set. 2022.

JESSOP, Bob. **Fordism**: economic history. Encyclopædia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Fordism>. Acesso em: 9 nov. 2022.

LUCIO, VINICIUS. **Revolução Industrial 4.0**. Murr Eletronic. 2019. Disponível em: <http://blog.murrelektronik.com.br/qual-e-a-diferenca-da-revolucao-industrial-4-0-para-as-outras/infografico/>. Acesso em: 9 nov. 2022.

MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Editora FGV, v. 1, 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/23898/A%2520internet%2520das%2520coisas.pdf?sequence=1>. Acesso em: 2 set. 2022.

Mercado livre. **Fonte De Alimentação Colmeia 12v 5a Bivolt Chaveada Cftv**. Mercado Livre. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2076995495-fonte-de-alimentaco-colmeia-12v-5a-bivolt-chaveada-cftv-_JM. Acesso em: 11 nov. 2022.

Mercado Livre. **Kit Sensor Obstáculo + Rele + Bluetooth + Leia Descrição**. Mercado Livre. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1239929840-kit-sensor-obstaculo-rele-bluetooth-leia-descricao-_JM. Acesso em: 11 nov. 2022.

Mercado Livre. **Sensor Reflexivo Infravermelho Distância Ajustável Arduino**. Mercado livre. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1004216463-sensor-reflexivo-infravermelho-distancia-ajustavel-arduino-_JM. Acesso em: 11 nov. 2022.

MERCADO LIVRE. **Esteira Transportadora Em Acrílico - Robótica**. Mercado Livre. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1424528773-esteira-transportadora-em-acrilico-robotica-_JM. Acesso em: 20 nov. 2022.

NORMA REGULAMENTADORA. **NR-12**: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. 2019. 167 p. Disponível em: . Acesso em: 20 nov. 2022.

OLIVEIRA, Raphaela. **5 vantagens e 3 desvantagens da indústria 4.0**. [S. l.], 7 nov. 2022. Disponível em: <https://blog.acoplastbrasil.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-industria-4-0/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio. INDÚSTRIA 4.0: CONCEITOS E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, 2018.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **INDÚSTRIA DE A - Z**: Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos. Portal da Indústria. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: 9 nov. 2022.

QUARESMA, Alexandre. A falácia das três leis: Ensaio sobre inteligência artificial, sociedade e o difícil problema da consciência. **Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad** , México, v. 19, 10 09 2020.

REYNOL, Fábio. A corrida tecnológica: como a Guerra Fria impulsionou a ciência. **Com Ciência**, 10 06 2022. Disponível em: <https://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/guerra/guerra07.htm>. Acesso em: 23 ago. 2022.

ROBOCORE. **Braço Robótico RoboARM**. Disponível em: <https://www.robocore.net/robotica-robocore/braco-robotico-roboarm>. Acesso em: 20 nov. 2022.

ROCHA, Leonardo. **Homem é morto por robô em fábrica alemã e inicia viral mórbido no Twitter**. Tecmundo. 2015. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/robotica/82511-homem-morto-robo-fabrica-alema-inicia-viral-morbido-twitter.htm>. Acesso em: 9 nov. 2022.

SACOMANO, José Benedito *et al.* **Indústria 4.0**: conceitos e fundamentos. São Paulo: Editora Blucher, f. 85, 2018. 169 p.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As Revoluções Industriais até a Indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491. DOI: 10.31510/infa.v15i2.386. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em: 22 ago. 2022.

SANTOS, Josivan Lara dos; MATOS, Marcos Henrique de; GONÇALVES, Mary Ane Aparecida. O impacto da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos: uma revisão. *In*: VIII CONBREPRO: **Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção: as Engenharias e a Indústria 4.0**. Ponta Grossa: APREPRO, 2019, p. 41-52.

Disponível em: <https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/wp-content/uploads/2020/04/Ebook-VIII-ConBRepro.pdf#page=42>. Acesso em: 2 set. 2022.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. Tradução Daniel Moreira Miranda. 1 ed. São Paulo: Edipro, 2016. 160 p. Tradução de: The Four Industrial Revolution.

SILVA, Elcio Brito da *et al.* **Automação & Sociedade: Quarta Revolução Industrial, um olhar para o Brasil**. Rio de Janeiro: Brasport, f. 152, 2018. 274 p.

SILVA, Márcia Cristina Amaral da; GASPARIN, João Luiz. **A SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE A EDUCAÇÃO ESCOLAR BRASILEIRA**. 2013. Disponível em: https://timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com/files/4/4_XOKIYEOCSTZD9YY7QDQBUIIPQICIPYEM.pdf. Acesso em: 24 ago. 2022.

SILVA, Renan. **Educação 4.0 para indústria 4.0: Protagonismo do avanço social no cenário introduzido pela sociedade da informação**. Disponível em: <https://www5.pucsp.br/catedraignacysachs/boletim-piaui/artigo-2-piaui.pdf>. Acesso em: 5 set. 2022.

SIMPLICIO, Paulo Victor. **MANIPULADORES ROBÓTICOS INDUSTRIAIS**. periodicos.set.edu.br. Aracaju, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/download/3572/1950/10765>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SOUSA, Rafaela. **Terceira Revolução Industrial**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 9 nov. 2022.

SOUZA, Affonso; SOUZA, Flavia. **Uso da Plataforma Google Classroom como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem: Relato de aplicação no ensino médio**. Centro de Ciências Aplicadas e Educação Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciência da Computação) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Aplicadas e Educação.

SOUZA, Cecília; REZENDE, Júlia. **O USO DE SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS (EMG) NO CONTROLE DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO**. Jataí, 2022 Trabalho

de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Goiás, Jataí, 2022.

SOUZA, Fábio. **Arduino MEGA 2560**. Embarcados. 2013. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

THOMSEN, Adilson. **Detector de proximidade com sensor infravermelho**. FELIPEFLOP. 2015. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/sensor-infravermelho-arduino/>. Acesso em: 17 out. 2022.

THOMSEN, Adilson. **Micro Servo Motor 9g SG90 com Arduino Uno**. FELIPEFLOP. 2013. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/micro-servo-motor-9g-sg90-com-arduino-uno/>. Acesso em: 10 out. 2022.

THOMSEN, Adilson. **Motor DC com Driver Ponte H L298N**. FilipeFlop. 2013. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

ZILLI, J. C. et al. Competências e habilidades da indústria 4.0 no contexto dos cursos de Administração e Comércio Exterior.. **P2P e Inovação**, v. 7, 2020.

APÊNDICE A — Código da Planta

Código feito no aplicativo do *Arduino IDE* para utilização na planta didática.

```
#include <Servo.h>
```

```
#define SERVOG1 9 //GARRA
```

```
#define SERVOB1 8 //BASE
```

```
#define SERVOD1 7 //ESQUERDO
```

```
#define SERVOE1 6 //DIREITO
```

```
#define SERVOG2 10 //GARRA
```

```
#define SERVOB2 11 //BASE
```

```
#define SERVOD2 12 //ESQUERDO
```

```
Servo sG1; // Variável Servo GARRA
```

```
Servo sB1; // Variável Servo BASE
```

```
Servo sD1; // Variável Servo DIREITO
```

```
Servo sE1; // Variável Servo ESQUERDO
```

```
Servo sG2; // Variável Servo GARRA
```

```
Servo sB2; // Variável Servo BASE
```

```
Servo sD2; // Variável Servo DIREITO
```

```
int sensor_infra1=2; //SENSOR INFRAVERMELHO
```

```
int sensor_infra2=3; //SENSOR INFRAVERMELHO
```

```
int sensor_infra3=4; //SENSOR INFRAVERMELHO
```

```
int IN3=5; //PONTE H
```

```
int led1=53;
```

```
int led2=52;
```

```
int estado_infra1;
```

```
int estado_infra2;
```

```
int estado_infra3;
```

```

void setup() {

  pinMode(sensor_infra1, INPUT);
  pinMode(sensor_infra2, INPUT);
  pinMode(sensor_infra3, INPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  analogWrite(IN3, 0); // posição inicial motor esteira (desligado)

  // servomotores braço 1
  sG1.attach(SERVOG1); //GARRA
  sB1.attach(SERVOB1); //BASE
  sD1.attach(SERVOD1); //Direito
  sE1.attach(SERVOE1); //Esquerdo

  //servomotores braço 2
  sG2.attach(SERVOG2); //GARRA
  sB2.attach(SERVOB2); //BASE
  sD2.attach(SERVOD2); //Direito

  // posição inicial braço 1
  sG1.write(0); // posição inicial garra robô 1
  sB1.write(20); // posição inicial base robô 1
  sD1.write(35);
  sE1.write(33);
  delay(1000);

  //posição inicial braço 2
  sG2.write(85); // posição inicial garra robô 2
  sB2.write(0); // posição inicial base robô 2

```

```

    sD2.write(30);
    delay(1000);
}

void loop() {

    estado_infra1 = digitalRead(sensor_infra1);
    estado_infra2 = digitalRead(sensor_infra2);
    estado_infra3 = digitalRead(sensor_infra3);
    digitalWrite(led1, LOW);
    digitalWrite(led2, LOW);

    if (estado_infra3==0){ //se o sensor detectar algum objeto
        digitalWrite(led1, HIGH); // movimento braço 1
        braco_1();
    }

    if(estado_infra1==0){ // se o sensor detectar o objeto
        analogWrite(IN3, 50); // liga motor esteira
    }

    if(estado_infra2==0){
        analogWrite(IN3, 0); // desliga motor esteira
        digitalWrite(led2, HIGH); // movimento braço 2
        braco_2();
    }
}

void braco_1()
{
    // Garra abre
    for(int posG1=0; posG1<=90; posG1++)
    {

```



```
sG1.write(posG1);  
delay(100);  
}  
  
// Posicionar braco para pegar objeto  
  
for(int posB1=20; posB1<=28; posB1++)  
{  
    sB1.write(posB1);  
    delay(100);  
}  
  
for(int posE1=33; posE1>=15; posE1--)  
{  
    sE1.write(posE1);  
    delay(100);  
}  
  
for(int posD1=35; posD1<=60; posD1++)  
{  
    sD1.write(posD1);  
    delay(100);  
}  
  
// Garra fecha  
for(int posG1=90; posG1>=0; posG1--)  
{  
    sG1.write(posG1);  
    delay(100);  
}  
  
// Colocar objeto na esteira  
for(int posB1=28; posB1<=75; posB1++)
```

```

{
    sB1.write(posB1);
    delay(100);
}

for(int posE1=15; posE1>=8; posE1--)
{
    sE1.write(posE1);
    delay(100);
}

// Garra abre
for(int posG1=0; posG1<=90; posG1++)
{
    sG1.write(posG1);
    delay(100);
}

// volta para posição inicial
sG1.write(0); // posição inicial garra robô 1
sB1.write(20); // posição inicial base robô 1
sD1.write(35);
sE1.write(33);
}

void braco_2(){
    // Garra fecha
    for(int posG2=90; posG2>=20; posG2--)
    {
        sG2.write(posG2);
        delay(100);
    }
}

```

```
// Colocar objeto na caixa
for(int posB2=0; posB2<=40; posB2++)
{
    sB2.write(posB2);
    delay(100);
}
for(int posG2=20; posG2<=90; posG2++)
{
    sG2.write(posG2);
    delay(100);
}
delay(1000);
// volta para posição inicial
sG2.write(85); // posição inicial garra robô 1
sB2.write(0); // posição inicial base robô 1
sD2.write(30); //posição inicial do lado direito
}
```

ANEXO A — Desenho técnico do braço robótico

Neste anexo é mostrado o desenho técnico do braço robótico adquirido, disponível no site da RoboCore.

